UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA

FRANCISCO RÔMULO MONTE FERREIRA

A Teoria Neuronal de Santiago Ramón y Cajal

São Paulo
2013

FRANCISCO RÔMULO MONTE FERREIRA

A Teoria Neuronal de Santiago Ramón y Cajal
(versão corrigida)

Tese apresentada ao Instituto de Psicologia da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Doutor
em Psicologia.

Área de concentração: Neurociências e
Comportamento.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Inês Nogueira.

São Paulo
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Biblioteca Dante Moreira Leite
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Ferreira, Francisco Rômulo Monte

A teoria neuronal de Santiago Ramón y Cajal / Francisco Rômulo
Monte Ferreira; orientadora Maria Inês Nogueira. -- São Paulo, 2013.
450 f.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia.
Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de
Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Neurociências 2. Neurônios (teoria) 2. Neurônio (conceito)
3. Plasticidade neuronal 4. Neurociência (história) I. Título.

QP355

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: **Francisco Rômulo Monte Ferreira**

Título: **A teoria neuronal de Santiago Ramón y Cajal**

Tese apresentada ao Instituto de Psicologia da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
grau de Doutor em Psicologia

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e a Renata.

AGRADECIMENTOS

À professora Maria Inês Nogueira, pela orientação e confiança dedicada ao trabalho.

Ao professor César Ades (*In memoriam*) pela ajuda e conselhos no exame de qualificação.

Ao professor Osvaldo Frota Pessoa Junior pela orientação, sugestões e estímulo dedicados ao trabalho. Sua ajuda foi fundamental para o andamento da tese.

Ao professor Mauricio de Carvalho Ramos pela acolhida em seu grupo de estudos e pesquisa desde 2008 e o constante apoio oferecido durante os últimos cinco anos.

Ao professor Javier DeFelipe pela acolhida no Instituto Cajal em 2012 e orientação na interpretação das principais questões relativas à obra de Ramón y Cajal.

À professora Isabel Maria da Silva Pereira Amaral pelo material sobre a recepção da obra de Ramón y Cajal em Portugal e o entusiasmo demonstrado pela pesquisa.

À professora Márcia Barbosa Mansor D'Alessio pelas inúmeras conversas que tivemos sobre Braudel e a possibilidade de se trabalhar com a História na longa duração.

Ao professor Francisco Assis de Queiroz pela acolhida em suas disciplinas como estagiário e o prazer de sua companhia em inúmeras ocasiões.

À professora Marisa Russo pela amizade e apoio ao longo de toda a pesquisa.

Ao professor Hamilton Haddad Junior pela amizade e confiança que sempre dedicou a minha pessoa.

Ao professor Marcus Vinícius Chrysóstomo Baldo pela avaliação ao meu pedido de doutoramento direto e o apoio em várias ocasiões.

Ao professor Shozo Motoyama pela generosidade com que sempre me tratou no Centro de História da Ciência.

Ao professor Roberto Lent pela participação em minha banca de defesa e as inúmeras sugestões que fez ao trabalho.

À professora Maria Amélia Mascarenhas Dantes pela aceitação em compor minha banca de defesa e sugestões apresentadas.

Ao professor Eduardo Kickhöfel pela amizade e apoio nesses últimos anos.

À minha amiga Margareth, que me apresentou a professora Maria Inês e sempre me ajudou desde a época da graduação.

Aos amigos da filosofia Guilherme, Caio, João, Rodrigo, Ronei e Cia. pelos anos de formação e pesquisa no grupo do professor Mauricio.

Aos amigos da Unifesp por tudo.

Aos amigos Rita e Sandro, que compartilharam das ‘baladas’ que foram as aulas do Francisco.

Ao pessoal do laboratório de neurociências pelos anos de amizade e convívio.

À Maria Clarice pela ajuda sempre que pode em resolver os problemas no departamento.

Ao Instituto Cajal (Espanha), pelo estágio e permissão para consulta das obras de Ramón y Cajal.

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

Aos meus familiares e amigos que me apoiaram.

À Renata, por tudo (inclusive as leituras em francês).

RESUMO

FERREIRA, F. R. M. **A teoria neuronal de Santiago Ramón y Cajal**. Tese (Doutorado em Neurociências e Comportamento) Instituto de Psicologia. Universidade de São Paulo, 2013.

A teoria neuronal prerroga a existência da unidade básica do sistema nervoso, o neurônio. A teoria neuronal foi proposta e formulada nas últimas décadas do século XIX. Ela é comumente associada ao nome de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), que a formulou em oposição à proposta de que o tecido nervoso é constituído por redes contínuas formadas por células nervosas. Os trabalhos de Ramón y Cajal são, portanto, considerados ponto de inflexão nas pesquisas em Neurociência. Este trabalho objetiva investigar a constituição da teoria neuronal de acordo com a formação do conceito de neurônio. A formação do conceito de neurônio está diretamente ligada ao conceito de plasticidade. Como parte da pesquisa, serão investigados os principais trabalhos de um dos mais fervorosos defensores do reticularismo, o italiano Camillo Golgi (1843-1926). Em linhas gerais, o trabalho pretende um exame da constituição da teoria neuronal a partir da formação do conceito de neurônio e do papel que o conceito de plasticidade teve na formulação do conceito de neurônio.

Palavras-chave: Neurociências. Neurônio (teoria). Neurônio (conceito). Plasticidade neuronal. Neurociência (história).

ABSTRACT

FERREIRA, F. R. M. **The neuron theory of Santiago Ramón y Cajal**. Tese (PhD in Neuroscience and Behavior) Institute of Psychology. University of São Paulo, 2013.

The neuron theory prerogatives the existence of the basic unit of the nervous system, the neuron. The neuron theory was proposed and formulated in the last decades of the nineteenth century. It is commonly associated with the name of Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), who formulated it in contradiction to the proposal that nervous tissue consists of seamless networks formed by nerve cells. Ramón y Cajal's works are, therefore, considered the turning point in neuroscience research. This work aims to investigate the formation of neuronal theory according to the neuron's concept. The formation of the neuron concept is directly linked to the plasticity concept. As part of the research, it will be studied the major works of one of the most fervent advocates of reticular theory, the Italian scientist, Camillo Golgi (1843-1926). In general, this study aims to examine the formation of neuronal theory from the formation of the neuron concept and the role that the plasticity concept had in formulating the neuron concept.

Keywords: Neuroscience. Neuron (theory). Neuron (concept). Neuronal plasticity. Neuroscience (history).

SUMÁRIO

PARTE I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução: O problema.....	06
1.1. Neurociência: definição pela teoria programas disciplinares.....	06
1.2. Neurociência: definição pelo objeto de estudo.....	08
1.3. Neurociência: definição pela via dos programas disciplinares.....	09
1.4. Plano de exame para o problema proposto.....	12
1.5. Algumas considerações sobre História, Ciência e História da Ciência.....	16
2. A história dos conceitos de plasticidade e de neurônio.....	23
2.1. Algumas considerações sobre a historiografia da história da ciência.....	23
2.2. Falseacionismo versus relativismo no relato histórico da ciência.....	25
2.3. A metodologia dos programas de pesquisa científica.....	29
2.4. A história dos conceitos de Reinhart Koselleck.....	32
2.5. Da relação entre o evento e a estrutura.....	35
2.6. Síntese metodológica: a metodologia das orientações de pesquisa.....	38
3. O sistema nervoso elétrico e o problema do que é constituído o tecido nervoso.....	42
3.1. Início do século XIX: contexto geral.....	42
3.2. As ciências no final do século XVIII na Europa.....	48
3.3. As ciências do orgânico.....	52
3.4. A constituição do modelo elétrico do sistema nervoso.....	62
3.5. O romantismo científico na primeira metade do século XIX.....	65
3.6. Os precursores da ‘Neuropsiquiatria’	74

4. A teoria celular.....	86
4.1. Os trabalhos que antecederam a teoria celular.....	86
4.2. A influência da Naturphilosophie alemã nos primeiros estudos sobre a célula..	90
4.3. A teoria celular de Schleiden.....	92
4.4. A teoria fitogenética de Schleiden.....	97
4.5. Theodor Schwann, os animais passam a ser constituídos de células.....	100
4.6. Pressupostos da teoria celular de Schwann.....	102
4.7. A teoria das células (Theorie der Zellen).....	106
4.8. Os desdobramentos da teoria celular de Schwann.....	108
 5. A Histologia como ciência fundamental no entendimento do mundo orgânico.....	 114
5.1. A orientação de pesquisa histológica.....	114
5.2. Da teoria celular à teoria protoplasmática.....	117
 6. Algumas considerações sobre as microtécnicas no século XIX.....	 121
6.1. Técnicas histológicas.....	121

PARTE II – A TEORIA NEURONAL

7. Considerações gerais.....	131
7.1. O conceito de neurônio como conceito primário na formulação da teoria neuronal.....	131
7.2. Introdução geral ao estudo da teoria neuronal.....	138
 8. Teoria reticular.....	 142
8.1. Sobre a teoria reticular.....	142

8.2. Orientação localizacionista e sua antítese holística: uma real controvérsia?.....	146
8.3. Orientação de pesquisa reticularista pré-golgiana.....	160
8.4. O reticularismo golgiano.....	168
8.5. O reticularismo anatômico de Golgi e Ramón y Cajal no nível celular.....	181
9. Primeiros trabalhos de Santiago Ramón y Cajal com a histologia.....	187
9.1. Primeiros trabalhos (1880-1887).....	187
9.2. Histologia de tecidos não nervosos.....	190
9.3. A orientação de pesquisa anatômica de Santiago Ramón y Cajal.....	196
10. O reflexo.....	200
10.1. Considerações gerais.....	200
10.2. O princípio de associação e a explicação dos movimentos do corpo.....	204
10.3. Marshall Hall e o conceito de arco reflexo.....	209
10.4. O conceito de reflexo no nível histológico: a necessidade das ligações entre as células nervosas na constituição do movimento reflexo.....	215
10.5. Estudos de Santiago Ramón y Cajal sobre a medula espinal.....	226
10.6. Considerações fisiológicas sobre a medula espinal baseadas na teoria neuronal.....	233
10.7. A explicação dos atos reflexos conforme a teoria neuronal.....	242
11. A unidade motora.....	251
11.1. Proposição da teoria neuronal no contexto dos estudos sobre a unidade motora.....	251
11.2. A unidade motora.....	252
11.3. O tecido nervoso.....	269
11.4. Primeiros resultados dos trabalhos de Cajal.....	279
12. A evolução do sistema nervoso.....	282

12.1. Aspectos evolutivos do sistema nervoso na obra de Cajal.....	282
12.2. A teoria da recapitulação da filogênese na ontogênese.....	288
12.3. A recapitulação no nível morfológico das células nervosas.....	299
12.4. Histologia comparada da medula espinal.....	305
12.5. Considerações gerais sobre a medula espinal dos vertebrados.....	324
12.6. Histologia comparada do córtex cerebelar.....	326
12.7. Síntese do conceito de progresso nos diferentes níveis do sistema nervoso.....	332
 13. Conclusão: o conceito de plasticidade como um conceito central para a formação do conceito de neurônio.....	 337
13.1. Noções gerais de plasticidade orgânica no século XIX.....	337
13.2. A ideia de plasticidade proposta por William James.....	339
13.3. Plasticidade: conceito nuclear na teoria neuronal.....	344
 14. Apêndice.....	 348
 15. Glossário Histórico Conceitual.....	 353
14.1. Fontes consultadas.....	353
14.2. Verbetes.....	357
 16. Referências bibliográficas.....	 419

PARTE I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução: O problema

1.1. Neurociência: definição pela teoria¹

Na forma de um enunciado geral, a teoria neuronal prerroga a existência da unidade básica do sistema nervoso, o neurônio. A tese central da teoria neuronal é a chamada *lei do contato pericelular*, que enuncia a terminação livre das expansões do neurônio (axônios e dendritos). Trata-se de uma lei anatômica; uma descrição da estrutura do tecido nervoso no nível celular. Como corolário fisiológico da lei do contato pericelular, temos que o impulso nervoso se dá por contato e o corpo e expansões celulares participam na condução do impulso. Há também desdobramentos na ontogênese do sistema nervoso decorrente da teoria neuronal (será examinado nos capítulos 12 e 13).

A teoria neuronal, tal como descrita, foi proposta e formulada nas últimas décadas do século XIX. Ela é comumente associada ao nome de Santiago Ramón y Cajal, que a formulou em oposição à proposta de que o tecido nervoso é constituído por redes contínuas formadas por células nervosas. A teoria neuronal constituiu a grande síntese conceitual que dá unidade à neurociência. Essa unidade conceitual contribuiu e

¹ É importante destacar que o caminho seguido na tentativa de uma definição um tanto quanto provisória da neurociência enquanto disciplina científica a partir da síntese da teoria neuronal não significa que a teoria neuronal sirva de parâmetro para definir a neurociência em sua totalidade. A neurociência, enquanto programa disciplinar, possui matizes que vão dos determinantes econômico-sociais aos valores cognitivos (o espectro completo e contínuo dilui a fronteira entre a externalidade e internalidade da ciência). O que defendo é apenas que a teoria neuronal fornece uma síntese conceitual de longa duração com uma heurística para a compreensão da unidade que a neurociência adquiriu por volta do final do século XIX e início do século XX. A estabilidade decorrente dos conceitos constitutivos da teoria neuronal é maior que a compreensão a partir da institucionalização do programa disciplinar da neurociência (fenômeno de média duração) ou que tão somente os estudos do sistema nervoso (fenômeno de longuíssima duração), sendo que o último possui uma amplitude temporal tamanha que poderia, inclusive, ser deslocada para a temporalidade antropológica, excedendo o objetivo desta pesquisa. Outro ponto importante que deve ser esclarecido é que a caracterização da neurociência pela teoria neuronal não se refere à idéia de uma teoria fundadora ou autor fundador. A proposição de que a síntese conceitual da teoria neuronal é um fenômeno de longa duração, e é justamente a formação dessa síntese conceitual que será objeto de investigação, exclui a exigência de uma teoria fundadora ou um autor fundador. O que não significa que não tenha havido autores centrais para a investigação.

antecedeu a formação do programa disciplinar da neurociência² em décadas, porém, por se tratar de um fenômeno de longa duração, permaneceu como aquilo que atribuiu unidade à neurociência durante todo o século XX.

A tentativa de uma definição³ da neurociência, que não seja dada pelos métodos, pela institucionalização da disciplina nem pelo objeto de estudo (sistema nervoso e suas relações com o organismo), mas sim pela unidade conceitual derivada do conjunto de teses que compõem a teoria neuronal, é ponto de partida da presente pesquisa. O exame histórico separado de cada uma dessas vias (métodos e técnicas, institucionalização disciplinar e as pesquisas sobre o sistema nervoso pós-teoria neuronal) deve corroborar a unidade em questão, a menos que algum desses estudos negue as teses da teoria neuronal⁴. Portanto, o exame da formação da teoria neuronal é ponto de partida para a caracterização da neurociência como disciplina científica autônoma.

² Refiro-me à formação de institutos de pesquisa em neurociência, departamentos, linhas de pesquisa, periódicos especializados etc. Alguns dados sobre a institucionalização da neurociência no século XX demonstram isso. O Instituto Rockefeller para pesquisa médica foi criado em 1901, por John D. Rockefeller (1839-1937), treze anos após Rockefeller ter criado a Universidade de Chicago. O primeiro diretor do Instituto Rockefeller foi o médico patologista Simon Flexner (1863-1946), e as primeiras linhas de pesquisa tiveram uma orientação patológica. A neurociência como uma das áreas de pesquisa independentes somente seria criada após a segunda guerra mundial. Na Universidade de Harvard, o departamento de Neurobiologia foi criado 1966. Stephen W. Kuffner (1863-1945) foi o primeiro diretor. Já o departamento de Neurociência da Universidade John Hopkins foi criado somente no ano de 1980 por Solomon H. Snyder (1938 -). A International Brain Research Organization foi criada em 1961. A Society for Neuroscience em 1969 (o termo neurociência é cunhado em meados de 1970) e o *Journal of Neuroscience*, associado à sociedade, em 1981. Alguns jornais especializados foram fundados nas décadas de 1970 e 1980. O *Trends in Neurosciences* (1978) e *Frontiers in Neuroanatomy* (2007) demonstram a atualidade do processo de institucionalização da neurociência. A Cognitive Neuroscience Society foi criada nos anos 1970, década em que se cunhou o termo “neurociência cognitiva”. Certamente as pesquisas e publicações não se iniciaram com a fundação desses jornais, departamentos e sociedades. É justamente o contrário, o aumento da pesquisa e autonomia orientou esse processo. Um exemplo pode ser visto em um periódico comumente associado na atualidade aos estudos de filosofia da mente (*Mind: a quarterly review of Psychology and Philosophy*), que em seus primeiros números, a partir de 1876, mesclava artigos de filosofia moral, da ciência, ética, psicologia experimental, teórica etc. Aos poucos foi se especializando em temas relacionados à filosofia da mente e da ciência e deslocando as outras ‘linhas de pesquisa’ para periódicos de distintas especialidades.

³ Não se trata nesse estudo de definir a neurociência. O que está em jogo é a justificativa de que o exame das fundações da teoria neuronal coincide com a unidade conceitual daquilo que se constituirá no século XX como um programa disciplinar da neurociência. Em outras palavras, é razoável a proposição de que a teoria neuronal representa a grande síntese da neurociência em termos de fundação.

⁴ Houve resistências à teoria neuronal até meados da década de 1940. Creio que algumas com o intuito de reformular a teoria e não negá-lo por completo. Talvez um dos últimos trabalhos defendendo o reticularismo tenha sido o de Nonidez (1937).

1.2. Neurociência: definição pelo objeto de estudo

A compreensão da neurociência pelo seu objeto (o sistema nervoso e as relações que estabelece com o organismo) parece menos problemática que pela noção de um programa disciplinar. A determinação da unidade da neurociência a partir do seu objeto permite a diluição de fronteiras disciplinares, uma vez que um fisiologista e um químico que pesquisem o sistema nervoso possam ser designados, a partir de seu objeto de pesquisa comum, por neurocientistas. Essa solução do problema torna-se aparente quando se pretende compreender a formação do que dá unidade à neurociência a partir do objeto (sistema nervoso) em questão.

Estudos de fisiologia e anatomia do sistema nervoso no século XVII, por exemplo, são considerados estudos de neurociência apenas com muitas ressalvas, uma vez que a historiografia da neurociência não entende que possamos falar em uma neurociência, em termos de unidade, anterior ao século XIX. Em contrapartida, dois estudos, respectivamente, de anatomia e fisiologia do sistema nervoso em meados da década de 1920 são seguramente reunidos no programa disciplinar da neurociência e os pesquisadores em questão serão designados neurocientistas.

No exemplo acima, o que diferencia os estudos do século XVII e os das primeiras décadas do século XX, que permita agrupar o segundo caso dentro de uma disciplina de pesquisa coesa e institucionalmente constituída e o primeiro não? Ambos casos consistem de estudos sobre o sistema nervoso. A unidade constitutiva da neurociência dada pelo objeto de pesquisa não parece ser suficiente. O passo dado à caracterização da neurociência como um programa disciplinar pela sua compreensão enquanto objeto de estudo representa um ganho, mas é necessário dar mais um passo. O sistema nervoso como objeto de estudo da neurociência por si só não a caracteriza enquanto uma disciplina autônoma e independente, ou conforme a expressão usada por Lenoir, um programa disciplinar.

O que diferencia os estudos do século XVII e os da década de 1920 é que, no segundo caso, tais estudos operam sob a síntese conceitual advinda da teoria neuronal, enquanto os estudos do século XVII, embora tratem ambos do sistema nervoso, não são caracterizados por uma unidade conceitual. A unidade da neurociência enquanto disciplina ou área do conhecimento é tributária da síntese conceitual derivada das teses que compõem a teoria neuronal.

1.3. Neurociência: definição pela via dos programas disciplinares

Considero importante apresentar o problema central da pesquisa iniciando por aquilo que não se refere diretamente ao problema. Dessa maneira entendo que ao delimitar o escopo da pesquisa, terei estabelecido a linha daquilo que será examinado, tanto a partir de dentro quanto de fora do campo de análise estabelecido. A neurociência⁵

⁵ Refiro-me à neurociência no singular. A referência à neurociência no plural, admitindo distintas neurociências, exige o esclarecimento de dois pontos: (1) A neurociência deve ser considerada uma disciplina independente das demais, uma vez que tratada como um conjunto de teses, implicaria em blocos de teses, às vezes contrários, coexistindo dentro das disciplinas em que se aplicasse tal conhecimento, condição não admitida em disciplinas como a anatomia, fisiologia e outras; (2) É necessário designar as disciplinas que compõem as neurociências. Comumente a defesa da pluralidade da neurociência se faz pela diversidade de métodos experimentais (imunoistoquímica, traçadores neuronais retrógrados e anterógrados, hibridização *in situ* entre outros) ou supostamente pelo objeto diverso (neuroanatomia, neurofisiologia, neurohistologia, neurociência cognitiva entre outros). Ambas as designações coincidem. No primeiro caso, as técnicas em questão não são exclusividade da pesquisa sobre o sistema nervoso, embora em alguns casos, os resultados no estudo do sistema nervoso sejam mais bem obtidos com determinada técnica que no estudo de outras estruturas do organismo. Outra característica na escolha do critério de distinção pelo método se demonstra pelo seguinte exemplo: imagine dois estudos de orientação neuroanatômica e que utilizem métodos distintos, enquanto que, um estudo de neuroanatomia e outro de neurofisiologia faça uso do mesmo método (com pequenas variações); a distinção pelo método criará afinidade entre dois estudos, um de anatomia e outro de fisiologia, e afastaria dois estudos exclusivamente anatômicos. O outro critério de distinção, pelo objeto de estudo, esbarra nos mesmos problemas. Quem defende, por exemplo, que há duas neurociências distintas, por exemplo, a neuroanatomia e a neurociência cognitiva, precisa apontar a fronteira entre essas disciplinas. Imagine dois estudos sobre os processos de memória, um com forte orientação anatômica e outro teórico com orientação filosófica. Ambos dialogando entre si e se referindo ao mesmo ‘objeto’, que seria os processos de memória. No exemplo em questão, o estudo neuroanatômico e o cognitivo apresentam nuances que indicam aparentemente ser fácil a determinação da fronteira entre as duas ‘neurociências’, mas imagine outros estudos cada vez mais próximos em questão de método, procedimentos, conceitos utilizados etc, em que essa fronteira se dilua. Um grande número de pesquisas hoje se encontra nessa zona comum, de difícil determinação de suas fronteiras. O critério do objeto também não auxilia a idéia de uma pluralidade de neurociências. Falar em neurociências ao invés da

deve ser designada como uma disciplina autônoma, semelhante à anatomia, fisiologia, histologia entre outras? Ou deve-se entendê-la como um corpo de teorias interno a determinadas disciplinas (neurologia, fisiologia, psicologia cognitiva etc.) sem a autonomia disciplinar pretendida? A argumentação a favor e contra o estatuto da neurociência na academia não é objeto desta pesquisa, porém, faço algumas considerações sobre a unidade da neurociência como ponto de partida da presente pesquisa.

Timothy Lenoir⁶ distinguiu um programa de pesquisa de um programa disciplinar, no intuito de examinar a formação institucional das disciplinas científicas. O programa de pesquisa⁷ legisla sobre questões cognitivas e se refere à relação entre o conjunto de teorias de determinada disciplina científica e os valores cognitivos associados a suas teses. A constituição de um programa disciplinar (de uma forma geral, um programa disciplinar se refere à formação de uma disciplina científica institucionalmente), segundo Lenoir, ocorre como *efeito de sistemas interativos*⁸. A distinção entre explicações internalistas e externalistas da ciência foi marcada, parcialmente, na historiografia da ciência pela idéia de que a ciência é dominada pela teoria. Lenoir supera essa polarização pelo conceito tomado de Pierre Bourdieu que trata o cientista como um indivíduo lutando com os outros pela distribuição de créditos. Cito Lenoir:

(...) ao tratar os cientistas como indivíduos lutando uns com os outros pela distribuição de créditos, os quais eles só podem adquirir ao exibir competência na produção de bens científicos. O crédito, em contrapartida, é a base para a autoridade e a acumulação de

neurociência faz tanto sentido como falar em físicas, se referindo a mecânica, termodinâmica, eletromagnetismo etc. O último ponto que quero tratar aqui sobre essa questão se refere ao segundo critério (do objeto de estudo) como diferenciador das ditas neurociências. A síntese conceitual derivada do conjunto de teses da teoria neuronal é lugar comum para as supostas neurociências, sendo que a modificação conceitual dessas teses alteraria a maneira como as 'neurociências' falam de seus respectivos objetos. Isto reforça o argumento a favor da singularidade disciplinar da neurociência defendido aqui.

⁶ Lenoir, 2004, p. 71-72.

⁷ O conceito de programa de pesquisa será examinado no segundo capítulo de maneira mais minuciosa.

⁸ Idem, p. 72. A formação de um programa disciplinar como efeito de sistemas interativos pode ser compreendido como a antítese da formação por uma origem singular (a ideia de que uma única disciplina dê origem à outra é um exemplo de origem singular).

*capital cultural, ele mesmo reconversível em comando sobre recursos para a produção de objetos científicos*⁹.

A distinção entre explicações internalistas e externalistas, em alguma medida, permanecerá no presente estudo. A formação do programa disciplinar da neurociência se institucionalizou com agenda de pesquisa própria somente em meados das duas primeiras décadas do século XX¹⁰. A disciplina neurocientífica opera necessariamente na confluência de outras disciplinas, desde sua gênese até a atualidade. A neurociência, mais que outras disciplinas (anatomia, fisiologia, citologia etc.), em nenhum momento se separou da malha estabelecida entre as disciplinas fundamentais¹¹. Sua unidade, portanto, não pode ser determinada na constituição do programa disciplinar. Não há um momento em que possamos fazer a seguinte pergunta – em que momento a neurociência competiu com a fisiologia, histologia ou anatomia (dentre outras disciplinas) pela institucionalização e autonomia de pesquisa? A resposta a essa pergunta exigiria a distinção da neurociência, enquanto disciplina, das demais.

O programa disciplinar da neurociência, definido pela operação conjunta dessas e de outras disciplinas, não permite sua caracterização como disciplina. Em alguns momentos em determinados centros de pesquisa sobre o sistema nervoso adquiriu uma maior orientação fisiológica ou anatômica. Porém, não é possível ir ‘retirando’ da

⁹ Idem, p. 72.

¹⁰ Não se deve confundir a agenda de pesquisa com a formação disciplinar. É por isso que desloco a formação do programa disciplinar para o início do século XX e não para períodos distintos do século XIX (frenologia, teoria reticular, teoria neuronal etc.), como sugerem alguns autores (Jacobson, 1993; Finger, 1994). Cito Lenoir: *Uma tentação é tratar as disciplinas como se fossem resultados adquiridos da atividade de pesquisa, empacotados e destilados na ala de ensino da ciência. Isso tem a consequência indesejada de fundir o que ocorre no sítio de pesquisa com a atividade disciplinar, que, como mostram os exemplos a ser discutidos mais adiante, não são idênticos. Cientistas na frente de pesquisa não percebem sua meta como expandir uma disciplina. De fato, a maioria das pesquisas novas, particularmente na ciência contemporânea, não está confinada dentro do escopo de uma única disciplina, mas explora o trabalho de diversas disciplinas. Se questionados, a maioria dos cientistas diria que trabalha sobre problemas. Quase ninguém pensa em si mesmo como trabalhando sobre uma disciplina.* (Lenoir, 2004, p. 73).

¹¹ Refiro-me a disciplinas fundamentais às disciplinas comumente associadas às grandes divisões de pesquisa em neurociência, a saber: anatomia, fisiologia, histologia, embriologia, patologia, citologia, neurologia, psicologia.

disciplina da neurociência cada uma dessas disciplinas (fisiologia, histologia, anatomia, embriologia etc) a ponto de ‘sobrar’ a neurociência. Concluo que, apesar de sua força heurística, a proposta de Lenoir da compreensão da ciência pela noção de programas disciplinares enfrentaria mais problemas do que ofereceria soluções no caso específico da neurociência. Com isso não nego que a neurociência se constitua como um programa disciplinar. O problema está em rastrear a gênese desse programa disciplinar em relação às disciplinas que a compõem isoladamente.

1.4. Plano de exame para o problema proposto

A formação dos conceitos que dão lastro à teoria neuronal, a saber, o conceito de neurônio e o conceito de plasticidade, sendo que o segundo orientou a formulação do primeiro na obra de Santiago Ramón y Cajal, pode ser compreendida ao longo do século XIX. A compreensão da teoria neuronal a partir da formação do conceito de neurônio (célula nervosa), nas explicações sobre a constituição do sistema nervoso e suas relações com o organismo, é expressa de maneira estrutural, funcional, do desenvolvimento ou evolutivas entre outras.

A estrutura da tese aqui defendida configura-se da seguinte maneira: no segundo capítulo será apresentado o modelo historiográfico proposto para examinar a formação do conceito de neurônio. A proposta parte de pressupostos da história dos conceitos, com alterações sugeridas para a presente pesquisa. Será introduzida a noção de *orientação de pesquisa*, que é uma espécie de guia, tanto metodológico quanto teórico, na prática científica e na formação dos conceitos científicos.

No terceiro capítulo será examinada a gênese do modelo de sistema nervoso elétrico proposto no final do século XVIII. Trata-se de um capítulo descritivo e com uso de fontes predominantemente secundárias. O caráter descritivo desse capítulo atende à necessidade de apresentar o ponto de partida do recorte histórico escolhido. A escolha é parcialmente arbitrária. O fator não arbitrário da escolha se deve ao fato de coincidir com o momento de proposição do programa disciplinar da histologia. O processo de

institucionalização da histologia ocorre quase que durante o século XIX inteiro. Santiago Ramón y Cajal e outros pesquisadores envolvidos com os estudos sobre a estrutura tecidual do sistema nervoso se formarão sob uma orientação de pesquisa disciplinar da histologia no final do século XIX. Daí a importância de se compreender, mesmo que superficialmente, esse processo de institucionalização da histologia. Outro ponto nevrálgico no terceiro capítulo se refere à principal consequência da adoção de um modelo de sistema nervoso elétrico, que é o deslocamento da pesquisa estrutural para as partes constituintes do sistema nervoso.

O quarto capítulo apresenta o processo de formação da teoria celular. A teoria celular expressa na biologia o pensamento atômico (orientação de pesquisa atômica). A importância da descrição do processo de proposição da teoria celular para a presente pesquisa atende à necessidade de negar uma tese historiográfica muito difundida que enuncia a teoria neuronal como sendo a última fronteira a ser desbravada pelo programa de pesquisa celular. As propostas contrárias à teoria neuronal não impugnaram a teoria celular, portanto, a compreensão da formação da teoria neuronal como o desdobramento único dos pressupostos da teoria celular será enfraquecida na presente tese (a teoria neuronal e suas rivais em nenhum momento questionavam os pressupostos da teoria celular).

No quinto capítulo, pouco descritivo e de caráter analítico, defendo a forte influência que se instaura na pesquisa microscópica pela orientação histológica¹². O processo de institucionalização da histologia se filia intimamente com o conceito daquilo que se entende pelo orgânico. A noção de que a distinção entre o orgânico e o inorgânico é dada pela organização da matéria, e não por seus elementos constituintes, encontra na histologia a base de uma disciplina científica fundamental, contrária à defesa de que a fisiologia deva ocupar tal posição¹³.

¹² Seguir uma orientação de pesquisa histológica não significa ser um histologista tal como pensado na atualidade. Uma orientação de pesquisa histológica se define mais pela predominância em se atribuir, como causa daquilo que se investiga, o nível tecidual (campo fenomênico orgânico próprio de atuação da histologia).

¹³ Não defendo nenhuma das duas posições em disputa. A predominância da orientação histológica (com ressalvas, podendo-se substituir por orientação anatômica) encontra-se em autores centrais para a

O sexto capítulo, de caráter mais descritivo, apresenta uma passagem rápida por algumas das principais técnicas de microscopia que se utilizou no século XIX, nos estudos sobre o sistema nervoso. Conforme dito nas seções anteriores, a via de formação do programa disciplinar da neurociência não será examinada em detalhes aqui, porém, se o fosse, o exame desse capítulo dever-ia ser ampliado. Os aperfeiçoamentos nas técnicas de microscopia reforçam a tese de um processo acelerado de institucionalização da histologia no século XIX, uma vez que tais melhorias atingiram diretamente os estudos de histologia e citologia.

A sequência da tese se refere diretamente à formação do conceito de neurônio¹⁴ (conceito primário na teoria neuronal). O capítulo sete introduz se refere a considerações gerais sobre o papel que o conceito de neurônio ocupa na teoria neuronal.

No oitavo capítulo se apresenta a teoria reticular. A teoria reticular é considerada historicamente como rival da teoria neuronal. Neste capítulo se examinam as diferenças entre orientações de pesquisa reticularistas e a teoria reticular. Examino também neste capítulo a heurística no uso dos conceitos antitéticos assimétricos¹⁵ de localizacionismo e holismo, e a não validade na utilização deles para a compreensão da controvérsia neuronismo versus reticularismo.

O nono capítulo atua como ponte entre a ideia defendida no quinto capítulo quanto à institucionalização da histologia como programa disciplinar e a orientação seguida por Ramón y Cajal na formulação da teoria neuronal. Examino a formação de Ramón y Cajal em seus primeiros trabalhos no campo da histologia de tecidos não nervosos, nos primeiros anos da década de 1880.

O capítulo dez examina o processo de desenvolvimento do conceito de reflexo a partir do final do século XVIII. Nas primeiras décadas do século XIX, o conceito de

proposição da teoria neuronal. Santiago Ramón y Cajal é o exemplo mais importante para essa pesquisa que teve forte orientação histológica.

¹⁴ Importante destacar que a formação do conceito de neurônio não consistiu apenas de um processo teórico. A pesquisa experimental está diretamente ligada a esse processo. São problemas da agenda de pesquisas clínicas e experimentais que orientarão diretamente os problemas relativos às partes constituintes do tecido nervoso.

¹⁵ No segundo capítulo examino melhor a noção de conceitos antitéticos assimétricos (essa expressão é importada de Reinhart Koselleck).

reflexo muda de um fenômeno fisiológico de movimento, dentre outros, para um princípio biológico fundamental. O conceito de reflexo como um princípio biológico é significativo para a solução da maneira como as conexões entre as células do tecido nervoso se estruturam e ao mesmo tempo coloca-se o papel dessas conexões em destaque na organização estrutural do sistema nervoso, uma vez que o reflexo se torna a base para a compreensão de processos mais complexos do organismo. Em alguns autores examinados neste capítulo já se observa uma orientação de pesquisa em que o conceito de plasticidade no sistema nervoso esteja presente.

No capítulo onze se examina a unidade motora. Constitui uma continuação na agenda de pesquisa no século XIX derivada diretamente dos estudos sobre o reflexo. A unidade motora apresentou por volta da metade do século XIX uma possibilidade evolutiva da fusão entre células. A solução desse problema pode ter antecipado parte do cenário quanto ao tecido nervoso em particular. Ramón y Cajal estudou a fibra muscular no início de sua carreira na década de 1880 (capítulo nove). A formação de alguns pressupostos da teoria neuronal aparecem entre os estudos de Ramón y Cajal sobre a fibra muscular e o tecido nervoso.

No capítulo doze examino o conceito de neurônio na ontogênese e filogênese do sistema nervoso. Ramón y Cajal entende que o conceito de plasticidade opera na filogênese do sistema nervoso em níveis distintos. O nível das conexões entre as células é o de maior força adaptativa e estabilidade.

O capítulo treze se configura a título de conclusão. Apresento a síntese da tese central defendida nesta pesquisa e que anuncia o conceito de plasticidade como conceito central da teoria neuronal e conceito formador do conceito de neurônio. Enquanto que, o conceito de neurônio se configura como conceito primeiro da teoria neuronal e do qual se derivam os corolários fisiológicos e embriológicos sobre a estrutura do sistema nervoso.

Os capítulos quatorze e quinze consistem em um apêndice com algumas imagens que auxiliem o leitor não familiarizado com a linguagem e descrição anatômica e um glossário histórico conceitual. Recomenda-se o uso do apêndice como auxiliar na leitura,

principalmente, dos capítulos específicos sobre os reflexos e a unidade motora (capítulos 10 e 11). O capítulo quinze apresenta um glossário histórico conceitual de termos em neurociência e que espero sirva de auxiliar na compreensão de termos específicos.

1.5. Algumas considerações sobre História, Ciência e História da Ciência

A análise das obras de Ramón y Cajal que permitam identificar a construção de sua teoria se baseia nos métodos de inferência histórica, o que garante o caráter histórico da presente pesquisa. Proponho um estudo em história da ciência, em particular, em história da neurociência. A teoria neuronal é considerada como o ponto de partida para os estudos da neurociência experimental, servindo como ponto de inflexão aos trabalhos de neurociências anteriores à segunda metade do século XIX e trabalhos posteriores¹⁶. A teoria reticular propunha uma estrutura contínua no tecido nervoso em oposição à teoria contígua proposta pela teoria neuronal. O principal defensor da teoria reticular foi Camillo Golgi (1843-1926), que viria a dividir o prêmio Nobel em 1906 com Ramón y Cajal.

É importante ressaltar que não pretendo aqui apenas catalogar ou descrever eventos e trabalhos de Ramón y Cajal, de maneira cronológica, que apontem para suas descobertas. Este trabalho pressupõe a análise da teoria neuronal inserida no desenvolvimento dos estudos sobre o sistema nervoso no século XIX. O exame de como a teoria neuronal prevaleceu em detrimento de sua rival, a teoria reticular, apesar de evidências observacionais a favor de ambas as teorias, se elucida pela análise oferecida pela história dos conceitos.

Pesquisas em História das Ciências parecem localizar-se em campo demasiadamente movediço no que concerne aos aspectos históricos (externos, em certa medida, à atividade científica) e aos aspectos científicos de qualquer pesquisa. Em que medida uma pesquisa em História da Ciência se confunde com as pesquisas em ciências

¹⁶ Lent, 2001; Bear et al, 2002.

naturais?¹⁷ A objetividade do discurso historiográfico é tributária da mesma objetividade decorrente de uma teoria científica? Essas e outras questões são geralmente colocadas em trabalhos de história da ciência, e neste trabalho pretendo não desviar destas questões, no intuito de legitimar, em parte, a presente pesquisa.

Verificarei neste trabalho os elementos componentes da teoria neuronal de Santiago Ramón y Cajal, concernente à existência de uma unidade básica constituinte do sistema nervoso, a saber, as células nervosas (neurônios). Para tal, lanço mão da hipótese de que Ramón y Cajal, apesar das limitações observacionais de sua época, se inseria em um contexto histórico que validava a busca por uma unidade básica do sistema nervoso em oposição à noção de continuidade. Entendo que as formulações modernas de modelos atômicos na Física e Química, desde o modelo de Dalton (1803), e a teoria celular da década de 1830, expressam certa ‘mentalidade’ científica do período em questão. Tal mentalidade operava sob a sombra da revolução científica dos séculos XVI e XVII e na crença do progresso advindo da ciência constituída. Assim, conforme afirma Baumer:

O corpo principal dos cientistas e dos reformadores sociais, bem como um número substancial de humanistas, expressavam a sua confiança na ciência ou na razão para a obtenção do progresso. Falando na Conferência Internacional de Livres Pensadores, em Roma, em 1904, Ernest Haeckel, o monista e socialista alemão, referiu-se ao ‘maravilhoso apogeu da cultura, que o homem atingiu no século XIX, ao progresso surpreendente da ciência da natureza e à sua aplicação prática na tecnologia, na indústria, na medicina etc’, que trouxera a esperança de uma elevação da cultura a um nível superior e mais poderoso, no século XX¹⁸.

Jacques Le Goff apontou seis problemas decorrentes da noção de História, das quais três interessam diretamente à discussão posta aqui, uma vez que fazem referência à

¹⁷ Refiro-me a pesquisas em ciência a trabalhos em ciências naturais (Física e Química), ciências biológicas e biomédicas em oposição aos trabalhos em ciências humanas.

¹⁸ Baumer, 1977, p. 131.

relação da história com o tempo, à dialética passado/presente e no retorno ao evento em oposição à longa duração¹⁹. A ideia do exame histórico decompondo o tempo em eventos (curta duração, contingente e singular), conjuntura (média duração, 10-50 anos) e estruturas (longa duração, amplitude secular), característica da segunda geração da escola dos Annales, encontra na obra de Fernand Braudel (1902-1985) seu principal representante²⁰. A curta duração ou o evento é para Braudel a mais enganadora das três temporalidades, a que menos permite um exame objetivo por parte do historiador, no entanto, o evento carrega elementos que denunciam ao investigador a regularidade presente nas estruturas.

(...) o evento é explosivo, novidade sonante. Com sua fumaça excessiva, enche a consciência dos contemporâneos, mas não dura, vê-se apenas sua chama. (...) Um evento, a rigor, pode carregar-se de uma série de significações ou familiaridades. Dá testemunho por vezes de movimentos muito profundos e, pelo jogo factício ou não das causas e dos efeitos caros aos historiadores de ontem, anexa um tempo muito superior à sua própria duração²¹.

O historiador, na busca do que não é singular e contingente, ou seja, no exame daquilo que garante regularidade no discurso histórico, abdica do evento e da conjuntura em favor da longa duração, obtendo assim maior objetividade na análise histórica. É importante ressaltar a distinção da noção de estrutura para os cientistas sociais e para os historiadores, cito Braudel:

¹⁹ Os problemas são: 1º Que relações existem entre a história vivida, a história ‘natural’, senão ‘objetiva’, das sociedades humanas e a ciência histórica? 2º Qual relação há entre a história e o tempo? 3º Na relação dialética passado/presente (ou presente/passado) em que medida pode-se conceber um sentido para a história. 4º Qual o poder preditivo da história. 5º Sobre o retorno ao evento em oposição à longa duração. 6º Sobre a possibilidade de uma história da natureza. Ver LE GOFF, J. **História e memória**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1990. (p. 07).

²⁰ Burke, 1997; Dosse, 2003.

²¹ Braudel, 2007. p. 45.

*Por estrutura, os observadores do social entendem uma organização, uma coerência, relações bastante fixas entre realidades e massas sociais. Para nós, historiadores, uma estrutura é sem dúvida, articulação, arquitetura, porém mais ainda, uma realidade que o tempo utiliza mal e veicula mui longamente*²².

A opção de operar o exame histórico na longa duração não se confunde com os modelos da historiografia da segunda metade do século XIX²³ e com o intuito de alçar a história ao patamar das ciências naturais; desta forma o autor se exime de possíveis críticas de que seu trabalho não preenche os cânones do método científico. O modelo proposto por Braudel e a segunda geração dos Annales sofreram críticas, principalmente concernente ao abandono do evento, configurando um modelo de história estática e que não levaria em consideração as tensões advindas dos eventos e da conjuntura, modificando as estruturas²⁴. Uma vez que adotei em minha pesquisa operar na longa duração, é necessário explicitar a noção de história adotada aqui no intuito de buscar pontos de convergência com a noção utilizada por alguns historiadores da ciência.

Paul Ricoeur (1913-2005) lembra a objetividade inerente ao discurso histórico e a subjetividade do historiador:

É em relação a esse mister de historiador – e, portanto, em relação a essa intenção e a esse empreendimento de objetividade – que se deve agora situar a crítica contemporânea que, faz meio século, tanto vem insistindo sobre a função da subjetividade do historiador na elaboração da história. Parece-me, com efeito, que se pode considerar essa subjetividade em si mesma, sem saber preliminarmente qual sua função, qual seja,

²² Idem, p. 49.

²³ Sobre a escola metódica ver LANGLOIS, C. V.; SEIGNOBOS, C. **Introdução aos Estudos Históricos**. São Paulo: Editora Renascença, 1946. Exemplos da historiografia alemã na segunda metade do Século XIX, ver DROYSEN, J. G. **Manual de Teoria da História**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009, e Holanda, S.B. *O atual e o inatual em Leopold Von Ranke*. In Holanda, S. B. (org.) **Ranke**. São Paulo: Ática, 1979.

²⁴ Segundo Aguirre Rojas, a principal característica da historiografia contemporânea é a coexistência de modelos de historiografia distintos e que orientam as pesquisas em história não exigindo uma hierarquia na pesquisa histórica, momento esse jamais visto na historiografia mundial. Ver AGUIRRE ROJAS, C. A. ; MALERBA, J. (Orgs.). **Historiografia contemporânea em perspectiva crítica**. Bauru, SP: EDUSC, 2007.

*precisamente um empreendimento raciocinado de análise. Quer, pois, a prudência que se proceda à maneira da tradição reflexiva, isto é, que se procure essa subjetividade em sua intenção, em sua empresa, em suas obras*²⁵.

Ricoeur segue apontando traços problemáticos próprios à atividade do historiador e que garantem uma objetividade incompleta quando contemplada à luz da objetividade alcançada pelas demais ciências.

A história através do historiador não retém, não analisa nem encadeia senão os eventos de importância. É aqui que a subjetividade do historiador intervém em um sentido original em relação ao do físico, sob a forma de esquemas interpretativos. É aqui, por conseguinte, que a qualidade daquele que perscruta é importante para a própria seleção dos documentos a perscrutar. Melhor ainda, é o julgamento de importância que, pela eliminação do acessório, cria a continuidade: é o vivido que é descosido, lacerado pela insignificância; é a narrativa que se mostra encadeada, carregada de significação graças à continuidade. Assim, a própria racionalidade da história vincula-se a esse julgamento de importância que, entretanto, carece de critério seguro. Nesse particular tem razão Raymond Aron, ao dizer que ‘a teoria precede a história’²⁶.

Com referência à obra de Marc Bloch (*Apologie pour l’histoire* ou *Métier d’historien*), sobre a recusa por parte do historiador em pressupor uma reconstrução do passado *ipsis litteris*, parte da historiografia contemporânea recusa também a noção de verdade histórica como correspondência, ou seja, a verdade do fato narrado não coincide com o fato em si e nem é objeto do historiador, posição amplamente defendida por historiadores de ofício ao longo do século XIX. Assim, Ricoeur afirma:

²⁵ Ricoeur, 1968, p. 28.

²⁶ Idem, p. 29.

Devemos ser gratos a Marc Bloch por ter chamado ‘observação’ a redescoberta do passado pelo historiador: retomando a expressão de Simiand²⁷, que chamava a história um ‘conhecimento pelos vestígios’, mostra ele que essa aparente servidão do historiador de não se achar jamais em face de seu objeto passado, mas diante do respectivo vestígio, de modo algum desqualifica a história como ciência: a apreensão do passado por seus vestígios documentais é uma observação no sentido pleno da palavra; pois observar não significa nunca registrar um fato bruto. Reconstituir um acontecimento, ou antes, uma série de acontecimentos, ou uma situação, ou uma instituição, com base nos documentos, é elaborar uma conduta de objetividade de tipo próprio, mas irrecusável; pois essa reconstituição supõe que o documento seja perscrutado, obrigado a falar; que o historiador vá ao encontro de seu sentido, arremessando-lhe uma hipótese de trabalho; é essa pesquisa que simultaneamente eleva o vestígio à dignidade de documento significativo, e eleva o próprio passado à dignidade de fato histórico. O documento não era documento antes de o historiador cogitar de perscrutá-lo, e assim o historiador institui, se assim podemos dizer, o documento como documento após sua intervenção e sua observação; simultaneamente, institui ele os fatos históricos²⁸.

A possibilidade de uma história onde a narrativa não coincide com o fato coaduna-se com a posição antirrealista em relação à ciência e retira toda a carga ontológica das teorias científicas²⁹. Uma vez feito o percurso na tentativa de constituição do modelo de historiografia adotado aqui, devo agora situar os estudos de história da ciência na sua relação com a atividade científica propriamente dita. Em relação a essa questão, Roberto de Andrade Martins escreve:

Na área da história da ciência temos uma situação peculiar. As ciências naturais são um estudo sobre a natureza, correspondendo a um segundo nível. Podemos supor que a

²⁷ A expressão de François Simiand citada por Ricoeur encontra-se na obra **Método histórico e ciência social** publicada em 1903 a partir de uma comunicação proferida na Sociedade de História Moderna e Contemporânea, em Paris.

²⁸ Ricoeur, 1968, p. 25-26.

²⁹ Para melhor entender o debate realismo e antirrealismo acerca da ciência ver PLASTINO, C. E. **Realismo e anti-realismo acerca da ciência: Considerações filosóficas sobre o valor cognitivo da ciência**. São Paulo, 1995. Tese de doutorado.

*natureza, em si, existe independentemente dos cientistas (a menos que adotemos uma postura filosófica idealista). A ciência natural, por outro lado, é uma reflexão humana sobre a natureza e é o produto primário da atividade dos cientistas (no sentido amplo). Além desses dois níveis (natureza e ciência) podemos ressaltar um terceiro, o dos estudos metacientíficos, que inclui a filosofia da ciência, a metodologia científica e a história da ciência*³⁰.

Uma vez admitido que a disciplina *História da ciência* se encontre nessa dimensão metacientífica, a inferência no segundo nível sobre eventos de história da ciência no primeiro nível se faz tributária não apenas do momento histórico em que se desenvolve a ciência examinada, mas também de elementos internos a cada sistema científico e seu corpo de teorias. Essa dupla característica do trabalho em história da ciência pressupõe dois momentos de exame, um internalista e outro externalista, e o cruzamento de ambas investigações validam e reforçam ambos.

³⁰ Martins, 2004, p. 116.

2. A história dos conceitos de plasticidade e de neurônio

2.1. Algumas considerações sobre a historiografia da história da ciência

A adoção da ideia de que a ciência avança apenas por meio da observação mediante descobertas experimentais facilitaria muito o trabalho do historiador da ciência. O mesmo precisaria apenas catalogar e descrever tais descobertas atentando para aquelas que mais sobressaíram em determinado período para o sucesso de uma teoria em relação a suas rivais. Não compartilho dessa posição e duvido que atualmente algum historiador da ciência o faça.

Diversos modelos historiográficos foram propostos ao longo do século XX para a história da ciência, sendo que alguns desses modelos discordam entre si parcial ou completamente³¹. Defenderei aqui uma proposta de estudo da história da ciência pela via da história dos conceitos, tal como proposta para o exame da história social, com modificações. O modelo proposto por Imre Lakatos (1922-1974) da metodologia dos programas de pesquisa deve ser brevemente examinado, pois, em parte, as condições de contorno de sua proposta serviram de ponto de partida para o modelo que proponho. Para tal, faz-se necessário uma apresentação de algumas das principais teses de Lakatos.

Há três pontos nucleares na proposta de Lakatos: (1) a filosofia da ciência fornece metodologias normativas segundo as quais o historiador reconstrói a ‘história interna’; (2) duas metodologias em competição podem ser avaliadas com o auxílio da história (interpretação normativa); (3) a reconstrução racional da história necessita ser completada por uma *história externa* empírica.

Para Lakatos a *história externa* é secundária, o que justifica o uso tão somente da *história interna* no exame histórico da ciência.

A demarcação essencial entre o normativo-interno e o empírico-externo é diferente para cada metodologia. Em conjunto, as teorias historiográficas internas e externas

³¹ Kuhn, 1994; Fleck, 1986; Koyré, 1982; 1986; Butterfield, 1992; Lakatos, 1970; 1979; 1989.

*determinam, em larga medida, para o historiador, a escolha dos problemas. Mas alguns dos problemas mais cruciais da história externa só podem formular-se em termos da metodologia aceita; por conseguinte, a história interna, assim definida, é primária, sendo a história externa unicamente secundária. De facto, tendo em consideração a autonomia da história interna (mas não da externa), a história externa é irrelevante para a compreensão da ciência*³².

Lakatos entende por *história interna* a história intelectual da ciência e *história externa* a história social³³. A proposta de Lakatos se dá na recusa de dois modelos vigentes na primeira metade do século XX na filosofia da ciência: (1) O falseacionismo simples³⁴ (Karl Popper, 1902-1994); (2) a ideia de verdade por consenso.³⁵ Para Lakatos, o ideal de verdade demonstrada é abandonado no século XX em prol da ideia de *verdade provável* ou a ideia de *verdade por consenso*. Lakatos inicia sua proposta revitalizando o modelo explicativo de Karl Popper e se opondo a algumas das teses de Thomas S. Kuhn (1922-1996). O primeiro representa um ponto de inflexão na filosofia da ciência do

³² Lakatos, 1970, p. 21-22.

³³ Essa posição certamente admite controvérsias, uma vez que duas modalidades historiográficas, a história das mentalidades e a história dos conceitos, não vêm de maneira tão clara essa separação.

³⁴ Lakatos entende que o falseacionismo possui duas faces, a dogmática ou naturalista e o falseacionismo metodológico (Popper). Discutirei melhor as duas dimensões mais à frente, mas a título de situar o leitor não familiarizado com o vocabulário podemos de maneira simplificada dizer que uma posição falseacionista é aquela que uma teoria científica prevalece sobre uma rival por meio de situações experimentais que falseiam a rival, fazendo com que abandonemos as mesmas. O critério de falseabilidade, para Popper, é um critério de demarcação entre o que é ciência e o que não é (há também a possibilidade de se adotar um critério metodológico como o de verificabilidade como um critério de sentido, distinguindo enunciados que façam sentido lógico dos que não possam ser enunciados por proposições verificáveis; Rudolf Carnap (1891-1970) utilizou o critério de falseabilidade dessa maneira). No sentido popperiano, os enunciados universais são passíveis de serem falseados. Enunciados do tipo *todo corvo é preto*, exigem apenas que se encontre um corvo que não seja preto para que o enunciado seja falso, porém, não é possível verificar o enunciado. Enunciados do tipo existencial, por sua vez, não são falseáveis, ou seja, não podem ser falseados. O enunciado *existe vida fora do sistema solar* não pode ser falseado, porém, basta que se encontre vida em algum planeta fora do sistema solar para se verificar o enunciado. Outro problema é que muitos enunciados científicos são universais e existenciais ao mesmo tempo. O enunciado para cada metal existe um ponto de liquefação possui uma componente universal (para cada metal, ou seja, para todos metais x) e uma componente existencial (existe um ponto de liquefação).

³⁵ Os principais defensores desse modelo, para Lakatos, são Thomas Kuhn (1922-1996) e Karl Polanyi (1886-1964).

século XX, expondo em seu clássico livro *Logik der Forschung*³⁶ de 1934, a crítica ao indutivismo e a proposta de falseabilidade para a definição de uma ciência empírica. Thomas Kuhn, por sua vez, é atualmente um dos autores mais lidos no que se refere à filosofia e história da ciência, principalmente em países de língua inglesa. Seu livro *The structure of scientific revolutions*, publicado em 1962, também é uma referência na historiografia da história da ciência. Façamos um cotejamento das principais teses de Popper e Kuhn e, em seguida, examinemos a proposta de Lakatos como alternativa aos dois modelos.

2.2. Falseacionismo versus relativismo no relato histórico da ciência

Para Lakatos, Popper foi muito mal compreendido por outros filósofos da ciência, entre eles Kuhn, que associaram suas teses ao que Lakatos chamou de *falseacionismo dogmático*, o mais frágil dentre os falseacionismos.

A honestidade científica para o falseacionista se constitui na especificação, de antemão, de que se um resultado experimental se mostrar contrário à teoria, a mesma deve ser abandonada. Lakatos chama atenção para duas suposições falsas do falseacionismo dogmático sobre um critério rigoroso de demarcação entre o científico e o não-científico: (1) Existiria uma fronteira natural (psicológica) entre as proposições teóricas ou especulativas de um lado e as proposições observacionais de outro. (2) Se uma proposição satisfaz o critério psicológico de ser factual ou observacional, ela seria verdadeira, e diríamos que ela foi demonstrada a partir dos fatos. Lakatos chama a essa condição de *prova observacional*:

As suposições garantem uma base empírica a partir do qual a falsidade provada pode ser transferida, pela lógica dedutiva, à teoria que está sendo testada. (...) Só são 'científicas'

³⁶ Edição inglesa *The logic of scientific discovery* de 1959, ampliada. Em português há a tradução dos professores Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota de 1972, pela editora Cultrix. As citações a essa obra se referem à tradução em português.

*as teorias que impedem certos estados de coisas observáveis e, portanto, são factualmente refutáveis*³⁷.

A base empírica de uma teoria, condição necessária no modelo falseacionista dogmático, se caracteriza pelo conjunto de seus falseadores potenciais. Ambas as condições acima descritas são de fácil discordância. A primeira, quanto à existência natural de uma fronteira entre proposições teóricas e observacionais, pode, segundo Lakatos, ser contestada por meio de um exemplo. Se aceitarmos a afirmação de que as observações feitas por Ramón y Cajal do tecido nervoso permitiram que ele ‘observasse’ diretamente a individualidade celular do tecido e que tais observações refutavam o modelo reticular, admitiremos que tais observações se davam unicamente no âmbito dos sentidos, semelhante a vermos pessoas transitando na rua. A credibilidade das observações de Ramón y Cajal são tributárias da qualidade e credibilidade do microscópio utilizado, bem como da teoria óptica do microscópio, que permitia a aceitação do instrumento na ampliação das imagens, sem falarmos na teoria química que respaldasse a constituição química das lâminas antes mesmo do uso do microscópio, uma vez que as observações não são feitas diretamente sobre o tecido. Diante disso, pode-se afirmar que não foram as ‘observações puras’ das células nervosas feitas por Ramón y Cajal que o colocaram em posição contrária à teoria reticular, mas foram ‘observações’ a luz de um conjunto de teses sobre o sistema nervoso que colocaram os neuronistas em conflito com o modelo vigente³⁸. A demarcação natural entre as proposições teóricas e observacionais não encontram respaldo, a não ser em um modelo indutivo radical, e que não contribui ao exame da história da ciência.

A segunda condição de existência do falseacionismo dogmático é a chamada *prova observacional*. A ideia de que uma proposição pode ser provada pela observação foi apontada como uma inverdade por Popper:

³⁷ Lakatos, 1979, p. 118.

³⁸ Lakatos examina esse ponto fazendo alusão às observações da lua feitas por Galileu. Sempre que possível lançarei mão de exemplos em ciências biológicas ao invés dos exemplos da Física, apenas por uma questão de aproximação com o campo de investigação examinado.

*Toda prova de uma teoria, resulte em sua corroboração ou em seu falseamento, há de deter-se em algum enunciado básico que decidimos aceitar. Se não chegarmos a qualquer decisão e não aceitarmos este ou aquele enunciado básico, a prova terá conduzido a nada*³⁹.

As duas suposições problemáticas aqui expostas desqualificam o falseacionismo dogmático como modelo para as ciências empíricas. Antes de apresentar o *falseacionismo metodológico*⁴⁰ farei uma digressão sobre algumas questões levantadas por Lakatos em defesa de uma posição cética, uma vez admitidas as ideias contrárias ao falseacionismo dogmático, principalmente, a relatividade dos enunciados básicos (resposta à segunda condição do falseacionismo dogmático apresentada por Popper acima).

O cético perguntaria: ainda podemos opor-nos ao ceticismo? Em particular, se a crítica científica é falível, baseados em que poderemos algum dia eliminar uma teoria? Para se dirigir às perguntas do cético, Lakatos identifica o falseacionismo metodológico como uma classe do convencionalismo.

*De acordo com o convencionalismo conservador, as experiências podem ter força bastante para refutar teorias jovens, mas não tem força para refutar teorias velhas, estabelecidas: à proporção que a ciência cresce, a força da evidência empírica diminui*⁴¹.

O que difere o falseacionismo metodológico (sofisticado) do falseacionismo dogmático (ingênuo) são as regras de aceitação como regras de falseamento ou eliminação de teorias. O falseacionista dogmático aceita qualquer teoria que interprete

³⁹ Popper, 1972, p. 111.

⁴⁰ Lakatos considera o falseacionismo metodológico ou sofisticado a versão forte do falseacionismo e seria essa concepção que Kuhn não teria compreendido completamente em sua crítica a Popper. Lembro ainda que não é objeto deste trabalho uma análise detida do modelo historiográfico de Kuhn e do modelo epistemológico de Popper, pretendo apenas revisar alguns pontos dos dois modelos no intuito de adentrar a proposta de Lakatos referente à metodologia dos programas de pesquisa.

⁴¹ Lakatos, 1979, p. 127.

como experimentalmente falseável. Já o falseacionista metodológico somente aceitará uma teoria como sendo científica quando ‘tiver um excesso corroborado de conteúdo empírico em relação à sua predecessora’. O falseacionismo metodológico pressupõe três critérios na constituição de teorias para a definição de uma ciência empírica, nos dizeres de Popper: (1) ser sintético e que represente um mundo possível, não contraditório; (2) satisfazer o critério de demarcação proposto pela metodologia empregada; (3) deve diferir de outros sistemas semelhantes como o único representativo de nosso mundo de experiência.

Para um falseacionista metodológico, a ciência progride à medida que as teorias científicas são falseadas, quanto maior as condições de falseamento mais forte se constitui uma teoria. Dada uma teoria ou conjunto de teorias, o cientista falseacionista deve apresentar condições experimentais sob as quais não concordando a observação com a teoria, a teoria deve ser abandonada. Pode parecer que o falseacionista metodológico não discorda do falseacionista dogmático, mas essa impressão some logo que entendemos que o falseacionismo metodológico transfere o problema da avaliação de teorias para o problema de avaliar uma série de teorias, somente aí poderá dizer se uma teoria é ou não científica, nunca legislará sobre uma única teoria.

Uma posição contrária ao falseacionismo, importante e comumente chamada de uma posição relativista, é a proposta historiográfica apresentada por Thomas Kuhn, exposta primeiramente em seu livro *The structure of scientific revolutions* de 1962. Para Kuhn a ciência não avança por meio de falseamento das teorias científicas. A ciência opera por períodos do que ele chamou ciência normal⁴² com intervalos revolucionários. O cientista passaria quase toda sua existência acadêmica se dirigindo à resolução de problemas postos pelo e para o paradigma. Outra tese conflituosa de Kuhn é a da

⁴² O período de ciência normal é o momento em que o cientista trabalha para a manutenção do paradigma vigente, ou seja, o cientista é formado para manter o paradigma em que se encontra, não para falseá-lo como quer o falseacionista. Com relação à definição de paradigma, Margaret Masterman (Masterman, 1979) listou 21 definições apenas no livro de Thomas Kuhn. Uma das definições que podemos adotar aqui, dada sua amplitude, é a referente a realizações científicas: “Paradigmas são realizações científicas que, durante algum tempo, fornecem modelos de problemas e soluções para uma comunidade de profissionais”.

incomensurabilidade entre paradigmas, segundo a qual dois paradigmas rivais são incomensuráveis. Alguns opositores apresentaram o problema da coexistência de paradigmas em relação a problemas iguais como uma falha na tese da incomensurabilidade⁴³. Uma vez que a atividade científica é tributária dos períodos de ciência normal e períodos revolucionários, o que determina a adoção de um novo paradigma frente ao rival? Kuhn responde serem fatores não apenas racionais os responsáveis pela escolha de determinada teoria em detrimento de outras, mas também fatores externos à atividade científica. Essa posição foi muito criticada pelos opositores de Kuhn, que entenderam sua tese como uma espécie de irracionalismo atribuído à ciência. Em um ensaio posterior ao lançamento de seu livro *The structure of scientific revolutions*, Kuhn responde às críticas e reforça algumas posições, afirmando inclusive o desejo de investigar, caso pudesse reavaliar sua própria teoria, a estrutura da comunidade científica no(s) período(s) em questão⁴⁴.

Posto alguns elementos constitutivos das propostas de Popper e Kuhn para o desenvolvimento e constituição da ciência, apresentarei a proposta de Lakatos visando complementar os pontos não alcançados por ambos.

2.3. A metodologia dos programas de pesquisa científica

O programa de pesquisa, proposto por Lakatos, se configura em regras metodológicas onde as teorias científicas se ‘alojam’. Algumas regras orientam quais caminhos de pesquisa devem ser evitados (heurística negativa) e outras regras dizem quais caminhos devem ser trilhados (heurística positiva).

A heurística negativa dirige as questões ao que Lakatos chamou de *cinto de proteção* de um programa de pesquisa e não ao núcleo.

⁴³ Feyerabend, 1979; Toulmin, 1979.

⁴⁴ Kuhn, 1979b.

*O núcleo real de um programa de pesquisa não emerge, na realidade, completamente armado – como Atenas da cabeça de Zeus. Desenvolve-se aos poucos, por um longo processo preliminar de ensaio-e-erro*⁴⁵.

A heurística positiva é responsável pela construção do *cinto de proteção*, garantindo relativa autonomia da ciência teórica.

*A heurística negativa caracteriza o núcleo do programa, que é irrefutável por decisão metodológica dos seus protagonistas; a heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as ‘variantes refutáveis’ do programa de pesquisa*⁴⁶.

Lakatos diz ser o trabalho da heurística positiva um trabalho teórico e as anomalias que surgem se dão também no campo teórico. Diante de uma heurística positiva, o cientista recusa-se a se dirigir para a observação. A heurística positiva é mais flexível que a heurística negativa, o que podemos esperar, uma vez que se encontra na periferia do programa de pesquisa responsável pela constituição do *cinto de proteção*, enquanto que a heurística negativa, por ser responsável pela constituição do núcleo, exige menor flexibilidade, caso contrário o programa operaria sob certa instabilidade diante da possível flexibilidade do núcleo (figura 1).

⁴⁵ Lakatos, 1979, p. 164.

⁴⁶ Idem, p. 165.

Figura 1: Esquema representativo de um programa de pesquisa

Uma vez que tenhamos uma estrutura de como se configura um programa de pesquisa, como operar um exame histórico sobre um ou mais programas de pesquisa? Lakatos atribui ao relato histórico dois momentos: (1) Reconstrução racional; (2) Cotejamento dessa reconstrução racional com a história real e, posteriormente, a crítica da reconstrução racional por falta de historicidade e da história real por falta de racionalidade.

Todo estudo histórico deve ser precedido de um estudo heurístico: a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega⁴⁷.

⁴⁷ Idem, p. 169.

Lakatos mostra o caminho para se examinar historicamente a ciência em dois momentos, lançando mão da metodologia dos programas de pesquisa. Conforme dito anteriormente, o exame externo se subordina, em certa medida, ao exame interno na visão de Lakatos, o que justificaria abandonar o primeiro em detrimento do segundo. Encontro aqui uma limitação no modelo proposto por Lakatos, principalmente no que se refere às ciências biológicas e afins. No intuito de resolver esse impasse, uma vez que a metodologia dos programas de pesquisa motivou a proposta de pesquisa pela via da história dos conceitos adotada na presente pesquisa, apresentarei uma alternativa. Utilizo as prerrogativas da história dos conceitos como ajuste dos limites impostos pelo modelo de Lakatos apresentados aqui. O modelo historiográfico da história dos conceitos (ao menos alguns de seus pressupostos) a que me refiro é o proposto por Reinhart Koselleck (1923-2006).

2.4. A história dos conceitos de Reinhart Koselleck

Lakatos sugere duas etapas para o relato histórico da ciência, a primeira etapa, que ele chama de reconstrução racional limita-se ao exame interno do programa de pesquisa estudado, já no segundo momento, se realiza o cotejamento da reconstrução racional com a história. A história contemporânea opera sob a égide de mais de um modelo historiográfico, que foram se constituindo ao longo do século XX, cada um com suas nuances: o modelo marxista, o modelo proposto na França pela escola dos Annales, a microhistória proposta na Itália e México, e tradicionalmente a história dos conceitos, como um ramo da história das ideias, que se desenvolve principalmente na Alemanha, tendo como um de seus mais ilustres representantes Reinhart Koselleck (1923-2006). A análise histórica dos conceitos, segundo Koselleck, opera na longa duração e permite ao historiador adentrar as estruturas sociais do período estudado, não se limitando apenas a questões de foro linguístico. Apresentarei rapidamente os principais pontos da proposta de uma história dos conceitos que julgo relevante, ao que posteriormente apresentarei a

proposta, que considero híbrida em relação às teorias de Lakatos e Koselleck, e que concebo deslocando o modelo de Koselleck ao campo da ciência.

Quando fazemos referência a uma história dos conceitos, uma pergunta seria pertinente: É possível a história dos conceitos alcançar autonomia frente à história social? Koselleck dá uma possível resposta à pergunta:

Desde que a sociedade atingiu o desenvolvimento industrial, a semântica política dos conceitos envolvidos no processo fornece uma chave de compreensão sem a qual os fenômenos do passado não poderiam ser entendidos hoje. É só pensar na mudança de significado e de função do conceito de 'revolução', que na origem apresentava uma fórmula modelar do possível retorno dos acontecimentos. Entretanto, o sentido do termo foi reformulado, passando a indicar um conceito teleológico de caráter histórico-filosófico, a par de uma segunda e nova significação como conceito de ação política, tornando-se, segundo nosso ponto de vista, o indicador de uma alteração estrutural⁴⁸.

Koselleck defende o uso da história dos conceitos no que concerne a superar a contribuição frequente nas análises linguísticas nos aspectos da crítica das fontes. Reconhece-se a autonomia da história dos conceitos no exame histórico da 'redefinição de significados lexicais anteriores, dados nos estudos diacrônicos'.

As palavras que permaneceram as mesmas não são, por si só, um indício suficiente da permanência do mesmo conteúdo ou significado por elas designado. Assim, o homônimo 'burguês' [Bürger] é vazio de significado, se não for examinado pela perspectiva da mudança de sentido do conceito: de cidadão ou habitante da cidade [(stadt-) Bürger] por volta de 1800 e, por fim, para burguês [Bürger], no sentido de não-proletário, por volta de 1900⁴⁹.

⁴⁸ Koselleck, 2006, p. 103.

⁴⁹ Idem, p. 105.

É por meio de um exame diacrônico da estrutura profunda dos conceitos que se alcançam alterações estruturais de longo prazo. Para que se evite uma identificação com a história social e consequentemente a negação da autonomia da história dos conceitos, é necessário que se entenda que um conceito necessariamente se prende a uma palavra⁵⁰, mas nem toda palavra é um conceito social e político. Um conceito social e político envolve generalizações e polissemia, de forma que, a história não os deve reconhecer apenas como palavras. Os conceitos físicos e biológicos respeitam tal condição, o que garante o uso da metodologia da história dos conceitos quanto aos conceitos em Biologia e ciências afins. A concepção fundamental do organismo respeita essa passagem conceitual, conforme exposto na passagem do modelo fibrilar e globular da unidade fundamental dos organismos ao modelo celular proposto em meados da década de 1830 (capítulo 4). A análise dos conceitos permite, por meio da alternância de análises sincrônica e diacrônica, do período de duração das experiências do passado à capacidade de resistência das teorias no passado.

A história dos conceitos põe em evidência, portanto, a estratificação dos significados de um mesmo conceito em épocas diferentes. Com isso ela ultrapassa a alternativa estreita entre diacronia ou sincronia, passando a remeter à possibilidade de simultaneidade da não-simultaneidade que pode estar contida em um conceito. Dito de outra maneira, ela problematiza algo que faz parte das premissas teóricas da história social, ao avaliar as diferenças de curto, médio ou longo prazo, ao sopesar as diferenças entre acontecimentos e estruturas. A profundidade histórica de um conceito, que não é idêntica à sequência cronológica de seus significados, ganha com isso uma exigência sistemática, a qual toda investigação de cunho social e histórico deve ter em conta⁵¹.

⁵⁰ A exigência da relação entre o conceito e a palavra é aqui considerada, principalmente, nas sociedades ocidentais modernas. Obviamente que um historiador que trabalhe com história oral ou das mentalidades questionaria essa relação como sendo uma relação necessária, uma vez que posso admitir um conceito associado a um gesto, por exemplo, em que não necessito de uma palavra que o expresse.

⁵¹ Koselleck, 2006, p. 115.

Posto isso, a história dos conceitos assume uma posição a priori no exame da história social. A história social, ao querer proceder de maneira precisa e sem desvios deve fazer uso da história dos conceitos, uma vez que as premissas teóricas exigem posicionamento de natureza estrutural. A ausência de um objeto específico para o historiador faz com que ocorra uma divisão entre as ciências sociais e humanas, distinguindo-se a história apenas por seus métodos e normas e que conduzem apenas a resultados, quando muito, comprováveis. É por isso que se faz necessário que o exame externo (histórico) ocorra junto ao cotejamento com a análise interna do programa de pesquisa estudado.

As noções de progresso, decadência, aceleração, retardamento entre outras, são tributárias, para Koselleck, da combinação de três elementos das estruturas temporais alcançados pela história: (1) A irreversibilidade dos eventos, o antes e o depois em suas diferentes circunstâncias de desenvolvimento; (2) A capacidade de repetição dos eventos, seja por meio de uma suposta identidade entre eles, seja quando o termo se refere ao retorno de determinadas constelações de fatos, ou ainda por meio de uma relação tipológica e/ou figurativa entre os eventos; (3) A simultaneidade da não-simultaneidade; em uma mesma cronologia do tempo, falamos de diferentes níveis de transcurso histórico. Em eventos não simultâneos, o discurso histórico conceitual tem o poder de os tornar simultâneos.

2.5. Da relação entre o evento e a estrutura

Tratar historicamente determinado conceito fora da estrutura (longa duração) implica na defesa de que a história dos conceitos não possui objetividade, devido ao relativismo dos conceitos na curta e média duração. O conceito moderno de revolução não pode ser atribuído apenas a determinado evento ou conjunto de eventos, mesmo que localizemos tais eventos como de maior importância na constituição do conceito. Não podemos esperar regularidade no conceito de átomo olhando apenas para a conjuntura em que Dalton formula sua teoria (seus experimentos e hipóteses) e a partir daí

generalizar para o conceito moderno que assumiu o termo átomo. Deve-se olhar para além dos trabalhos de Dalton, e é necessário uma visão geral de como a ciência do final do século XVIII e durante o século XIX entende o conceito de átomo para aí sim, uma vez que coincida com o conceito tratado por Dalton, fazer o caminho inverso, do conceito científico-social constituído na longa duração ao conceito individual. Koselleck entende a estrutura nos seguintes termos:

(...) são entendidas como estrutura – em relação à sua temporalidade – aquelas circunstâncias que não se organizam segundo a estrita sucessão dos eventos passados. Elas implicam maior duração, maior estabilidade, alterando-se em prazos mais longos⁵².

Narrar um evento pressupõe elementos de anterioridade e posteridade necessários à própria estrutura narrativa, porém, adverte Koselleck que essa necessidade se torna menos importante na descrição de estados ou situações de longo prazo, motivo pelo qual, abduco neste trabalho da narração de maneira descritiva dos trabalhos de Santiago Ramón y Cajal e de seus opositores como eixo central no trabalho, uma vez que não estou em busca do resgate da cronologia de seus trabalhos. O que se pretende é examinar a maneira como se formam os conceitos determinantes para a constituição da teoria neuronal. A garantia de objetividade na narrativa do evento é dada por um contexto estrutural que garanta coerência histórica e coadune com os resultados obtidos no exame interno. Cito Koselleck:

(...) as consequências estatísticas temporais nutrem-se de eventos concretos e individuais, dotados de um tempo próprio, mas que só adquirem significação por força de uma perspectiva estrutural de longo prazo. Narração e descrição se ajustam de modo que o evento se torna um pressuposto para proposições estruturais⁵³.

⁵² Idem, p. 135.

⁵³ Idem, p. 137-8.

O processo de gradação e estratificação na análise do historiador pode se constituir tanto no evento isolado como na história universal. É a coerência sistemática que garante a objetividade da narrativa, e quanto mais coerente e maiores os intervalos estruturais, menos se assume o compromisso, por parte do historiador, de se narrar os eventos em ordem cronológica. Não é a certeza de que Ramón y Cajal realizou exatamente os experimentos sobre o cerebelo antes dos experimentos com a fibra muscular que garantem, na análise da estrutura histórica, a objetividade nas interpretações sobre a teoria subjacente aos experimentos em questão.

Faço mais uma consideração sobre os eventos. Em história da ciência é lugar comum, embora, na opinião expressa aqui essa seja uma visão errônea, se atribuir a determinadas experiências o papel de protagonistas na manutenção ou substituição de teorias. Um historiador da ciência com esse posicionamento poderia dizer que foram os experimentos realizados por Schleiden e Schwann, respectivamente, nos tecidos vegetais e animais, suficientes para a formulação da teoria celular, não dependendo de nenhum fator externo ao laboratório em que tais experimentos foram realizados. Os experimentos que permitiram a formulação da teoria celular poderiam ser tratados como eventos isolados. Dessa maneira seria completamente irrelevante uma história da teoria celular que descrevesse qualquer ocorrência, temporalmente, fora do contexto em que os experimentos ocorreram, uma vez que não aumentam o poder explicativo, historicamente falando, sobre a gênese da teoria celular. Tal modelo historiográfico é muito pobre em termos explicativos, além do que, o exame é por essência, histórico, e procedendo dessa maneira se desvia e recusa-se a aceitar a historicidade do fenômeno em questão completamente. Imagine um físico que se proponha a explicar o movimento de determinado planeta, mas para tal recuse qualquer formulação matemática, observação ou mesmo qualquer teoria mecânica proposta pela Física, exigindo apenas a relação topológica entre a forma de determinada estrutura com outro fenômeno não-físico qualquer. Ele explicará o movimento do astro? Nagel⁵⁴ diria que sim, é possível, o que não significa que ele dê uma explicação científica para o ocorrido. No exemplo, se

⁵⁴ Ernest Nagel (1901-1985) filósofo da ciência americano. (Nagel, 1968).

consideramos apenas os eventos em um exame histórico da ciência, estaríamos fazendo o mesmo. Explicaríamos o ocorrido, mas em nenhum momento estaríamos explicando fazendo alusão a questões que considero relevantes à história e filosofia da ciência. Koselleck adverte para o perigo em se atribui maior conteúdo de realidade ao evento:

Seria errôneo querer atribuir aos eventos um conteúdo maior de realidade do que às assim chamadas estruturas, só porque os eventos, no desenrolar concreto de um acontecimento, permanecem atados ao antes e ao depois ligados à cronologia natural, empiricamente verificável. A história seria diminuída, se ela se obrigasse somente à narração, em detrimento de uma análise de estruturas cuja efetividade está em outro nível temporal, não sendo menor por isso⁵⁵.

A alternância dos níveis temporais deve se constituir por meio de pressupostos teóricos, não empíricos. Não é possível afirmar que o experimento A se constitui como condição ligada e gerada na estrutura ou que o experimento B é contingente e pode assim ser desprezado, sem a adoção de pressupostos teóricos que permitam ao exame operar internamente tal julgamento. Que fenômenos podem se tornar eventos, que eventos devem ser integrados à trama da história passada? Espero responder a essas questões ao delimitar os eventos que considero relevantes para entender a constituição da teoria neuronal, tão importante na constituição da neurociência como ciência autônoma no cenário contemporâneo da ciência Ocidental.

2.6. Síntese metodológica: a metodologia das orientações de pesquisa

A utilização da metodologia dos programas de pesquisa de Lakatos articulado com a metodologia da história dos conceitos apresenta os seguintes problemas: (1) um programa de pesquisa exige a caracterização das teses que se referem ao núcleo e à periferia do programa. Em um contexto de pesquisa em que não se possa diferenciar de

⁵⁵ Koselleck, 2006, p. 140.

maneira clara essas zonas periféricas e centrais, a diluição da força da heurística positiva e da heurística negativa torna-se condição provável⁵⁶; (2) A filiação entre a história dos conceitos e a metodologia dos programas de pesquisa atende à necessidade de dar conta do papel secundário atribuído ao exame histórico pelo método de Lakatos. A metodologia da história dos conceitos abarca os limites do que possam ser designados por história interna e externa.

Proponho o uso da história dos conceitos sob os seguintes aspectos para a condução da pesquisa: (1) O problema apontado acima sobre a dificuldade em se delimitar as zonas nucleares e periféricas quando do uso da metodologia dos programas de pesquisa impõe condições de contorno que poderiam ser resolvidas com a adoção da noção de programas disciplinares proposta por Lenoir. Porém, a constituição dos programas disciplinares pressupõe a disciplina em questão⁵⁷. Defendo uma posição intermediária entre a formação de um programa de pesquisa e um programa disciplinar. A noção de uma *orientação de pesquisa* constituiria essa condição intermediária; como um processo de formação de conceitos interno à atividade científica, mas que não exija nem um programa de pesquisa nem a caracterização de disciplina alguma⁵⁸. Uma

⁵⁶ Esse problema surgiu quando, ao examinar a tese de que o suposto programa de pesquisa neuronal e seu rival, o programa reticular, representavam uma re-edição da controvérsia entre os programas de pesquisa localizacionista e holista, essa tese não se mostrava adequada. Ao examinar as fontes, a distinção entre localizacionistas e holistas é mais fraca e oscilatória que a pretendida quando examinada à luz da metodologia dos programas de pesquisa. Um exemplo é que há autores que seguem uma orientação localizacionista quando examinam anatomicamente determinada estrutura e, ao examinar funcionalmente, adotam uma orientação holista (capítulo 8).

⁵⁷ Mesmo que o exame seja anterior ao processo de formação de disciplinas, a ideia dos programas disciplinares pressupõe a disciplina como resultado dos conflitos na atividade científica.

⁵⁸ Uma orientação de pesquisa pode operar dentro de disciplinas e/ou programas de pesquisa, mas se caracteriza principalmente por oscilar entre ambos. O conceito de localizacionismo no século XIX é um exemplo de um conceito que opera como uma orientação de pesquisa. A amplitude do que se entende por localizacionismo (o enunciado geral estabelece a relação entre a função e dada estrutura do organismo; na presente pesquisa se fará referência a relações entre função e estrutura exclusivamente no sistema nervoso, mas a relação pode ser deslocada a qualquer estrutura orgânica) é inflacionada de tal forma que dificilmente é possível designar algum cientista do século XIX como sendo rigorosamente um localizacionista. O conceito assume uma forma de categoria orientadora, estabelecendo um limite ao que antecede a pesquisa. Um pesquisador que siga uma orientação localizacionista, antes mesmo de iniciar sua investigação, pressupõe em alguma medida, a relação entre a forma e a função. A formação dessa categoria limitante do conceito que opera na orientação de pesquisa exige, geralmente, um limite contrário ao imposto por si. O conceito antitético assimétrico assume esse papel. No exemplo do

orientação de pesquisa possui a heurística, que não se confunde com o programa de pesquisa, e que não necessita de uma disciplina que a endosse.

O conceito de plasticidade opera de maneira oscilatória nas disciplinas, tais como a fisiologia e a anatomia, ou mesmo em disciplinas em formação (histologia), e será o conceito orientador do conceito de neurônio formulado por Santiago Ramón y Cajal. O conceito de neurônio, por sua vez, se constitui como conceito primário para a formulação das teses que compõem a teoria neuronal.

A formação do conceito de neurônio representa, portanto, o núcleo da teoria neuronal em relação ao conceito de plasticidade, sem o qual, o conceito de neurônio seria distinto do estabelecido a partir dos trabalhos de Ramón y Cajal. Na figura 2 apresento um esquema de como se organizam os conceitos de plasticidade e de neurônio à luz da metodologia das orientações de pesquisa.

conceito de localizacionismo, o seu conceito antitético assimétrico é o conceito de holismo. Os conceitos que operam na orientação de pesquisa, quase sempre, se apresentam aos pares (conceitos antitéticos assimétricos), mesmo quando um dos conceitos se torne hegemônico. Um exemplo de conceito hegemônico é o conceito de plasticidade na segunda metade do século XIX. Nas pesquisas sobre o sistema nervoso na segunda metade do século XIX, o conceito de plasticidade opera como um conceito orientador da pesquisa. O conceito de plasticidade é uma expressão da noção de transformismo e o conceito antitético assimétrico deveria ser qualquer termo que se refira à noção de fixismo. Porém, uma vez que no período em questão o conceito de plasticidade é hegemônico nos estudos sobre o sistema nervoso, não farei ao longo da tese referência a nenhum conceito que expresse a noção de fixismo como um conceito antitético assimétrico do conceito de plasticidade.

Figura 2: Visão esquemática da relação entre a orientação de pesquisa e o conceito primário de neurônio, a partir de conceitos antitéticos assimétricos (localizacionismo e holismo). O conceito de plasticidade opera sob a orientação de pesquisa dos autores do período examinado. A teoria neuronal em si não se associa diretamente ao conceito de plasticidade, dessa maneira, para um adepto da teoria neuronal não é necessário o compromisso com a noção de plasticidade.

3. O sistema nervoso elétrico e o problema do que é constituído o tecido nervoso

3.1. Início do século XIX: Contexto geral

O final do século XVIII representou um período de ruptura nas estruturas sociais e políticas na Europa. Embora a tendência a ver as mudanças ocorridas na Europa como uma modificação em todo o mundo seja uma visão etnocêntrica, obviamente não podemos deixar de reconhecer que eventos no campo político-social como a independência dos Estados Unidos em 1776, a revolução francesa em 1789 e seus desdobramentos até o que Eric Hobsbawm chamou de *dupla revolução* em 1848, além da revolução industrial inglesa, representaram um impacto em quase todo mundo ocidental. Em termos políticos e ideológicos, foi a revolução francesa que obteve um maior impacto, até mesmo nos países islâmicos⁵⁹.

*A revolução francesa foi, como se disse bem, o primeiro grande movimento de ideias da cristandade ocidental que teve qualquer efeito real sobre o mundo islâmico*⁶⁰.

As causas da revolução francesa encontram-se na situação específica da França no período anterior à eclosão da revolução, ponto esse que parece não encontrar divergência entre os intérpretes do período. Mas, visto de uma perspectiva global, a tensão entre os interesses estabelecidos no antigo regime entre as estruturas oficiais e as forças sociais emergentes eram mais agudos na França do que em outros países da Europa. A França assumiria, desta maneira, o papel de símbolo da negação e combate ao antigo regime. Cito Hobsbawm:

⁵⁹ Tabakoglu, 2008.

⁶⁰ Hobsbawm, 1977, p. 73.

*Todos os planos para a libertação europeia até 1848 giravam em torno de um levante conjunto dos povos, sob a liderança dos franceses, para derrubar a reação europeia; e, depois de 1830, outros movimentos de revolta nacional e liberal, como o italiano e o polonês, também tenderam a ver suas nações em certo sentido como o messias destinado por sua própria liberdade a iniciar os planos libertários de todos os outros povos*⁶¹.

Se a revolução francesa exerceu tamanha influência na primeira metade do século XIX na constituição do pensamento moderno, outro evento moldaria o cenário dos países europeus e posteriormente do mundo contemporâneo, a revolução industrial inglesa. Na primeira metade do século XIX, a indústria do algodão é a primeira a se desenvolver, conforme análise de Hobsbawm:

*Até a década de 1830, o algodão era a única indústria britânica em que predominava a fábrica ou o engenho; a princípio (1780-1815), principalmente na fiação, na cardação e em algumas operações auxiliares, depois (de 1815) também cada vez mais na tecelagem*⁶².

Uma consequência considerável no processo (r)evolucionário na economia a partir do desenvolvimento industrial se refere à mobilização e transferência de mão-de-obra do campo para as cidades, implicando um aumento considerável da população não rural. Outro setor que se desenvolveu muito rapidamente em meados do século XIX foi o setor ferroviário. Por volta de 1830, em todo o mundo não havia mais do que algumas dezenas de quilômetros de ferrovias, sendo que a linha Liverpool-Manchester constituía a linha central. Nos anos 1850 o número já passava dos 37 mil. Esse período de rápida expansão ficou conhecido como as *coqueluches ferroviárias*. Quanto ao crescimento das cidades,

⁶¹ Idem, p. 84.

⁶² Idem, p. 53-54.

O rápido crescimento das cidades e dos agrupamentos não agrícolas na Grã-bretanha tinha há muito tempo estimulado naturalmente a agricultura, que felizmente é tão ineficiente em suas formas pré-industriais que melhorias muito pequenas – como a racional atençãozinha à criação doméstica, ao revezamento das safras, à fertilização e à disposição dos terrenos de cultivo, ou a adoção de novas safras – podem produzir resultados desproporcionalmente grandes. Essa mudança agrícola tinha precedido a revolução industrial e tornou possível os primeiros estágios de rápidos aumentos populacionais, e o ímpeto naturalmente continuou, embora as atividades agrícolas britânicas tivessem sofrido pesadamente com a queda que se seguiu aos preços anormalmente altos das guerras napoleônicas. Em termos de tecnologia e de investimento de capital, as mudanças de nosso período foram provavelmente bastante modestas até a década de 1840, o período em que se pode dizer que a ciência e a engenharia agrícolas atingiram a maturidade. O vasto aumento na produção, que capacitou as atividades agrícolas britânicas na década de 1830 a fornecer 98% dos cereais consumidos por uma população duas a três vezes maior que a de meados do século XVIII, foi obtido pela adoção geral de métodos descobertos no início do século XVIII, pela racionalização e pela expansão da área cultivada⁶³.

Uma característica que marca o antigo regime (período pré-revolução francesa) é a ideia nuclear de uma igualdade natural. Os desdobramentos na economia decorrentes da revolução industrial coadunam com as condições sociais decorrentes do ‘rompimento’ com o antigo regime pós-revolução francesa. Para Hobsbawm, as mudanças apontadas acima são mais tributárias de condicionantes sociais que tecnológicos. A condição dos homens na sociedade do antigo regime é determinada por meio do nascimento. Há na estrutura social a aceitação de direitos naturais que configuram e ao mesmo tempo justificam a desigualdade natural, a começar pelo direito natural e divino do rei em governar⁶⁴. Com o desenvolvimento econômico de uma classe

⁶³ Idem, p. 64-65.

⁶⁴ Um bom exame do Estado absolutista encontra-se em Perry Anderson, *Linhagens do Estado absolutista*, editado pela brasiliense em 2004.

burguesa, a ideia de direito natural por via do nascimento é posta em xeque, somente sendo justificável a distinção pela via do trabalho. As ideias revolucionárias na França defendem a noção de que é possível criar um ordenamento geral acima dos costumes, ou seja, a lei passa a ser responsável por produzir justiça. O Estado, nesse novo ordenamento, se torna mantenedor da lei e da ordem, acima dos costumes locais. A nova ordem não nega o direito natural, mas não mais se aceita que os costumes sejam parâmetros desse direito natural, fazendo-se necessário uma normatização que justifique o direito natural.

A lei positiva⁶⁵, à maneira como se configurou na revolução francesa, se pretende responsável por gerar justiça na sociedade em oposição à manutenção dos costumes em prol do bem comum. Importante estabelecer que, no debate, a lei (tributária da razão) não nega os costumes (tributário dos hábitos). O direito de igualdade natural entre os homens foi primordial na oposição ao antigo regime, o que não impediu a burguesia de ressignificar critérios de participação política e social.

O século XIX viu nascer na literatura o ‘grande romance’; a característica central desses romances era, por meio da narrativa da vida de algumas personagens, alcançar a totalidade do ser. Em alguns momentos do exame lançarei mão de exemplos literários, uma vez que considero ser de grande importância os vestígios subtraídos da produção artística em cada época. A produção literária no século XIX representa momentos de fértil desenvolvimento. Um dos representantes dessa literatura foi Charles Dickens (1812-1870). Um bom retrato do quão precária era a situação social da França pré-revolucionária nos é mostrado por Dickens em seu romance *Um conto de duas cidades* de 1859, onde o narrador descreve a situação de pobreza uma década antes da revolução:

(...) as crianças tinham rostos de anciões e vozes graves; e nelas e nos rostos adultos, lavrada em todos os sulcos de velhice e aflorando a todo instante, estava a marca, a fome.

⁶⁵ É importante ressaltar que o termo usado aqui ‘lei positiva’ não se refere ao termo associado à filosofia de August Comte (1798-1857), embora, haja pontos de convergência. Refiro-me a lei positiva no sentido de uma lei operando racionalmente em oposição a uma lei baseada nos costumes.

Predominava em todos os cantos. A fome era posta para fora das casas altas, nas roupas pobres penduradas em postes e fios; a fome estava embutida nelas com palha e farrapos e madeira e papel; a fome se repetia em todos os fragmentos da módica quantidade de lenha que o homem serrava; a fome descia as chaminés sem fumaça e subia a rua imunda em cujo lixo não havia nenhum pedaço de carne comestível. A fome estava inscrita nas prateleiras do padeiro, escrita em cada pãozinho de seu estoque reduzido de pão ruim; na salsicharia, em cada preparado de carne de cão posto à venda. A fome chacoalhava seus ossos secos junto com as castanhas torradas no cilindro giratório; a fome se despedaçava em átomos com cada tigela insignificante de lascas grossas de batata, fritas em relutantes gotas de óleo⁶⁶.

Dickens era inglês e nasceu no ano de 1812, ou seja, posterior aos eventos narrados em sua obra, além do que, trata-se de uma obra de ficção. Dickens não fez história, mas apesar de todas ressalvas, o romance deixa vestígios do momento em que é concebido, o que certamente podem ser inspecionados pela história. Dickens retratou como poucos as consequências da revolução industrial na Inglaterra em romances como *Oliver Twist* (1837-1839), *David Copperfield* (1849-1850), *Tempos difíceis* (1854), entre outros. Na passagem acima do romance *Um conto de duas cidades*, vê-se um retrato da condição em que se encontrava a população não nobre da França no século XVIII. Em um trabalho não ficcional, o historiador Edward Palmer Thompson (1924-1993) descreve uma situação não muito diferente na constituição do mundo industrial, que atribui veracidade aos acontecimentos narrados por Dickens.

O romance literário, desenvolvido principalmente na Alemanha, tem entre suas faces a oposição aos princípios de racionalidade próprios da ilustração na mentalidade do século XVIII. O termo ‘romance’ se refere ao pitoresco, ao que não está subordinado à razão. Tal noção dialoga com essa sociedade industrial em formação no final do século XVIII e início do século XIX.

⁶⁶ Dickens, 2010, p. 45.

Entendo que a consequência nuclear da transição do antigo regime para a sociedade industrial no século XIX é a formação de uma sociedade do contrato em contraste a uma sociedade de costumes, embora essa divisão não se configure de maneira totalmente clara, uma vez que a defesa do uso da razão não pressupõe a exclusão do fator emocional e habitual da vida sócio-política em uma sociedade.

No que se refere ao desenvolvimento das ciências, uma sociedade que zele pelo uso da razão encontrará nas ciências naturais um campo fértil para se agarrar, daí o status alcançado pelas ciências nessa sociedade industrial⁶⁷. As consequências da revolução francesa nas ciências são notadamente marcadas na criação de órgãos que possibilitaram o avanço técnico-científico.

A revolução francesa transformou a educação técnica e científica de seu país, principalmente devido à criação da Escola Politécnica (1795) – que pretendia ser uma escola para técnicos de todas as especialidades – e do primeiro esboço da Escola Normal Superior (1794), que seria firmemente estabelecida como parte de uma reforma geral da educação secundária e superior por Napoleão⁶⁸.

Ao que segue Hobsbawm,

(...) o universo das ciências se ampliou para abraçar países e povos que até então só tinham dado contribuições insignificantes. A lista de grandes cientistas de digamos, 1750, contém muito poucos que não sejam franceses, britânicos, alemães, italianos e suíços⁶⁹. (...) A era da itinerante celebridade internacional que, como, Euler, viajou da Basileia a

⁶⁷ Esse status não tem origem no século XVIII, mas sim com a chamada revolução científica que ocorre nos séculos XVI e XVII, principalmente nas ciências naturais a partir dos trabalhos de Nicolau Copérnico (1473-1543), Galileu Galilei (1564-1643), Isaac Newton (1643-1727) entre outros. Sobre a revolução científica ver: Butterfield, 1992; Harré, 1976; Henry, 1998; Koyré, 1982, 1986.

⁶⁸ Hobsbawm, 1977, p. 303.

⁶⁹ Michel Serres (1930 -), em seu ensaio *Paris 1800* apresenta uma lista dos principais nomes das ciências em cada área de atuação no período apontado por Hobsbawm que reitera a afirmação do historiador inglês. Ver Serres, 1994, p. 170-171.

São Petersburgo, e daí para Berlim, voltando à corte de Catarina a grande, passou com os velhos regimes. Daí em diante, o cientista permaneceria dentro de sua área linguística, exceto para pequenas visitas, comunicando-se com seus colegas através dos jornais especializados, tão típicos produtos deste período: as atas da Real Sociedade (1831), as Comptes Rendues de L'Academie des Sciences (1837), as atas da Sociedade Filosófica Americana (1838), ou as novas revistas especializadas tais como o Journal für Reine und Angewandte Mathematick, de Crelle, ou os Anais de Química e Física (1797)⁷⁰.

O racionalismo, próprio da ciência iluminista no século XVIII, operando internamente na sociedade pós-revolução francesa encontraria terreno favorável ao surgimento das instituições apontadas por Hobsbawm acima, o que constitui a legitimação do ideal de ciência que vigoraria até os dias de hoje. É necessário agora direcionar o exame para os trabalhos científicos que apontariam no século XVIII para os problemas no que se refere à constituição do sistema nervoso. O panorama apresentado nessa seção objetiva encaminhar a análise para o que considero o período de formação da mentalidade peculiar ao início do século XIX especificamente no que se refere aos modelos mecânicos-estruturais do sistema nervoso.

3.2. As ciências no final do século XVIII na Europa

A ciência do século XVIII pode ser compreendida, parcialmente, a partir dos desdobramentos da chamada revolução científica⁷¹ iniciada no século XVI a partir da publicação do livro *A revolução dos orbes celestes* em 1543 de autoria de Nicolau

⁷⁰ Hobsbawm, 1977, p. 304.

⁷¹ Intérpretes da revolução científica tendem a atribuir maior ou menor valor ao trabalho de Copérnico. Alexandre Koyré (1882-1964), por exemplo, se refere às observações e conjecturas de Copérnico como um trabalho não tão revolucionário como o foi o de Galileu. Outro importante analista do período, Herbert Butterfield (1900-1979), reconhece como ponto de inflexão entre a dita Física moderna e a Física aristotélica o exame de experiências feitas por Galileu no que concerne à noção de inércia, em oposição às noções aristotélicas em que não se admitia a existência do vácuo. Dentro dessa análise, retira-se do mundo material a noção de causa final em detrimento de uma noção de causa eficiente.

Copérnico (1473-1543), mesmo ano da publicação do *De Humani Corporis Fabrica* de Andreas Vesalius (1514-1564), obra considerada inaugural da anatomia moderna. Com a interpretação cristã da filosofia natural de Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) pelo cristianismo, pode-se pontuar alguns elementos constitutivos da cosmologia cristã: (1) Divisão do mundo em dois domínios: supralunar e sublunar; (2) Dogma geocêntrico (Ptolomeu); (3) Dogma do movimento circular e uniforme (Platão); (4) Separação entre ciência e matemática; (5) Incompreensão da noção de inércia.

Dos cinco pontos acima, somente o segundo será contrariado por Copérnico, embora na publicação de sua obra conste, no prefácio⁷², uma nota em que o autor nega sua hipótese, a de que o sol ocupe um lugar fixo no centro do universo ao invés da terra, e deva ser levado em consideração quanto à verdade da afirmação e sim apenas como uma hipótese.

Como, porém, se apresentam por vezes diferentes hipóteses para explicar um e mesmo movimento, por exemplo, a excentricidade e um epiciclo para o movimento do Sol, o astrônomo preferirá aquela que for mais fácil de compreender. Um filósofo procurará talvez mais a aparência da verdade, mas nenhum dos dois atingirá ou transmitirá algo de certo a não ser que estas novas hipóteses, entre tantas outras antigas, em nada mais verossímeis, se tornem conhecidas, sobretudo porque são admiráveis e, ao mesmo tempo, fáceis, trazendo consigo ingente tesouro de observações doutíssimas. E ninguém espere da Astronomia qualquer coisa de certo no que respeita a hipóteses porque ela nada pode garantir como tal. Assim não se afastará desta ciência mais ignorante do que veio, como aconteceria se tomasse como verdadeiras meras hipóteses. Adeus⁷³.

⁷² Uma hipótese para a existência desse prefácio é que Copérnico teria solicitado ao seu aluno e amigo Georg Joachim von Lauchen (1514-1574), mais conhecido por Rheticus, um parecer sobre a obra e Rheticus, por estar em uma viagem, teria solicitado uma ajuda ao teólogo luterano Andréas Osiander (1498-1552). Dessa forma, Osiander seria o responsável pelo prefácio sem o consentimento de Copérnico.

⁷³ [Osiander] Copérnico, 1996, p. 02.

Os outros quatro pontos serão sistematicamente esclarecidos nas obras de Kepler, Galileu e principalmente Newton, onde se considera o ponto máximo da revolução científica.

Koyré atribui a esse momento revolucionário nas ciências, como causas, uma mudança em um programa de pesquisa metafísico e não, como a literatura especializada recorrentemente interpreta, consequências do uso da experimentação⁷⁴. Teria sido a separação entre o mundo natural (criado por Deus, mas regido por leis fixas) e o mundo sobrenatural, a responsável pelo processo o qual passaria o pensamento científico nos séculos XVI e XVII. Uma natureza matematizável, em que por meio da razão se pudesse conhecê-la e dominá-la. Um argumento recorrente para aqueles que defendiam a nova ciência, mas não queriam contrapor-se à igreja, pode ser encontrado na defesa feita pelo monge dominicano Tommaso Campanella (1568-1639) de Galileu em 1622, quando o mesmo era acusado pela igreja católica por defender o copernicanismo.

De fato, Deus criou o homem a fim de que o conhecesse, e conhecendo-o, o amasse, e amando-o, dele gozasse; por essa razão, o homem foi criado dotado de sentidos e de razão. Ao contrário, se é verdade que a razão é feita para as ciências, se o homem não utilizar este dom de Deus segundo o projeto divino, agiria contra a ordem natural de Deus – como costuma observar Crisóstomo – como se não quisesse utilizar os pés para caminhar⁷⁵.

A tentativa de justificar a ciência em concordância com os valores religiosos exigia a separação daquilo que a razão pode conhecer e aquilo que é de domínio exclusivo de Deus. A ciência deveria ser justificada, sem, no entanto, negar a Deus o papel de criador. Ao lado de René Descartes (1596-1650), Francis Bacon (1561-1626) foi uma das figuras mais importantes na constituição filosófica desse pensamento dito

⁷⁴ A tese de Koyré foi revista pela historiografia da ciência. Elementos experimentais, tais como, os resultados das observações de Tycho Brahe (1546-1601) depõem contra a noção de que a revolução científica seja tributária tão somente de causas metafísicas. Para uma análise da relação entre Brahe e Kepler ver: Tossato, 2000; 2004.

⁷⁵ Campanella, 2001, p. 82.

racionalista-cientificista nos séculos XVI e XVII. Em Bacon, vê-se um exame da noção de avanço do saber, o progresso. O conhecimento da natureza, para Bacon, não constitui contradição com a fé cristã, muito menos pecado. A promessa de redenção que Deus deu ao homem e que foi perdido na criação é o domínio sobre a natureza, ou seja, o poder de dominar a natureza se configura como a vontade de Deus. Podemos ver uma semelhança no argumento de Bacon com o apresentado por Campanella. Segundo Bacon, a noção de ‘conhecimento esgotado’ constitui um dano ao homem, uma vez que ou sabe-se tudo ou não é possível conhecer⁷⁶. Bacon considera a falta do método científico a principal fragilidade da ciência pré-moderna. O filósofo reconhece a importância da investigação da natureza na história do conhecimento, o que não significa uma contradição a sua proposta de um início radical, a partir do zero, no exame da natureza, mediado pelo método científico. Em seu livro *Novum Organum* (novo órgão), o método é visto em analogia com as artes mecânicas, como um instrumento.

Nosso método, contudo, é tão fácil de ser apresentado quanto difícil de se aplicar. Consiste em estabelecer os graus de certeza, determinar o alcance exato dos sentidos e rejeitar, na maior parte dos casos, o labor da mente, calcado muito de perto sobre aqueles, abrindo e promovendo, assim, a nova e certa via da mente, que de resto, provém das próprias percepções sensíveis. Foi, sem dúvida, o que também divisaram os que tanto concederam à dialética. Tornaram também manifesta a necessidade de escoras para o intelecto, pois colocaram sob suspeita o seu processo natural e o seu movimento espontâneo⁷⁷.

A marca da filosofia moderna expressa no pensamento de Bacon (introdução do fundamento e método) configura a ordem do saber e do avanço do saber do presente ao futuro. Bacon admite como pilares da providência, a fé e a caridade. A caridade, entendida aqui como a finalidade de diminuir o sofrimento do outro, se constitui no

⁷⁶ Bacon, 2005; 2007.

⁷⁷ Bacon, 2005, p. 11-12.

domínio da natureza e da fortuna. Logo, essa posição somente seria alcançada pelo homem a partir do progresso da ciência e das técnicas⁷⁸.

A influência que o pensamento baconiano exerceria na ciência nos séculos XVII e XVIII foi considerável. Um exemplo dessa influência pode ser observado em carta enviada por Albrecht von Haller (1708-1777), um dos ‘fundadores’ da fisiologia experimental no século XVIII, a Charles Bonnet (1720-1793) em que o primeiro afirmava ser a experiência e a observação a força das afirmações científicas. Segundo Russo, von Haller:

(...) atribuía a Bacon o mérito de ter aberto um caminho para o conhecimento mostrando-nos que, em vez de sonhar sobre as coisas (fazendo aqui uma alusão crítica ao racionalismo cartesiano), nós precisamos aprender a vê-las, a girá-las em todos os sentidos para melhor enxergá-las⁷⁹.

Quando utilizo o termo ‘ciência iluminista’, comumente faço referência à ciência que nasceu com a revolução científica e que tentei resgatar aqui. Refiro-me à ciência desenvolvida no século das luzes, o iluminismo. Obviamente que em um exame mais detalhado do iluminismo francês, alemão, inglês, escocês, entre outras faces do iluminismo, encontrar-se-iam peculiaridades nas ciências de cada localidade. Pretendo nesse exame apreender, de maneira geral, apenas alguns trabalhos e problemas nucleares nas ciências do século XVIII, especificamente de final do século, que permitam um entendimento ao menos suficiente e satisfatório para que possa contrapor ao que designarei nas próximas seções de ‘ciência romântica’ e que se configurou na primeira metade do século XIX.

3.3. As ciências do orgânico

⁷⁸ Devo essa linha de análise da constituição da filosofia moderna em Bacon às notas de aula da disciplina História da Filosofia Moderna, ministrado pela Professora Marilena de Souza Chauí no departamento de Filosofia da Universidade de São Paulo, em 2009.

⁷⁹ Russo, 2006, p. 96.

Na segunda metade do século XVIII as ciências físicas eram o ramo da ciência mais bem sucedido até o momento. Isso se devia principalmente ao êxito da mecânica newtoniana. O poder preditivo, a adequação empírica e a axiomatização dos princípios físicos presentes na mecânica proposta por Newton serviam de modelo às outras ciências e também ao próprio desenvolvimento das outras áreas da Física clássica⁸⁰. Um problema importante compartilhado pela Física e Química no final do século XVIII se referia à natureza do calor. Duas propostas competiam: (1) o calor era causado pelas vibrações das partes de uma substância, ou (2) o calor era um fluido imponderável, que não se podia pesar ou medir suas dimensões. Na teoria do ‘calórico’, prevalece a segunda explicação. Ambas as explicações são concebidas mecanicamente, ou por vibração de partes de algo ou pela existência de um fluido, o que possibilitaria, uma vez que pudéssemos medir as propriedades desse fluido ou das partes que vibram, uma inferência por meio das leis da mecânica. Essa tendência em atribuir propriedades e explicações mecânicas ao mundo não constituía novidade, já que conforme dito antes, a mecânica newtoniana tinha alcançado tamanha aceitação no mundo científico do século XVIII que seria natural pensar o mundo em termos mecânicos⁸¹.

Na Química, uma teoria de grande influência na segunda metade do século XVIII foi proposta por Georg Ernst Stahl (1659-1734) em meados de 1723, a teoria do ‘flogisto’, como é conhecida e descrita pelo historiador da ciência Colin A. Ronan (1920-1995):

A importância do ‘princípio do fogo’, flogisto, é que ele agia como um grande conceito unificador na Química; correlacionava grande variedade de fatos, sendo aplicável não só

⁸⁰ Não sei exatamente quando o termo ‘Física Clássica’ foi utilizado pela primeira vez, mas a Física clássica recebe a divisão em quatro grandes áreas (ao menos nos cursos de graduação essa divisão segue): Mecânica, Termodinâmica, Óptica e Eletromagnetismo.

⁸¹ Um exemplo do estatuto de verdade atribuído à mecânica newtoniana é visto na afirmação do filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804) de que à Química seria impossível alcançar o patamar de ciência em termos da Física, pois, seu caráter estritamente experimental não permitiria o grau de axiomatização obtido pela Física. (Kant, 1990).

*à combustão, mas também à respiração e à calcinação (torrefação de metais a uma alta temperatura, mas sem fusão), tornando, assim, mais compreensível todas as espécies de reações. Durante os trinta ou quarenta anos seguintes, os químicos mantiveram essa teoria com todo o vigor, até que ela se tornou de tal modo embutida no pensamento químico que um grande esforço intelectual teve de ser feito para lhe dar fim*⁸².

Nas ciências do orgânico, pesquisadores que no século XVII utilizaram o microscópio em suas investigações, tais como, Robert Hooke (1635-1703), Jan Swammerdam (1637-1680), Marcello Malpighi (1628-1694), Nehemiah Grew (1641-1712) e Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) entre outros, possibilitaram o conhecimento de um novo mundo no que concerne à investigação dos organismos. O microscópio aperfeiçoado por Leeuwenhoek possuía o poder de ampliar 270 vezes, propiciando a visualização de detalhes de até 1,5 milésimo de milímetro (Figura 3).

⁸² Ronan, 2001b, p. 122.

Figura 3: Desenho publicado em 1719 por Leeuwenhoek mostrando parte de um nervo de uma vaca ou carneiro. Um ramo do nervo principal é indicado pela letra G. (Fonte: Finger, 2000, p. 199).

A botânica foi outra das ciências no século XVIII fortemente influenciada pela mecânica newtoniana. Stephen Hales (1677-1761), notável botânico de sua época, publicou em 1727 o livro *‘Estática vegetal’*, em que apresenta seus experimentos sobre a pressão da seiva e a passagem da água através de uma planta junto à investigação sobre a ‘transpiração’ através das folhas.

Em 1747, o médico Julien Offray La Mettrie (1709-1751) escreveu *O homem-máquina*, livro em que expõe de maneira condensada toda uma visão materialista. O homem de La Mettrie nada mais é que matéria em movimento.

*Quando obedecemos a nossos instintos primitivos, não estamos cometendo um crime, mais do que o Nilo com suas inundações, ou o mar com suas devastações*⁸³.

Outra posição da filosofia natural no século XVIII frente aos estudos dos seres vivos pretendia explicar os fenômenos do orgânico atribuindo forças peculiares à matéria orgânica. Um dos fundadores da fisiologia experimental no século XVIII, Albrecht von Haller (1708-1777), determinou em seus experimentos sobre a irritabilidade e sensibilidade do corpo humano que (1) partes do corpo estimuladas se contraem, por exemplo, os músculos; (2) outras partes, ao serem estimuladas, provocam dor ou desconforto, e Haller designou-as “partes sensíveis”, constituídas pelos nervos, peles e demais tecidos; (3) e há partes indiferentes à estimulação, os tendões e as meninges⁸⁴.

Haller trabalhou sob a orientação de dois grandes pilares conceituais: (1) a proposta ontológica de distinção anatômica e funcional entre irritabilidade e sensibilidade; (2) a tese metodológica de que os estudos nessa área deveriam se dar por meio apenas da observação e experimentação.

(...) muitos de seus contemporâneos (de Haller), como por exemplo, Fouquet, acreditavam que o desenvolvimento embrionário fazia-se a partir dos chamados ‘centros sensitivos’, originando os nervos que, por sua vez, dariam origem a todas as demais estruturas que compõem as partes essenciais do animal, o que supunha que todas as partes seriam irritáveis e sensíveis. O próprio mestre de Haller, Boerhaave, admitia que a fibra nervosa seria a unidade primeira dos tecidos, dotada tanto de irritabilidade quanto de sensibilidade. Ao provar que existem partes do corpo que são insensíveis, Haller estava afirmando que existiam partes que não são inervadas e que possuíam, portanto, uma

⁸³ La Mettrie apud Ronan, 2001b, p. 153.

⁸⁴ Russo, 2006.

*outra origem que não a fibra nervosa*⁸⁵.

No tocante à Biologia, estudos sobre funções orgânicas vitais no século XVIII, movimentos voluntários e involuntários, bem como as sensações, emergem no pensamento científico do período. Diante deste cenário, as investigações experimentais sobre os nervos e músculos são questões centrais para se estabelecer uma relação causal entre a anatomia das partes do corpo animal responsáveis, no caso os nervos e músculos, pelos movimentos e sensações.

*Considerados no século XVIII como elementos de transmissão entre a alma e o corpo, responsáveis pelo movimento do corpo vivo, supôs-se que os nervos seriam percorridos por elementos sutis como ‘pneumas’, ‘espíritos animais’, ‘fluido nervoso’ e ‘ether’. Enquanto estruturas orgânicas, os nervos já haviam sido associados na filosofia mecanicista à ‘cordas vibratórias’, ‘estruturas tubulares’, ‘agregados globulares’ entrecruzados entre si e capazes de garantir a comunicação entre as diferentes partes do corpo e sua relação com o cérebro*⁸⁶.

Um ano após a publicação da dissertação de Haller, em 1765, outro eminente pesquisador, Claude Nicolas Le Cat (1700-1768) publica seu *‘Traité de l’existence de la nature et des propriétés de fluide des nerfs, et principalement de son action dans les propriétés de fluide des nerfs, et principalement de son action dans les mouvements musculaires’*. Le Cat propõe uma ação externa ao corpo e que, semelhante a um motor, esse ‘fluido universal’ em contato com a respiração chegaria aos nervos, posteriormente estimulando os músculos⁸⁷.

Se os estudos sobre a natureza dos nervos e músculos foram centrais para a

⁸⁵ Idem, p. 92.

⁸⁶ Idem, p. 94.

⁸⁷ Idem.

fisiologia no século XVIII, e defendo nessa tese que o foram, e as explicações científicas tendiam a buscar similaridade com a mecânica newtoniana em função do êxito dos trabalhos alcançados por Newton, não constitui surpresa que surgissem modelos explicativos do sistema nervoso por meio de explicações puramente mecânicas. Uma das primeiras e talvez mais importantes tentativas de concepções da matéria na modernidade à luz da Física, foi a idéia atômica na Química.

*Especulações sobre a aplicação do atomismo à Química foram encontradas em escritos anteriores, mas Boyle e outros desenvolveram-nas a um grau muito importante*⁸⁸.

A visão atômica na Química do século XVIII não se configuraria em um programa de pesquisa consolidado e consistente. De uma forma geral, a filosofia mecânica marcou a Química e Biologia⁸⁹ do século XVIII, mas mesmo diante de trabalhos como os de Robert Boyle (1627-1691) no final do século XVII, não seriam esses modelos explicativos considerados parte da nova filosofia natural. O modelo vitalista acerca dos ‘espíritos animais’, prevalecente no primeiro quarto do século XVIII, possuía um estatuto intermediário entre o corpo e alma, sendo agente de comunicação. Porém, a ideia dos ‘espíritos animais’ levantaram indubitavelmente algumas questões: (1) Como exatamente são produzidos? (2) Como eles se movem? (3) Porque espíritos ao transmitirem informação a um nervo não colidem com outros espíritos que venham em sentido oposto? (4) Quanto do ‘espírito animal’ é necessário para ‘explodir’ um músculo e de onde viria esse espírito extra? Essas e outras questões ficaram sem respostas, enfraquecendo assim a teoria.

Outro modelo em voga no século das luzes sobre a constituição do sistema

⁸⁸ Carlson & Simpson, 1969, p. 102.

⁸⁹ O termo biologia aparece pela primeira vez em uma nota de rodapé de uma publicação médica em 1800 (Coleman, 1983, p. 09). A referência à biologia nos séculos anteriores ao XIX se refere ao conjunto das ciências do orgânico, incluindo às vezes, as ditas ciências médicas e biomédicas, uma vez que estas duas últimas também se institucionalizaram no século XIX.

nervoso ficou conhecido como o modelo hidráulico. Discussões sobre bombas, estudos em fisiologia das plantas e do movimento dos líquidos nas plantas, além de diversos estudos em laboratório sobre fenômenos como o movimento ascendente de líquidos por capilaridade em pequenos tubos ou finos túbulos de diferentes tamanhos e materiais, foram propulsores do ‘modelo hidráulico’. Os trabalhos de William Harvey (1578-1657) um século antes sobre o movimento sanguíneo nos animais encorajaram esse modelo de explicação do sistema nervoso.

*O cérebro e os nervos podem ser considerados um sistema circulatório semelhante ao sistema cardiovascular e interagir com ele. O grande fluxo de sangue ao cérebro permitiu ao córtex, como uma glândula, produzir grandes quantidades dos espíritos animais*⁹⁰.

O modelo hidráulico não exclui a existência dos ‘espíritos animais’, que nesse caso operariam mecanicamente como um fluido qualquer em uma tubulação formada por nervos⁹¹. Segundo Carlson e Simpson, os termos ‘espíritos animais’ e ‘fluido nervoso’

⁹⁰ Carlson & Simpson, 1969, p. 104-5.

⁹¹ Os modelos explicativos do sistema nervoso nos séculos XVII e início do XVIII, apesar de diferirem entre si, operavam sob a orientação de pesquisa da circulação neural. Segundo Álvaro Vidal (Vidal, 1989), a primeira proposta moderna da circulação neural deve-se a Henricus Regius (1598-1679), que em seu *Fundamenta physices* (1646) apresentou a proposta (Regius foi professor de Harvey). Cito Vidal: *A simbologia do círculo, que tão decisiva foi na maneira de pensar de Harvey, iluminou as indagações anatómicas posteriores. A convicção de que qualquer fluido devia mover-se em círculos concêntricos como o sangue, conduziu a realização de interessantes investigações que hoje em dia consideraríamos cientificamente corretas. O descobrimento dos vasos quilíferos [vasos linfáticos responsáveis pela absorção de lipídios] por Gaspare Aselli (1581-1625) e a dissecação minuciosa do conduto torácico de um cachorro por Jean Pecquet (1622-1674), juntamente com os trabalhos realizados por Thomas Bartholin (1616-1680) e outros acerca dos vasos linfáticos, foram o prelúdio necessário que tornou possível, ao distinguir ambos fluidos – quilo e linfa –, conceber uma nova circulação, a da linfa.* (Vidal, 1989, p. 04-05). Sobre o modelo de Regius: *Regius baseou sua circulação neural na concepção tradicional de que através dos nervos, que estariam ocos, fluíam os espíritos animais procedentes do cérebro, cumprindo funções de caráter motor e sensorial. Posteriormente, regressavam ao cérebro e prosseguiram o movimento circular. Para sua circulação, Regius tomou de Descartes a existência de válvulas que regulavam o fluxo dos espíritos animais nos nervos, seguindo o modelo das válvulas venosas.* (Idem, p 08-09). A chamada doutrina da circulação neural pressupunha três elementos constitutivos do sistema: (1) um líquido que circulasse no sistema, o suco nervoso; (2) um sistema de canais condutores, os nervos; e (3) um órgão que funcionasse como uma bomba impulsora, o cérebro ou a dura-máter. Vidal examinou em particular a proposta de Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679). Borelli

eram utilizados como sinônimos, o que justifica a ideia de que mesmo modelos ‘puramente’ mecânicos não abriam mão da hipótese dos espíritos como agentes de comunicação.

Seguindo o caráter descritivo desse capítulo, o exame se direcionará para a fundação do que podemos chamar da Neuropsiquiatria. Porque se dirigir para problemas de neuropsiquiatria? O desenvolvimento dos estudos sobre doenças mentais exigiram conhecimentos advindos da anatomia e fisiologia do sistema nervoso. Um modelo muito aceito na Inglaterra e América foi o modelo proposto por Herman Boerhaave (1668-1738). Boerhaave afirmava que a saúde depende dos estados dos fluidos nervosos, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos.

Segundo a teoria de Boerhaave os nervos foram os primeiros dos túbulos de que o corpo foi constituído e o fluido nervoso foi constituído primeiro por partículas que, em grandes corpos moleculares, compunham os fluidos corporais grosseiros⁹².

Veremos que as questões de saúde pública e doenças mentais no início do século XIX constituíram um ponto significativo nos estudos dos modelos do sistema nervoso, principalmente a partir da constituição do modelo elétrico do sistema nervoso.

distinguiu duas substâncias como representantes do suco nervoso, o *succus nerveus* propriamente dito e o *succus nerveus nutritius*. O segundo é responsável pelo processo de nutrição. As diferentes funções atribuídas a cada substância não poderiam, segundo Borelli, ser exercidas ao mesmo tempo e pela mesma substância, daí a necessidade de distinção entre elas. Com relação aos nervos, a variedade de propostas era ainda maior (figura 4). As distintas concepções estruturais dos nervos são comumente designadas como fator de distinção entre as considerações a respeito da estrutura do sistema nervoso, principalmente, nos séculos XVII e XVIII, o que implica em um erro parcial, pois, a estrutura dos nervos compõe uma tríade de elementos que compõem o sistema, sendo necessárias considerações sobre o líquido que circula no sistema e o papel que as macro-estruturas desempenham (cérebro, medula espinhal, gânglios etc) (ver Neuburger, 1910; Clarke, 1978). Sobre o terceiro elemento do sistema nervoso, Vidal afirma: *Todo sistema circulatório necessita uma bomba que impulse o líquido que contém em seus canais. Na circulação sanguínea concebida por William Harvey o coração era o órgão encarregado de impulsar o sangue através das artérias e veias. Na circulação neural, por analogia com a função encarregada ao coração no trabalho sanguíneo, seria o cérebro e/ou a dura-máter o órgão encarregado de fazer circular o suco nervoso através dos nervos.* (Vidal, 1989, p. 45).

⁹² Carlson & Simpson, 1969, p. 105.

Figura 4. Modelo esquemático das quatro concepções estruturais dos nervos (corte transversal). **A:** Canal oco (Silvio): Vazio absoluto do nervo. Defendido por aqueles, como Silvio, que concebiam o nervo completamente oco. **B:** Agrupação de fibras sólidas (Thomas Willis). De estrutura porosa, o nervo, visto ao microscópio, parecia estar constituído por um agrupamento longitudinal de fibras sólidas separadas por espaços ocos. Thomas Willis comparou essa estrutura com a de uma cana de açúcar. Caspar Bauhin (1560-1624) e Ysbrand van Diemerbroek (1609-1674) também foram adeptos desse modelo. **C:** Agrupação de fibras ocas (Descartes). Esse modelo era o mais aceito. Alguns dos adeptos desse modelo foram Hermann Boerhaave (1668-1738), Anton van Leeuwenhoek, Lorenz Heister (1683-1758) e Haller. Descartes, frequentemente designado como grande defensor desse modelo, defendia que cada nervo estaria formado por uma reunião de tubos ocos, que continham em seu interior uma substância medular procedente do cérebro. **D:** Agrupamento de fibras porosas (Borelli). Neste modelo, o nervo é constituído por fibras preenchidas por uma substância esponjosa. Esse modelo foi proposto por Borelli em seu *De motu animalium* (1681). (Fonte: modificado de Vital, 1989, p. 35).

3.4. A proposta do modelo elétrico do sistema nervoso

Para um estudante de Biologia ou Medicina, o nome de Thomas Willis (1621-1675) talvez se mostre familiar quando se faz referencia ao *círculo de Willis*, círculo de artérias que suprem o cérebro. Thomas Willis foi um dos primeiros anatomistas de seu tempo a se dedicar a desmistificar e cunhar termos anatômicos no que se refere ao sistema nervoso, e é considerado um dos fundadores da neurociência clínica⁹³. Willis contribuiu na proposição de termos como hipocampo, tálamo, ponte, nervo óptico entre outros. Embora Willis tenha sido importante no cenário científico iluminista do século XVIII por suas contribuições à neuroanatomia, foi sua defesa de um dos modelos mecânicos de funcionamento do sistema nervoso que o tornaram conhecido em certos círculos sociais do período. Coexistiam três modelos diferentes para o sistema nervoso no século XVIII: (1) tese da existência de ‘espíritos animais’ que operam nos nervos; (2) existência de fluidos que ativavam o músculo (modelo hidráulico), modelo este do qual Willis era adepto; e (3) o modelo em que a transmissão nervosa se dava por vibração, ideia originária da teoria óptica de Newton. Os três modelos (espíritos, fluidos e vibração) possuíam fortes adeptos no meio científico da época, ao contrário do que se poderia pensar nos dias de hoje acerca da ‘excentricidade’ dessas teorias⁹⁴. Finger relata o seguinte:

⁹³ Zoltán, 2004.

⁹⁴ É importante não confundir esses três modelos funcionais do sistema nervoso com a orientação de pesquisa dada pelo conceito de circulação neural. Não há contradição entre essas teorias e a noção de circularidade no sistema nervoso. As três teorias (espíritos, fluidos e vibração de partes constitutivas do sistema nervoso) são sistemas fechados, implicando mais ou menos numa adesão a uma concepção de sistema nervoso circular. Outro ponto importante de ser destacado: as imagens da figura 4, representando esquemas estruturais de um nervo, podem, dado o arranjo conceitual que se lhe atribua, comportar qualquer uma dessas três teorias. Comumente se aceita que a teoria oriente a adesão ao modelo estrutural do nervo em questão, uma vez que a observação microscópica de um nervo no século XVII não garantia um conhecimento apurado de sua estrutura microscópica. Um ponto de vista interessante sobre a excentricidade dessas teorias está no segundo volume da obra de Max Neuburger (Neuburger, 1910).

(...) muitos cientistas (no século XVIII) ainda aderiam à noção de espíritos que atravessam nervos ocós para contrair os músculos ou transmitir impressões ao cérebro⁹⁵.

Cada uma das três teorias foram sendo submetidas a testes que implicavam sérios problemas, sendo posteriormente abandonadas⁹⁶. Uma pergunta que poderia ser feita é porque não se pensou antes das três hipóteses apresentadas acima em um modelo elétrico do funcionamento do cérebro? Embora tal questão mereça um exame mais detalhado, arriscarei uma resposta.

Com o sucesso alcançado pela mecânica newtoniana na segunda metade do século XVII, as outras ciências buscavam referenciais na Física que alçassem suas respectivas áreas de estudo ao patamar alcançado pela Física⁹⁷. Como a mecânica foi, das áreas clássicas da Física nesse período, a que primeiro desenvolveu-se, não é muito difícil imaginarmos os dois modelos fisicalistas do sistema nervoso, o modelo de fluidos e o modelo vibracional. Quanto ao modelo dos ‘espíritos animais’, se adequaria muito bem a uma orientação de pesquisa vitalista (o modelo de ‘espíritos animais’ não recusa um funcionamento mecânico), ainda mais que o vitalismo no século XVIII é presença forte na biologia. O vitalismo teria seu declínio apenas no final do século XIX. Marie François Xavier Bichat (1771-1802) foi uma forte presença vitalista no início do século XIX na França. Dutra nos dá uma explicação pontual e objetiva do vitalismo a partir de um enunciado geral⁹⁸:

⁹⁵ (Finger, 2000, p. 101). Finger faz alusão a uma filiação com a ideia de nervos ocós de maneira generalizada. O modelo que mais teve adeptos foi na verdade o modelo que concebia o nervo constituído por fibras, essas sim, ocós. Cada fibra estava separada por uma substância procedente do cérebro (figura 4, C).

⁹⁶ Para um relato mais detalhado desses problemas nos modelos anteriores ao modelo elétrico, ver: Brazier, M. *The evolution of concepts relating to the electrical activity of the nervous system*. In: Perrin, M. W. *The brain and its functions*. Oxford: Blackwell, 1958. pp. 191-222.

⁹⁷ Um bom exame dessa força da mecânica newtoniana vê-se em Pêcheux, M.; Fichant, M. *O efeito do corte galilaico na Biologia*. In: _____. *Sobre a história das ciências*. Lisboa: edições mandacaru, 1977. pp. 41-54.

⁹⁸ Trata-se de uma concepção bernardiana do vitalismo. Cito-a aqui no intuito de um enunciado geral, apesar da amplitude que se busca com isso agregar problemas históricos.

*(...) os fenômenos vitais são aqueles fenômenos possíveis apenas nas condições estabelecidas no meio interno, embora todos os tecidos que compõem o organismo sejam feitos da mesma matéria que encontramos em toda parte no mundo*⁹⁹.

Uma vez que os três modelos de explicação para o sistema nervoso possam ser inseridos em duas modalidades, uma materialista ou fisicalista (modelo dos fluídos e vibracional) e outra vitalista (modelo dos espíritos), ainda assim, isso não explica a ausência de um modelo elétrico. No século XVII um número menor (em relação aos estudos de mecânica) de cientistas estudavam eletricidade, principalmente pesquisadores que não estavam diretamente envolvidos com a Física (certamente não estou com essa afirmação desprezando os trabalhos de Cardano, Gilbert, Guericke, Du Fay entre outros desde o século XVI), talvez explique a ausência de um modelo elétrico. É provável que a analogia mecânica de outros sistemas do organismo tenha prevalecido, enquanto orientação de pesquisa, na manutenção de modelos não-elétricos do sistema nervoso. Para os fins desta pesquisa são os trabalhos de Luigi Galvani (1737-1798) que mais interessam no que concerne à descoberta da eletricidade animal. Alguns peixes (figura 5) quando em contato, causavam choques e foi Galvani quem primeiro examinou a gênese desse fenômeno elétrico. Galvani observou em seus experimentos que ocorria a contração muscular nas pernas de uma rã quando aplicava uma carga elétrica ao músculo ou nervo¹⁰⁰. A descoberta da bioeletricidade e a determinação das contrações musculares diante de uma carga se constituiriam em terreno fértil para um modelo elétrico do sistema nervoso, ponto de partida para o desenvolvimento dos estudos sobre a condução nervosa.

⁹⁹ Dutra, 2006, p. 150-1.

¹⁰⁰ Finger, 2000.

Figura 5: Peixe torpedo, conhecido como raio elétrico e a localização do ‘órgão elétrico’. (Fonte: Finger, 2000, p. 108).

3.5. O romantismo científico na primeira metade do século XIX

O historiador das ideias Franklin L. Baumer (1913-1990) atribuiu ao século XIX quatro grandes ‘visões de mundo’¹⁰¹ ou momentos orientadores no pensamento do século XIX. A mentalidade do século XIX inicia, segundo Baumer, com uma reação aos ideais iluministas que tanto marcaram o final do século XVIII no Ocidente; essa reação

¹⁰¹ O termo é do próprio Baumer. Visões de mundos aqui se referem à mentalidade, as ideias, àquilo que está na estrutura, a mentalidade de um período de longa duração (século XIX), que se reflete em eventos singulares e conjunturas, mas não se esgota nos mesmos. A tese de Baumer concorda com a escolha nessa pesquisa em tratar de fenômenos conceituais de longa duração, ou seja, pela via do exame dos conceitos (Koselleck) ou da mentalidade científica em questão. Exige-se uma análise como a feita por Baumer que nos dê suporte de ‘entrada’ no período investigado (a segunda metade do século XIX configura o recorte histórico) no presente trabalho. É importante frisar que a divisão desses quatro momentos ou visões de mundo não se dá de maneira cronológica clara nem sucessiva. Há, por exemplo, na ciência, posições românticas e neo-iluministas que coexistem na mesma conjuntura. Em determinados momentos, inclusive, me aproximarei mais do Timothy Lenoir que na obra *Strategy of life* dilui quase que por completo as distinções entre mecanicistas, vitalistas e demais designações, do que de Baumer.

ao iluminismo configurou o período romântico e se estenderia até meados de 1830. Em reação ao pensamento romântico, Baumer entende que se resgatam os ideais iluministas em uma espécie de neo-iluminismo. As outras duas ‘visões de mundos’ são o que Baumer chamou de mundo evolucionário, constituído principalmente a partir dos trabalhos de Charles Robert Darwin (1809-1882), e o *Fin-de-siècle*, o mais difícil de ser classificado, pois, se constitui nas últimas décadas do século XIX devido às profundas modificações que ocorrem no pensamento ocidental.

Na presente seção, as visões de mundo baumerianas que mais interessam são os dois primeiros ‘mundos’, o romantismo e o neo-iluminismo. Uma das hipóteses orientadoras nesta pesquisa (hipótese que será refutada) se refere à influência que a teoria celular¹⁰², proposta na década de 1830, teria sobre a proposição de uma unidade básica para o sistema nervoso. Diante disso se torna relevante o entendimento desses dois modelos de pensamento e de que maneira, caso seja possível, a proposição da unidade morfológica e funcional dos organismos animais e vegetais se configura como uma teoria romântica da natureza ou neo-iluminista. Hobsbawm se posiciona categoricamente a favor de uma das posições apontadas aqui.

A teoria celular em biologia, muito da morfologia, embriologia, filologia e muito do elemento histórico e evolutivo em todas as ciências foram primordialmente de inspiração ‘romântica’. Mas até mesmo em seu campo predileto – a biologia – o ‘romantismo’ teve finalmente que ser substituído pelo classicismo de Claude Bernard (1813-1878), fundador da fisiologia moderna. Por outro lado, mesmo nas ciências físicas e químicas, que continuavam a ser a fortaleza do ‘classicismo’, as especulações dos filósofos naturais sobre assuntos tão misteriosos como a eletricidade e o magnetismo trouxeram importantes avanços¹⁰³.

¹⁰² Discutirei melhor no próximo capítulo o desenvolvimento das teorias celulares até o modelo consagrado na década de 1830.

¹⁰³ Hobsbawm, 1977, p. 319.

Uma possível pergunta que nos pouparia alguns parágrafos seria, qual a relevância em se determinar se a teoria celular se desenvolve sob a inspiração romântica ou não, uma vez que o objeto de estudo nem é a teoria celular em si, mas a possível influência que a mesma exerceu sobre a teoria neuronal, desenvolvida décadas depois? A resposta a essa pergunta pode ser dada por duas vias, não muito distintas, mas independentes. A primeira diz respeito à divisão dos capítulos do presente trabalho, em que neste capítulo pretendo traçar pontos centrais do cenário científico do início do século XIX na Europa. Como o pensamento científico europeu na primeira metade do século XIX é marcado pelas duas correntes (romantismo e neo-iluminismo) apontadas por Baumer, considero relevante não desviar do problema, mesmo que fiquemos sujeitos ao erro de não examinar o período em questão de maneira apropriada devido o escopo de minha investigação. O outro argumento, mais forte, de certa maneira, é que no segundo capítulo, quando apresento a metodologia empregada na investigação, chamo atenção para dois momentos importantes no exame da constituição da teoria neuronal, que são a análise interna e externa¹⁰⁴. No exame externo é importante a compreensão da conjuntura que antecede os trabalhos de Santiago Ramón y Cajal e que lança luzes sobre a compreensão de sua teoria, uma vez que descartei a hipótese da(s) experiência(s) crucial na constituição do conceito de neurônio. As observações experimentais não constituíram juízo necessário e suficiente para a adoção da teoria neuronal em detrimento de sua rival, a teoria reticular, o que justifica a importância dada ao exame de

¹⁰⁴ Alguns autores ditos pós-modernos pretendem abolir tal distinção em que se alude a uma ciência interna (conceitos, teorias, enfim, o que Hugh Lacey chamou de valores cognitivos (Lacey, 1998; 2003)) em detrimento a uma ciência externa (fatores sociais da atividade científica). Embora, não concorde com uma distinção radical entre o que se pretende interno e externo na atividade científica, mantenho a designação apenas como orientação metodológica. O exame da formação conceitual de dada teoria, tal como aqui se faz, não exige a distinção entre ciência interna e externa, a menos que a pesquisa em questão se detenha sobre um desses polos integralmente, o que apenas delimitaria uma escolha na pesquisa. Na presente pesquisa, apesar de uma primeira descrição da constituição do cenário científico em que se formarão as teses sobre a constituição tecidual do sistema nervoso na segunda metade do século XIX (capítulos 3 ao 6), a segunda parte do trabalho se delimitará a examinar a formação dos conceitos caros à teoria neuronal a partir da constituição por valores tão somente cognitivos.

valores não cognitivos¹⁰⁵ nessa primeira parte da tese.

Baumer entende que se o movimento romântico nasce em oposição ao iluminismo e ao mundo científico-racional constituído nos séculos XVI e XVII, em oposição ao ‘sistema sobrenatural cristão’, o movimento romântico nasce interno ao iluminismo, caracterizando-se tanto em um movimento revolucionário como contra-revolucionário. Caracterizar o movimento romântico por meio de uma definição rigorosa constitui tarefa árdua, senão impossível. Baumer opta por fazer referência ao que o romantismo não é, recurso usado para resolver, parcialmente, o problema.

Thomas Carlyle empregou estes adjetivos num ensaio sobre Diderot: ‘fraccional’, ‘parcial’, ‘insignificante’, ‘pobre’ (1833); denunciou ‘o mundo habitual de Diderot’ como ‘meio mundo, distorcido ao ser visto como um todo’. Em ambos os casos a referência era, de fato, ao iluminismo europeu, que, na altura, se tornava estereotipado e em parte uma caricatura. Os românticos consideravam esse mundo demasiado estreito, por causa da sua devoção, segundo julgavam, ao pensamento geométrico e à aliada doutrina do neoclassicismo, ou ainda ao empirismo lockeano. O espírito geométrico, embora metafisicamente posto de parte, tentava sujeitar toda a vida à razão, e assim mecanizá-la e humilhá-la. O neoclassicismo, desejando, do mesmo modo, procurar modelos ideais da natureza, impunha regras universais e rígidas à arte e aos artistas. O empirismo melindrava pela razão oposta, porque era demasiado cético e limitava terrivelmente o conhecimento humano ao mundo das aparências, Newton tornou-se um símbolo desta estreiteza¹⁰⁶.

A posição privilegiada ocupada por Newton no século XVIII é agora, no início do

¹⁰⁵ Uso a expressão valor não cognitivo da maneira como Hugh Lacey concebe os critérios de adoção de uma teoria científica. Para Lacey os critérios de adoção de uma teoria seguem valores cognitivos (poder preditivo, adequação empírica, simplicidade etc) ou valores internos ao desenvolvimento da teoria, e valores não cognitivo (fatores sociais, econômicos, sociais, psicológicos etc) ou valores externos ao desenvolvimento da teoria. Para uma melhor compreensão ver (Lacey, 1998; 2003; 2006; 2008; 2008a; 2008b; 2009).

¹⁰⁶ Baumer, 1977, p.25-6.

século XIX, para os românticos, contrastada e ressignificada, conforme retratada por Willian Blake (1757-1827) em 1795 (figura 6).

Figura 6: Newton, por William Blake (1757-1827) de 1795. O Newton de Blake olha para o chão na tentativa de investigar a natureza com o compasso. A razão usada aqui na inferência sobre o mundo é retratada em suas limitações, não permitindo ao homem-cientista nada além do que o conhecimento racional-científico lhe permite conhecer. (Fonte: www.princeton.edu, acessado dia 08/09/2010).

É importante salientar que os românticos não eram necessariamente anticientíficos. A visão mecanicista advinda da revolução científica, sim, era fruto de

rejeição por parte dos ideais românticos, mas Baumer afirma que havia uma contenda sobre se as invenções mecânicas oriundas do mundo mecanicista dos séculos anteriores seriam algo que realçariam ou degradariam a vida humana. Havia um interesse pela ciência, independente da racionalização em excesso do século anterior, e algumas contribuições à ciência foram dadas por ‘românticos’: (1) O filósofo alemão Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling (1775-1854), que influenciaria fortemente a obra de Carus, foi secretário da Academia das Ciências de Munique; (2) O médico, físico e pintor Carl Gustav Carus (1789-1869) investigou a natureza da alma em trabalhos sobre a natureza do sistema nervoso e o inconsciente; (3) O físico Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) escreveu em 1806 o livro *A física como arte*; (4) Gotthilf-Heinrich von Schubert (1780-1860) traduziu Erasmus Darwin (1731-1802); (5) Samuel Taylor Coleridge (1772-1834) escreveu *Theory of life* em 1817, entre outras tentativas de abordagem romântica da ciência. Uma vez que à razão científica não seria possível o entendimento da totalidade da vida, filósofos e cientistas não poderiam ir onde apenas o artista poderia. Dessa maneira, a investigação científica do finito não poderia subordinar a intuição artística, já que a última não possui tais limites ditados pela razão. O romantismo surge como uma ideologia da sociedade contemporânea, principalmente na Alemanha. O historiador da arte, Arnold Hauser (1892-1978) diz o seguinte:

O romantismo era a ideologia da nova sociedade e a expressão da visão de mundo de uma geração que deixara de acreditar em valores absolutos, que não podia continuar acreditando em valor algum sem pensar em sua relatividade e limitações históricas. (...) A percepção romântica da historicidade de toda a vida social era tão profunda que até mesmo as classes conservadoras só foram capazes de produzir argumentos históricos para justificar seus privilégios e fundamentavam suas reivindicações na antiguidade e no fato de estarem solidamente enraizadas na cultura histórica da nação¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Hauser, 2003, p. 671.

A ideologia romântica ‘impregnou’ a vida intelectual no primeiro quarto do século XIX e, das ciências, a que mais foi objeto de interesse foi a Biologia. A Biologia nasce como disciplina científica independente entre os séculos XVIII e XIX, ao final de um longo processo de desenvolvimento da ‘filosofia mecânica’ de Robert Boyle (1627-1691)¹⁰⁸. Consistindo na proliferação da ideia de que os fenômenos da vida natural não podem ser explicados apenas recorrendo-se às leis da Física, começa a surgir uma posição intermediária entre o mecanicismo e o animismo, posições tradicionais no século XVIII. Barsanti, em seu ensaio sobre o lamarckismo e o surgimento da Biologia, atribui à circulação de três ideias a derrocada parcial da filosofia mecânica em explicar os fenômenos da vida. São elas: (1) a vida é muito mais variada e complexa do que se supunha o mecanicismo; (2) uma série de fenômenos relacionados à vida são tão singulares e surpreendentes do ponto de vista da filosofia mecânica que lançou várias dúvidas acerca da validade do poder explicativo das leis da Física sobre o mundo vivo; (3) diante das duas primeiras ideias gerais, torna-se necessário uma nova interpretação sobre os fenômenos da vida.

A descoberta da incrível variedade das formas de vida e sua imensa complexidade representou o primeiro passo no sentido de separar as pesquisas em Biologia das demais ciências.

*O comportamento variado dos animais constituiu o mais forte argumento contra a uniformidade das leis gerais da mecânica e essas leis foram impiedosamente condenadas*¹⁰⁹.

A uniformidade das leis da mecânica são negadas diante da variedade de formas de vida, o que não significa que a mecânica newtoniana não sirva de modelo para as propostas de investigação do mundo vivo que surgiriam. Conforme Hauser, a ideologia

¹⁰⁸ Barsanti, 1993.

¹⁰⁹ Idem, p. 49.

romântica opera na sociedade moderna de maneira nuclear no pensamento europeu. Há uma tendência em romantizar as dimensões possíveis da vida, o que não excluiria a ciência obviamente.

(...) o romântico não se contenta em ser romântico, mas faz do romantismo um ideal e uma política para toda a vida. Não apenas almeja retratar a vida romanticamente, como também quer adaptar a vida à arte e entregar-se à ilusão de uma existência estético-utópica. Mas essa 'romantização' significa, sobretudo, simplificar e unificar a vida, libertá-la da torturante dialética de todo ser histórico, excluí-la de todas as contradições indissolúveis e atenuar a oposição que oferece a todos os desejos expressos em sonhos e fantasias de natureza romântica¹¹⁰.

A ideia de unificar a vida é fundamental para entendermos algumas propostas científicas, principalmente, no que se refere aos estudos do sistema nervoso. Se há relação entre o mundo material e o espiritual, é necessário que se estabeleça, acima da identidade entre ambos os mundos, uma condição de unidade. Essa unidade se dá muitas vezes, para o artista romântico, no infinito, no absoluto em oposição ao finito e fragmentado mundo da ciência iluminista. Balzac fornece uma chave de compreensão dessa tentativa em propor uma romantização da ciência em seu romance *La Recherche de l'Absolu*¹¹¹ em que o protagonista, o senhor Baltasar Claës, um químico, declara ter encontrado o absoluto:

(...) Corte repetidas vezes a haste das plantas, a fim de conseguir uma quantidade suficiente para obter uma certa porção de cinzas, queimando-as, e poder assim operar sobre determinada massa; pois bem, analisando essas cinzas encontrará ácido silícico,

¹¹⁰ Hauser, 2003, p. 674.

¹¹¹ Obra publicada pela primeira vez em 1834 e traduzida para o português com o título *A procura do absoluto* por Vidal de Oliveira e publicada na coletânea *A comédia humana*, volume XV – Estudos Filosóficos.

alumínio, fosfato e carbonato de cálcio, carbonato de magnésio, sulfato e carbonato de potássio e óxido férrico, como se o agrião tivesse nascido na terra, à beira da água. Ora, essas substâncias não existiam nem no enxofre, corpo simples que serviu de solo à planta, nem na água com que foi regada, cuja composição é conhecida; mas, como também não se encontram na semente, não podemos explicar sua presença na planta a não ser supondo um elemento comum aos corpos contidos no agrião e aos que lhe serviram de meio. Assim, o ar, a água destilada, a flor de enxofre e as substâncias dadas pela análise do agrião, isto é, a potassa, a cal, a magnésia, o alumínio etc., teriam um princípio comum que vaga na atmosfera, tal como a fez o sol. ‘Dessa experiência irrecusável’, exclamou ele [Baltasar], ‘eu deduzi a existência do Absoluto! Uma substância comum a todas as criações, modificada por uma força única; tal é a posição nítida e clara do problema oferecido pelo Absoluto e que me pareceu pesquisável’¹¹².

Balzac não apenas parece propor a romantização da ciência em obras como *A pele de Onagro* ou *A procura do absoluto*, mas reflete a incessante busca pela totalidade da existência a partir do elemento unitário, como disse o protagonista do romance, ‘uma substância comum a todas as criações’. A tentativa em se alcançar essa totalidade refletiu na ciência na determinação da unidade básica do objeto de estudo, que permitiria o conhecimento de sua essência e natureza últimas. Na Física, o início do século XIX marca o nascimento do primeiro modelo atômico moderno proposto por John Dalton (1766-1844)¹¹³. Na Biologia, a teoria celular constitui o êxito em se atribuir ao fenômeno da vida a existência de uma unidade básica. É razoável afirmar que o pensamento científico ocidental durante boa parte do século XIX será tributário dessa busca pela unidade básica que fundamente as bases de suas respectivas áreas de saber (a teoria neuronal e sua rival reticular não escapam a essa proposição em termos gerais).

¹¹² Balzac, 1992c, p. 633-4.

¹¹³ Para maiores detalhes sobre a teoria atômica ver *Foundations of the atomic theory*. Edinburgh, Published for the Alembic Club, 1923. Série de artigos de John Dalton (1766-1844), William Hyde (1766-1828) e Thomas Thomson (1773-1853).

3.6. Os precursores da ‘Neuropsiquiatria’

Nos vinte primeiros anos do século XIX, aumentaram consideravelmente as pesquisas em neurologia na Europa. Surge essa nova ciência da vida sobre muitas suspeitas e tensões. Os avanços nos estudos sobre o sistema nervoso foram lentos devido aos poucos avanços em relação às técnicas microscópicas. Havia a convicção de que os estudos sobre seres vivos deveriam se limitar à observação, descrição e comparação de estruturas visíveis e já bem estabelecidas. Por outro lado, entre os séculos XVIII e XIX, filósofos e cientistas se esforçaram em reviver teorias do conhecimento baseadas na análise dos sentidos.

O problema da classificação das doenças mentais foi propulsor nas pesquisas em Psicologia no final do século XVIII. O modelo proposto por Philippe Pinel (1745-1826) foi muito influente ao longo do século XVIII, substituindo modelos anteriores, como os modelos propostos por François Boissier de Sauvages de Lacroix (1706-1767) e William Cullen (1710-1790).

Pinel acreditava que a base do transtorno mental podia ser uma lesão no sistema nervoso central, pois mantinha as noções tradicionais sobre a causa física da doença mental. Além disso, acreditava que a doença mental era um fenômeno natural a ser estudado de acordo com os princípios que prevaleciam nas ciências naturais – primeiro observação e depois uma sistemática apresentação de dados. Pinel estava convencido de que a doença mental não era coisa sobreposta ao sofredor, mas resultado de hereditariedade e experiências da vida¹¹⁴.

A ciência iluminista operava internamente a dois elementos caros à sua época, a reforma social e a elevação moral. Acreditava-se que o homem, por meio da razão e do

¹¹⁴ Alexander & Selesnick, 1968, p. 160.

conhecimento científico dos fenômenos sociais, poderia modelar seu destino. Em seu trabalho em asilos com doentes mentais, Pinel frequentemente se referia ao seu trabalho como uma espécie de tratamento moral. A postura de Pinel diante dos doentes mentais representou um ponto de inflexão na história da Psiquiatria, uma vez que até então os métodos mais comuns eram tratamentos por meio de purgativos, sangrias e a administração de drogas. No final do século XVIII, aumentam as preocupações com a saúde pública na Europa: Johann Peter Frank (1745-1821) propôs um exame de riscos para a saúde pública, enquanto que Christoph Wilhelm Hufeland (1762-1836) defendia a intervenção coletiva nos problemas de saúde mental.

A importância da busca por reformas marcou o século XVIII. No que se refere à atividade científica, com a tríade do racionalismo, experimentação e classificação. Essa característica marcaria profundamente o desenvolvimento das ciências da natureza. Qualquer explicação que objetivasse o estatuto científico passava pelo crivo da corroboração empírica. Diante dessa exigência, explicações ‘fantasmagóricas’ não poderiam servir de parâmetro para um estudo das doenças mentais em termos científicos. Não se observavam tumores negros, a umidade e secura corporal, e os espíritos animais não eram medidos ou observados. Tais explicações não estabeleciam uma ligação coerente entre o conhecimento anatômico e o funcionamento anormal atribuído ao doente mental. Benjamin Rush (1745-1813), famoso médico e educador, além de um dos protagonistas da independência dos Estados Unidos (1776), propôs uma explicação causal da loucura passível de experimentação:

*A causa da loucura está situada principalmente nos vasos sanguíneos do cérebro e depende da mesma espécie de ações mórbidas e irregulares que constituem outras doenças circulatórias. Nada há de específico nessas ações. Fazem parte da unidade da doença, particularmente da febre, da qual a loucura é uma forma crônica que afeta a parte do cérebro que é a sede da mente*¹¹⁵.

¹¹⁵ Rush apud Alexander & Selesnick, 1968, p. 171.

Duas doutrinas sobre as causas das doenças mentais se destacaram no final do século XVIII. Georg Ernst Stahl (1659-1734) aceitava a existência de uma substância vital efêmera, ao passo que Friedrich Hoffmann (1660-1742) considerava ser a causa das doenças uma substância material não especificada¹¹⁶. A concepção de Stahl foi uma posição comumente defendida nas ciências da vida, sofrendo profundos ataques dos opositores que defendiam uma visão mecanicista do organismo aos moldes da mecânica newtoniana. Hans Adolf Eduard Driesch (1867-1941) relata na primeira parte de seu livro a favor da doutrina vitalista, em seus apontamentos históricos, a seguinte postura de Stahl frente ao problema do corpo e mecanismo:

*Stahl inicia com uma análise lógica dos conceitos de organismo e mecanismo e a diferença entre ambos. O mecanismo é subordinado ao organismo. Da mesma forma, a mistura, composição química e a vida, são coisas diferentes, como 'aggregatum e individuum'. Organismos vivos têm um 'mixtio peculiaris' e um agregado especial, ao mesmo tempo de extrema complexidade; e precisamente devido à facilidade com que estão sujeitos à decomposição, supôs Stahl, os órgãos, possuem forças especiais de conservação*¹¹⁷.

Ao longo do século XIX, a posição vitalista perderia cada vez mais espaço no meio acadêmico para uma visão fisicalista da natureza. Dois modelos 'médicos' que surgiram em meados do início do século XIX e que foram de certa maneira marginalizados, foram a frenologia¹¹⁸, desenvolvida por Franz Joseph Gall (1758-1828) e o 'magnetismo animal' de Franz Mesmer (1734-1815). Apesar de as ideias de Gall

¹¹⁶ Alexander & Selesnick, 1968.

¹¹⁷ Driesch, 1905, p. 37.

¹¹⁸ Voltarei a falar da frenologia em mais detalhes quando examinar a reação ao período localizacionista nos estudos do sistema nervoso e a defesa da teoria reticular na segunda metade do século XIX, em um período em que os cientistas admitiam certo holismo em suas explicações (defesa frequente de parte da historiografia sobre as fundações da neurociência).

serem marginalizadas por parte da comunidade científica, ele descreveu o desenvolvimento do cérebro no feto, traçou o desenvolvimento do cérebro humano desde suas primeiras origens nos gânglios nervosos de insetos, e dissecou cuidadosamente a matéria branca do cérebro. Mas o principal alvo de ataques foram as ideias referente à existência de protuberâncias indicadas pelo crânio sobre o cérebro que indicariam regiões superdesenvolvidas. Uma das consequências dessa ideia era que, ao apalpar tais protuberâncias e reentrâncias do cérebro, poder-se-ia fazer uma leitura do caráter¹¹⁹. Um dos grandes defensores da frenologia (Combe aderiu ao estudo da frenologia após anos de estudo, tornando-se um nome importante associado à área), o filósofo natural¹²⁰ George Combe (1788-1858) propõe uma explicação funcional para o cerebelo:

Quando o cerebelo é realmente grande e o temperamento é ativo, o indivíduo passa a distinguir-se de seus semelhantes pela predominância de suas propensões amorosas. Em todos os seus momentos vagos, sua mente demora em objetos relacionados com essa faculdade e a satisfação dela é o mais importante objeto de seus pensamentos. Se seus órgãos morais e intelectuais forem fracos, ele não terá escrúpulo de invadir a santidade de confiantes inocentes e a felicidade conjugal, tornando-se assim um impostor, destruidor e viciado sensual da mais pavorosa categoria¹²¹.

O magnetismo animal de Mesmer propunha a existência da influência mútua entre os corpos celestes, a terra e os corpos animais. Haveria um fluido universal distribuído e contínuo, capaz de receber, propagar e comunicar todas as impressões de movimento. O mesmerismo foi gradativa e parcialmente deslocado de charlatanice ao

¹¹⁹ Alexander & Selesnick, 1968; Finger, 1994, 2000.

¹²⁰ O termo 'cientista' seria usado pela primeira vez em um encontro científico apenas em 1840, em Glasgow, pela Associação Britânica para o Progresso da Ciência, fundada em 1831 com o intuito de organizar um encontro anual para a exposição e discussão dos trabalhos científicos desenvolvidos em seus respectivos países. (Ronan, 2001c).

¹²¹ Combe apud Alexander & Selesnick, 1968, p. 175.

estatuto ‘científico’ quando associado à hipnose. Em 1843, James Braid (1795-1860), um cirurgião inglês de Manchester, publicou *Neurypnology, the rationale of nervous sleep*. Braid sustentava não haver magia nos estados de transe e sim um excessivo cansaço muscular depois de prolongado período de concentração e esgotamento físico¹²². Dentro do contexto romântico das primeiras décadas do século XIX, o interesse em buscar explicações da psique que permitiriam tornar parte integrante da medicina a então nascente psiquiatria era frequente.

Uma associação persistente em Psicologia nesse momento foi a do gênio e do insano. Segundo J. Moreau de Tours (1804-1884), a diferença entre ambos era da ordem de grau.

*Moreau explicou que a semelhança entre esses dois estados (genialidade e insanidade) decorria de sua origem comum na superatividade da mente. Se essa superatividade resultasse em funcionamento mais intensivo, apareceria a qualidade de gênio; se resultasse em maior aberração e perturbação, ocorria a insanidade. Esta ideia do ‘degenere supérieurs’ teve considerável persistência durante todo o século XIX porque concordava com o interesse romântico pelo indivíduo singular*¹²³.

Concepções psicobiológicas entram em voga na primeira metade do século XIX. Em 1811, Alexander Haindorf (1782-1862) escreve um manual de psiquiatria sobre doenças mentais, estabelecendo a relação fisiológica entre a doença e o raciocínio. Outro trabalho que merece ser mencionado é a proposta de relacionar fisiologia com conceitos filosóficos de Friedrich Gross (1768-1852). Segundo Gross, as doenças mentais seriam o resultado de *forças fisiológicas*, das quais o homem não tem consciência, e se essas *forças* não encontram a saída do organismo, se estabelece a

¹²² Braid, 1899.

¹²³ Alexander & Selesnick, 1968, p. 194.

doença mental¹²⁴.

Os trabalhos do médico e físico Carl Gustav Carus (1789-1869) também se inserem na linha de pesquisa apontada acima, e representam um ponto interessante em nossa exposição quanto aos estudos sobre o sistema nervoso. Carus é um dos primeiros a defender a teoria reticular do sistema nervoso, ou uma vertente distante da tese que será defendida décadas depois por cientistas do porte de Gerlach e Golgi. Carus propõe dois níveis para a investigação científica: o empírico, relatado pela observação médica e clínica, e o nível teórico ou ‘cosmológico’, contendo hipóteses de natureza geral. Primeiramente Carus considerou a questão da natureza da massa nervosa. Na ocasião¹²⁵, a teoria celular não havia sido estendida aos animais. Carus acreditava que os nervos eram formados por uma substância, uma massa de pontos, semelhante a uma estrutura cristalina. Essa estrutura seria o lugar onde a *polarização das forças* ocorreria. No século XVIII, Joseph Priestley (1733-1804) e Charles Bonnet (1720-1793) defenderam a existência de uma substância material responsável pela atividade nervosa, semelhante à defesa que o primeiro fez em oposição à teoria do flogisto na Química. Carus se opôs a essa posição. Ele estava profundamente convencido da analogia entre o fenômeno nervoso e os fenômenos físicos da luz e da eletricidade. Levando em conta as similaridades entre a eletrostática e o fenômeno de polarização da luz, Carus deu particular relevância às simetrias presentes na estrutura do sistema nervoso.

*Nós, ou ‘gânglios’, onde as fibras nervosas que convergem e se espalham é considerada como ‘polos’ ou centros de poder onde a atividade nervosa era tanto irradiada como direcionada*¹²⁶.

¹²⁴ Idem.

¹²⁵ Poggi examina a proposta de Carus, em trabalhos publicados no ano de 1814 (Poggi, 1993). Fiz o cotejamento do exame de Poggi com os pontos principais reunidos no livro *Nine Letters on landscape painting* sobre as concepções artísticas e científicas de Carus (Carus, 2002).

¹²⁶ Poggi, 1993, p. 144.

Carus foi profundamente influenciado pela filosofia de Schelling. O pressuposto de que no ego humano encontra-se a completa manifestação da individualização da unidade da natureza, e que essa unidade deva ser preservada, foi incorporado ao pensamento natural de Carus. A atividade nervosa, desde a primeira sensação, apresenta a tensão fundamental entre o que está fora (*auberhalb*) e o que está dentro (*innerhalb*). Em Carus, o sistema nervoso assume papel nuclear no organismo como um todo. O sistema nervoso é o centro do corpo, já que é responsável pela propulsão de movimentos e coordenação. Carus não resolve o problema, em seu modelo, no que se refere à localização das funções do sistema nervoso que comprovem a importância central do sistema nervoso¹²⁷. As funções cerebrais não estariam vinculadas a formas fixas, uma vez que todas as partes são ‘ativadas’ e participam na mesma tensão dinâmica. Carus faz uma descrição que reconhece a unidade do sistema nervoso em sua totalidade, não em cada parte constituinte do mesmo, o que desautorizaria qualquer proposta de uma unidade básica para o tecido nervoso. No limite, essa visão desautoriza até mesmo a compreensão isolada das estruturas cerebrais. Cito Carus:

O sistema nervoso se parece com um feixe de raios, cada um deles tendo um final periférico e um central, constantemente ligados uns aos outros. Estes raios penetram todos os órgãos e a sensibilidade é apenas como o ‘foco’, onde a difração de todos os raios ocorre de tempos em tempos. A massa dos nervos centrais é, portanto, a reprodução, a repetição de todo o organismo animal, um organismo ganha a sua individualidade quando se separa do mundo externo¹²⁸.

Carus defendia estudos do desenvolvimento gradual do cérebro, provavelmente, influenciado pela filosofia romântica. Em seus estudos, a ontogênese (*Entwicklungsgeschichte*) tinha um lugar de destaque. O choque entre o sentido externo

¹²⁷ Esse era um problema da anatomia e meramente pontual que não informaria, segundo Carus, a compreensão funcional do sistema nervoso em sua completude. (Carus, 2002).

¹²⁸ Carus apud Poggi, 1993, p. 145.

da epiderme e o sentido interno das entranhas seria o primeiro nível da tensão interno-externo (*innerhalb - auberhalb*) que caracteriza nossa vida material, mas Carus não desviou dos principais problemas das ciências da vida na primeira metade do século XIX e um desses problemas era que nas teorias biológicas se fazia necessário estabelecer a relação entre a morfologia e as atividades funcionais do organismo. Em síntese, as teses de Carus se sustentavam em três pilares: (1) o sistema nervoso é central na forma de organização dos seres vivos; (2) as ‘partes’ do sistema nervoso são conectadas umas às outras sem interrupção; e (3) o sistema nervoso garante a unidade da ideia de Deus, revelando-se sem interrupção, durante todo o desenvolvimento da vida¹²⁹.

Para Karl Friedrich Burdach (1776-1847), contemporâneo de Carus, a existência da sensibilidade comum (*Gemeingefuhl*) é evidência da interação entre os níveis sensoriais e motor. Os órgãos dos sentidos são providos com especial coesão. Em Burdach, encontra-se uma ideia que foi muito defendida no século XVIII, que é a de uma relação intermediária entre o corpo e a alma, os órgãos dos sentidos seriam intermediários entre a natureza física e a alma. A estrutura fundamental compartilhada pelos órgãos dos sentidos é moldada pelo ‘jogo’ de estímulos e reações que ocorrem entre o meio interno e externo nos seres vivos. Diferente de Carus, Burdach entende que a qualidade fundamental da matéria viva é a propriedade de reagir aos estímulos externos, desta maneira o sistema nervoso não mais teria uma posição de destaque, conforme se vê nas teses de Carus.

Para Burdach, a observação morfológica mostra que os órgãos dos sentidos são o resultado do processo de desenvolvimento do epitélio, o primeiro na linha de separação entre o meio externo e interno, entre o organismo e o mundo. Burdach insistiu na importância em se estabelecer a ligação entre a atividade física e a estrutura do cérebro, uma vez que o cérebro possuía uma complexa e harmoniosa capacidade de executar variáveis funções. A dificuldade em se conceber um sistema nervoso não contínuo se relacionava à questão do paralelismo entre o corpo e a alma; diante dessa barreira, a

¹²⁹ Poggi, 1993; Carus, 2002.

ideia de um sistema nervoso contínuo recebia uma sustentação bastante forte, uma vez que seria necessário explicar a unidade do espírito em um corpo fragmentário, sem falar do problema de se explicar a ausência do espírito na matéria inorgânica, que se revelava cada vez mais fragmentada pelo desenvolvimento da Química e posteriormente da teoria atômica. Esse parece ser um problema, ao mesmo tempo contraditório, sem solução para a mentalidade romântica das primeiras décadas do século XIX. Ao mesmo tempo em que se busca a unidade fundamental no objeto que se investiga, a fragmentação morfológica do sistema nervoso implicaria em contradição à unidade da alma, e o sistema nervoso, sendo o substrato intermediário entre o corpo e a alma, não deveria ser estruturalmente descontínuo.

*O sistema nervoso é um sistema complexo e integrado: Isto é confirmado pelo fato de que as 'atividades da alma' não existem na natureza separadas umas das outras*¹³⁰.

A essência da ideia de Burdach parte do pressuposto de que não há interrupção entre as formas elementares das funções vitais e o sistema nervoso. Hauser, em sua análise do romantismo na Alemanha e demais países da Europa, atribui à ideia do infinito como uma pedra de toque do ideal romântico, e esse infinito se configura na concepção de espírito, o que está para além do material¹³¹.

O ideal de *esprit de système* que guiava os estudos de Burdach serviria de inspiração à atitude típica de pesquisa neurológica contemporânea compartilhada, entre outros, por Franz Joseph Gall. Gall, porém, rejeitou completamente elementos especulativos próprios do idealismo romântico, e defendeu, ainda em 1825, estudos

¹³⁰ Burdach apud Poggi, 1993, p. 149.

¹³¹ Um bom exame dessa ideia encontra-se no bom ensaio de Umberto Bottazzini *Geometry and 'Metaphysics of Space'* de 1994. O desenvolvimento das geometrias não-euclidianas independe do contexto histórico-social, diria um defensor contrário à ideia de uma mentalidade romântica operando internamente na primeira metade do século XIX, no entanto, a aceitação na mudança do quinto axioma euclidiano, que indubitavelmente levou às outras geometrias, não teria talvez sido considerada em outros momentos da história. Bottazzini defende essa tese, mesmo que de forma atenuada.

avançados sobre a estrutura e funções do sistema nervoso. Entre os anos de 1828 e 1837, Karl Ernst von Baer (1792-1876) apresentou um importante trabalho criticando a teoria de recapitulação da filogênese pela ontogênese, conhecido como *scala naturae*. Cito passagem de von Baer traduzida por Poggi:

*O fato de que a epiderme e a medula espinhal originalmente coincidem é extremamente importante. A epiderme é a periferia, enquanto a medula espinhal é o centro do sistema nervoso nos animais. Com o desenvolvimento do embrião acontece que uma parte (do todo em geral) é pressionada para dentro e outra para fora. Entre a epiderme mal reativa e o dinamismo da medula espinhal, observamos a oposição típica de todas as articulações nos organismos vivos*¹³².

Os estudos em áreas como a Psiquiatria e a Neurologia, ainda em construção, assumiram uma orientação que entendo ser uma espécie de fusão de dois outros sistemas científicos, o tributário da visão neoiluminista apontada por Baumer e a corrente alemã romântica da *Naturphilosophie*, se constituindo no modo como na segunda metade do século XIX se desenvolverão os trabalhos de Ramón y Cajal. Quanto ao espírito iluminista ou neoiluminista, segundo o exame de Baumer, pode ser referendado pela influência dos trabalhos de Pinel¹³³ e Esquirol¹³⁴ em que defendiam um caminho eclético ao cientista, onde se privilegiava a descrição e classificação na atividade científica. Já a visão romântica alemã dava considerável ênfase aos estudos da psique humana, recusando qualquer reducionismo das faculdades psicológicas ao substrato anatômico e fisiológico. Em meados da segunda metade do século XIX, em oposição à segunda posição, desenvolve-se o que chamei aqui de uma ênfase ou orientação neurológica nos estudos do sistema nervoso.

¹³² von Baer apud Poggi, 1993, p. 153.

¹³³ Philippe Pinel (1745-1826), tornou-se conhecido pela maneira como defendeu que os doentes mentais deveriam ser tratados sem uso de violência.

¹³⁴ Jean-Étienne Dominique Esquirol (1772-1840), foi aluno e discípulo de Pinel.

Em meados do século XIX a Medicina começou a formar conceitos modernos incorporando os princípios da Física e Química. A Psiquiatria também tentou tornar-se moderna e científica explicando o comportamento desordenado em termos de estrutura e função nervosa dilacerada. Este conceito materialístico da doença mental teve suas raízes, ainda no século XVIII, na formulação de Morgani em 1761 de que as doenças se originam em perturbações localizadas nos órgãos corporais. Este conceito foi incentivado nos primeiros anos do século XIX, quando médicos franceses propuseram que o foco da doença estava nos tecidos dos órgãos e, finalmente, em meados do século XIX, quando pesquisadores alemães localizaram doenças nos elementos básicos finitos dos tecidos, as células¹³⁵.

Outra contribuição a essa orientação que assumiria as ciências médicas em geral foi dada por Marie François Xavier Bichat (1771-1802), considerado um dos fundadores da histologia moderna, ele realizou inúmeras (o número pode exceder 500) autópsias, trabalhando na maioria das vezes sem o uso do microscópio, em que identificava como causas das doenças as alterações nos tecidos. Bichat formulou por volta de 1800 uma teoria em que, pela primeira vez, considerava algumas doenças baseando-as no exame dos tecidos do organismo. O tecido, segundo esse modelo etiológico de Bichat, constitui a unidade morfológica básica dos organismos vivos.

Na Alemanha, grandes pesquisadores se opuseram veementemente à visão romântica na ciência: Johannes Peter Müller (1801-1858) e seus discípulos Rudolph Albert von Kölliker (1817-1905), Hermann von Helmholtz (1821-1885), Rudolf Virchow (1821-1902), Friedrich Henle (1809-1885), entre outros. Veremos no próximo capítulo que alguns desses cientistas citados aqui foram fundamentais no desenvolvimento da teoria celular. Esses primeiros trabalhos, como os de Bichat, em que se localiza a patologia nos tecidos, direciona as pesquisas para identificar no tecido a

¹³⁵ Alexander & Selesnick, 1968, p. 202.

unidade fundamental do organismo. Torna-se necessário, diante disso, que se estabeleça de maneira consistente essa unidade fundamental. A ideia de uma unidade elementar dos seres vivos (muito se usou na segunda metade do século XIX o termo *atomismo biológico*) direcionará nosso exame ao problema da unidade fundamental do sistema nervoso.

4. A teoria celular

4.1. Os trabalhos que antecederam a teoria celular

Um problema que acompanha os estudos em Biologia nos séculos XVIII e XIX se refere à relação entre matéria e vida. No século XVIII, com a proposta de explicações vitalistas no intuito de diferenciar o mundo orgânico do inorgânico, vê-se nascer a noção de um princípio operativo que não pode ser explicado pela Física newtoniana. Alguns exemplos dessa mentalidade são, a substância albuminóide de Trembley, a matéria formativa de Wolff, a matéria gelatinosa de Otto Fritz Müller, a matéria líquida ou semilíquida de Haller, o *serum plasticum* de Boerhaave, entre outros. Durante boa parte do século XVIII, a fibra foi considerada o elemento último na estrutura dos tecidos, e tal ideia possuía fortes defensores, tanto no século XVIII como no século anterior, quando René Descartes (1596-1650) e Marcello Malpighi (1628-1694) foram alguns dos defensores dessa tese.

No final do século XVIII, os pesquisadores começam a questionar se, de fato, é a fibra a unidade elementar dos organismos vivos. Segundo Teulón, inicia-se o programa de pesquisa globular, em substituição ao fibrilar, em que se passa a considerar os glóbulos as unidades básicas da matéria orgânica¹³⁶. Há uma vertente do programa globular que não nega serem as fibras a unidade básica dos seres vivos, mas pretende explicar a gênese das fibras por meio do modelo globular, sendo que as fibras seriam portadoras da força vital, própria aos organismos vivos¹³⁷. Outra posição do programa globular assume que o glóbulo é a unidade básica dos seres vivos. A dimensão da força desse modelo no início do século XIX pode ser considerada quando, em 1843, na

¹³⁶ Teulón, 1983.

¹³⁷ Idem.

terceira edição de seu livro *Lehrbuch der Naturphilosophie*¹³⁸, Lorenz Oken (1779-1851) reivindica para si a autoria da proposta da primeira teoria celular.

*Eu [Oken] fui o primeiro – escreve na terceira edição de sua obra – a expor a teoria de que todos os organismos procedem e constam de pequenas vesículas ou células, em meu livro sobre a reprodução*¹³⁹.

Com o aperfeiçoamento das técnicas de microscopia e melhores observações dos glóbulos e vesículas, torna-se urgente integrar essas novas observações à antiga teoria fibrilar, constituindo assim, uma teoria celular. Teulón narra um caso em que um pesquisador imerso no programa fibrilar, mesmo após as melhorias apontadas acima, interpreta as ‘células’ vista no microscópio de acordo com o modelo fibrilar. Trata-se da anatomia praticada por Joseph Berres (1796-1844), que no final da década de 1830 fundamentava suas observações, na grande maioria das vezes, na fibra como unidade elementar do organismo.

Para o historiador da medicina alemão Erwin H. Ackerknecht (1906-1988), a teoria celular proposta por Matthias J. Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882) constitui o terceiro modelo proposto, sendo os dois primeiros o que o historiador chamou de *teoria globular genuína* e *teoria globular geneticista*¹⁴⁰.

Teulón identifica dois grandes problemas para a Biologia no início do século XIX diante da noção de célula e que deveriam ser explicados: (1) refere-se à estrutura da nova entidade denominada célula; (2) na hierarquia orgânica dos seres vivos, qual o estatuto da nova entidade?

Marcello Malpighi e Nehemiah Grew (1628-1711) utilizaram, respectivamente, em suas obras de história natural, os termos *utriculi siu sacculi* e *vesículas ou bexigas*¹⁴¹.

¹³⁸ A primeira edição do livro é de 1805.

¹³⁹ Teulón, 1983, p. 18.

¹⁴⁰ Ackerknecht, 1964; 1968.

¹⁴¹ Baker, 1948, p. 109.

No que se refere às ‘vesículas ou bexigas’, no século XVIII, duas eram as maneiras de se tratar o assunto, uma aceitava-os como entes reais, enquanto que a outra interpretação os tratava como ficções. Teulón resgata dois pesquisadores não muito conhecidos que teriam feito referência, ainda no final do século XVIII, ao termo “célula”, ainda que esses autores não tenham formulado um sistema explicativo do mesmo. Cito Teulón:

Ambos (Stefano G. Gallini e Jakob F. Ackermann) sustentavam em seus escritos que os corpos dos animais estão compostos por células, delimitadas por membranas. Ao aparecer, sua teoria não teve eco no momento, já que os zoólogos se inclinavam pela anatomia geral de Bichat¹⁴².

No início do século XIX, são os botânicos que mais contribuíram aos estudos da estrutura fina do organismo. O botânico Kurt Sprengel (1766-1833) recupera o termo “célula”. As células são, para Sprengel, cavidades de formas muito diferentes e em comunicação entre si, dando lugar ao tecido celular, similar ao favo de mel das abelhas. Outro que utilizou o termo foi o botânico Charles François Brisseau de Mirbel (1776-1854), para quem as células são espaços ocupados por um líquido e originam-se de uma matriz homogênea. O tecido celular, poros ou cavidades, ou seja, as células, são descontínuas e não pequenas ‘bexigas’, como acreditavam alguns pesquisadores na primeira década do século XIX. Em 1808, escreveu Mirbel:

A primeira ideia, a ideia fundamental, é que o vegetal está formado por um só e mesmo tecido membranoso, diversamente modificado¹⁴³.

Muito se usou, principalmente nos trabalhos de botânica, os termos vesícula, glóbulo, fibra com um significado similar ao de célula como unidade fundamental. Os

¹⁴² Teulón, 1983, p. 21-22.

¹⁴³ Mirbel apud Teulón, 1983, p. 22.

naturalistas Ludolph Christian Treviranus (1779-1864) e Karl Rudolph (1771-1832) denominaram a célula uma entidade real e não uma mera cavidade nos tecidos. A suposição da célula como entidade real pressupõe a consideração de uma espécie de parede celular, algo que a divide em diminutas partes que compõem os tecidos. As duas condições (realidade da célula e a existência de uma membrana) podem ser reforçadas, segundo se acreditava na época, pela comprovação de que as células possam ser separadas uma das demais em uma amostra de laboratório, sem que ocorra a mútua destruição das mesmas.

Gottfried Reinhold Treviranus (1776-1837), médico e naturalista alemão, estudando células vegetais em 1805, demonstrou que as paredes intercelulares são duplas. Dessa descoberta, Treviranus generalizou:

*O que primeiro começa em toda organização do ser vivo é um agregado de pequenas vesículas, sem conexão entre si. Do que surgem os corpos vivos*¹⁴⁴.

Posteriormente se isolou a célula e comprovaram assim sua existência, primeiro com Link (1807-1809) e, principalmente, com Moldenhawer (1812). Moldenhawer consegue determinar o caráter singular da célula, como uma entidade isolada e que se nutre por si mesma, cresce e elabora seus próprios nutrientes. Em 1824, R. H. J. Dutrochet (1776-1847) comprova que por meio da ebulição do ácido nítrico consegue-se separar as células de maneira quase completa. Todos esses avanços eram feitos em estudos com vegetais. Para os zoólogos, a extensão dessas descobertas aos animais não era bem aceita e não era fácil a um pesquisador dos primeiros anos do século XIX demonstrar tais observações no tecido animal, uma vez que a distinção da célula animal das demais não era tão fácil como o era com as células vegetais, que possuíam uma camada de celulose facilitando a distinção. Bichat, que era muito influente em sua época,

¹⁴⁴ Treviranus apud Baker, 1952, p. 161.

considerava, com relação aos animais, que os tecidos eram o elemento último da composição orgânica, além do que, fazia parte de um grupo de cientistas que desacreditava do uso do microscópio na investigação científica como algo não confiável, dados os erros cromáticos. Teulón afirma não ter sido Bichat uma voz isolada quanto à descrença no uso do microscópio, personalidades no meio acadêmico como o filósofo Auguste Comte (1798-1857), formaram uma corrente contrária ao uso do instrumento.

Outra questão que se coloca quanto à adoção da noção de célula diz respeito a qual seria o estatuto ocupado pela célula na hierarquia orgânica. Algumas questões antecedem a resposta ao problema. Há uma entidade ou operação não material nem mecânica? Se sim, em que se fundamentaria tal entidade? Qual efeito produziria? Qual estatuto ontológico pode ser atribuído a tal entidade? Possuiria propriedades sensíveis ou psíquicas? É causa da organização corporal ou consequência dela? Essas e outras questões marcaram o início do que Teulón chamou o paradigma celular. Vimos no capítulo anterior que, no início do século XIX, a ciência Ocidental é profundamente marcada por ideais românticos, principalmente a ciência alemã. É necessário examinar parcialmente qual influência esse período teve nas primeiras formulações da teoria celular.

4.2. A influência da Naturphilosophie alemã nos primeiros estudos sobre a célula

A Naturphilosophie foi um movimento filosófico-especulativo do início do século XIX, centrado nos primeiros escritos de Friedrich Schelling (1775-1854). Köelliker confessaria posteriormente que sua teoria celular, devido à semelhança com os ideais da *Naturphilosophie*, fez com que o mesmo não a tenha publicado antes para não ser associado aos ideais românticos. A visão de uma natureza estática é negada pelos ideais românticos em detrimento de uma visão dinâmica da natureza orgânica.

Uma importante voz nas ciências da vida a aderir ao movimento romântico foi

Lorenz Oken (1779-1851). Oken afirmou que o organismo é constituído por uma fusão de seres primitivos, em que cada um desses seres abdica de sua individualidade em prol do ser superior, no caso, o organismo¹⁴⁵. Outro a defender tais ideais foi o contemporâneo de Oken, Franz Gruithuisen (1774-1852), para quem a célula representa o dinamismo infinito da matéria orgânica. Essas e outras considerações sobre a natureza celular concordam plenamente com a noção de infinito idealizada pelos românticos.

Os anatomistas que têm refletido sobre o problema consideraram frequentemente a substância celular como o princípio fundamental de todos os organismos animais. Nosso objetivo é mostrar que toda formação especial acaba por se reduzir à célula, porque a célula parece capaz de um desenvolvimento infinito, tanto no tecido celular das plantas como no dos animais. Quando se examina a menor célula, se vê que se compõe por sua vez de pequenas células e estas de outras células, todavia menores. O mais fino parênquima da substância celular é idêntico, por conseguinte, ou semelhante, aos infusórios. Se se considerar em seu conjunto mostrará sinais certos de sensibilidade e consciência, posto que é capaz de movimentos voluntários¹⁴⁶.

Mesmo diante da postura especulativa de cunho *Naturphilosophischen*, nas primeiras décadas do século XIX surgem interpretações funcionais da célula. Dutrochet, Turpin, Meyen e Raspail, com estudos de botânica, e Dujardin e Dumortier¹⁴⁷, com estudos zoológicos. Dutrochet propõe uma explicação por meio da secreção e excreção da célula, especificando o trabalho celular e garantindo a célula como princípio constitutivo dos seres vivos.

Em 1830, Meyen publica seu *Phytotomie* onde afirma a existência isolada das células vegetais, representando um único indivíduo. Raspail, em seu livro *Nouveau*

¹⁴⁵ Teulón, 1983.

¹⁴⁶ Gruithuisen apud Teulón, 1983, p. 27.

¹⁴⁷ René Henri Dutrochet (1776-1847), Pierre Jean François Turpin (1775-1840), Franz Julius Ferdinand Meyen (1804-1840), François-Vincent Raspail (1794-1878), Félix Dujardin (1801-1860), Barthélemy Charles Joseph Dumortier (1797-1878).

systeme de chimie organique na edição de 1833, afirma:

*A célula vegetal, igual à célula animal, é uma espécie de laboratório de tecidos celulares que se organizam dentro de si. As paredes da célula, a julgar por nossos instrumentos amplificadores mais intensos, têm a propriedade de absorver o líquido ambiente dos elementos necessários para si. Têm, pois, a propriedade de atuar como uma tela, de admitir certos materiais e impedir a entrada de outros, por conseguinte de separar os elementos de certas combinações para impedir a entrada mais que o necessário*¹⁴⁸.

Para Raspail, a diferença entre o orgânico e o inorgânico se deve ao fato de que a gordura e as bases cristalizam para formar o material inorgânico, enquanto que, se organizam para formar o orgânico, uma mera questão de ordenação molecular. Embora tal reducionismo fosse comumente criticado por outros cientistas da época, a postura de Raspail representou, entre outras, uma tentativa de recorrer a explicações apenas materiais para dar conta dos fenômenos biológicos, recusando qualquer noção de força vital. Para Teulón e Baker¹⁴⁹, mesmo com a reação ao romantismo da Naturphilosophie a partir dos anos 1840, permanece ainda uma visão vitalista nas ciências biológicas. Veremos mais a frente que de fato, há resquícios vitalistas nas explicações científicas para fenômenos concernentes ao mundo orgânico.

4.3. A teoria celular de Schleiden

Provavelmente, o motivo pelo qual não se atribuía, de início, a condição elementar às células animais se devia à variedade de células animais ser muito superior

¹⁴⁸ Raspail apud Teulón, 1983, p. 30.

¹⁴⁹ Teulón, 1983; Baker, 1952; 1953; 1955.

às células vegetais que se conheciam na época¹⁵⁰.

Células e núcleos de diversas formas recebiam nomes distintos. Purkinje¹⁵¹ chamou *vesícula germinal* ao grande núcleo do ovo da galinha. Durante muito tempo se negou ser o ovo da galinha uma célula e o que Purkinje chamou *vesícula germinal* seu núcleo. A semelhança entre as células da pele com células vegetais fez com que se especulasse sobre o crescimento de algo semelhante a um vegetal no epitélio¹⁵².

Purkinje, junto ao seu discípulo Gabriel Valentin (1813-1883), fizeram uma série de trabalhos entre os anos 1835 e 1838 que fez com que alguns pesquisadores considerassem Purkinje um melhor conhecedor das células que os próprios Schleiden e Schwann. Purkinje descreveu, em 1837, o corpo animal como composto de líquidos, incluindo o sangue, plasma e linfa, fibras em conexão, tendões e grânulos (*körner*), que eram células animais. Para suas descrições celulares, também pode-se supor que Purkinje tenha observado os núcleos. Porém, Purkinje não fez generalizações a partir de suas investigações, talvez seja por isso que não se atribua ao pesquisador tchecoslovaco a paternidade da teoria celular. Nas três primeiras décadas do século XIX, inúmeros trabalhos foram realizados no intuito de esclarecer a natureza última dos tecidos. Karl Rudolphi (1771-1832) estudou principalmente as formações córneas, Karl Friedrich Heusinger (1792-1883) investigou o pigmento cutâneo na década de 1820, Ernst Heinrich Weber (1795-1878) estudou a pele, cartilagem e glândulas conglomeradas, e F. W. Becker se dedicou ao estudo das glândulas linfáticas em seu livro *De glandulis*

¹⁵⁰ Essa hipótese é defendida por Baker e parcialmente por Teulón, mas obviamente há a questão de se acreditar serem diferentes os fundamentos orgânicos últimos dos vegetais e dos animais, em particular o homem, mas não encontrei referência a essa questão diretamente nas obras pesquisadas. Há alusão recorrente à questão da natureza humana em obras literárias no século XIX por grandes romancistas (Balzac, Hugo, Dickens, Gogol, Dostoiévski, Tolstói). A noção de célula pode parecer contraditória à ideia de natureza humana, uma vez que o substrato orgânico coincidiria ao de qualquer ser vivo, inclusive os vegetais, em seu fundamento último. Trata-se de um problema não solucionável pela pesquisa experimental, por isso foi abandonado por correntes tais como o positivismo.

¹⁵¹ Jan Evangelista Purkyne (Purkinje) (1789-1869).

¹⁵² Teulón, 1983.

thoracis lymphaticus, de 1826¹⁵³.

Segundo Baker, por volta da década de 1830, já se conhecia a célula. Johannes Müller (1801-1858), efetuando diversos experimentos em Berlim desde 1832, descobriu a natureza anatômica celular da notocorda dos peixes mixínídeos. Seus trabalhos começaram a ser publicados entre 1833 e 1840. Müller estabeleceu a analogia entre as células de notocorda e as encontradas nos tecidos vegetais, bem como buscou determinar a relação de similaridade entre as células do olho e da notocorda, e observou o núcleo das células cartilaginosas. Foi um dos discípulos de Müller, Jacob Henle (1809-1885), quem descobriria a estrutura do epitélio humano e proporia, décadas mais tarde, uma teoria estrutural do organismo centrada na ideia de célula. Nesse momento, Schleiden entra em cena.

Matthias Jacob Schleiden nasceu em Hamburgo em 1804. Em 1839, viaja a Jena, onde conhece os filósofos Jakob Friedrich Fries (1773-1843) e Ernst Friedrich Apelt (1812-1859), ambos de vertente neokantiana. Em Jena, Schleiden melhorou o microscópio de maneira a ser considerado um dos fundadores da farmacognosia¹⁵⁴ microscópica. Estudou a estrutura da casca da salsaparrilha (*Smilax aspera*), em 1847, constituindo um modelo de procedimentos para o diagnóstico microscópico do uso de drogas nas enfermidades. É importante que façamos uma breve digressão sobre o pensamento de Schleiden quanto ao seu método científico, para que possamos melhor compreender sua formulação científica da constituição celular.

Há na Alemanha da primeira metade do século XIX duas orientações filosóficas principais no pensamento científico. (1) Filosofia natural romântica e especulativa, a *Naturphilosophie*; (2) Filosofia natural matemática e experimental, surgida em reação a primeira, e que se constituirá na passagem da visão da *Naturphilosophie* ao pensamento

¹⁵³ Devo esses dados gerais da pesquisa na primeira metade do século XIX em Biologia ao ótimo trabalho de Taton, Baker e Teulón, para maiores detalhes ver Teulón (1983); Baker (1948, 1949a, 1949b, 1952, 1953, 1955); Taton (1966, 1967).

¹⁵⁴ Ramo antigo da farmacologia que estuda o uso de princípios ativos e inativos dos derivados de animais e vegetais. Para maiores detalhes ver Revista Brasileira de Farmacognosia, publicação da Sociedade Brasileira de Farmacognosia. Endereço eletrônico www.sbfagnosia.org.br.

*Naturwissenschaft*¹⁵⁵. Diante dessas duas maneiras de se fazer ciência, a botânica de Schleiden surge como uma ciência majoritariamente indutivista.

Para Schleiden, a ciência botânica parte dos fatos conhecidos, embora não se constitua como ciência apenas nos fatos. Somente há ciência quando a razão opera sobre os fatos, deduzindo regras e leis gerais. A botânica deve ser uma ciência teórica e não histórica. Schleiden considera Robert Brown¹⁵⁶ (1773-1858) o fundador da botânica moderna, pois, para Schleiden, Brown personificava a correta postura do cientista moderno frente à natureza. Há algumas condições fundamentais que marcam a postura metodológica de Schleiden: (1) a ciência natural estuda o corpo, não o espírito; (2) unidade da ciência: não existe mais que uma ciência natural; (3) lei da economia: Não deve admitir-se uma nova hipótese enquanto as anteriores forem suficientes; (4) para fenômenos simultâneos, um não pode ser causa do outro. Para que o pesquisador não viole uma das quatro cláusulas, o botânico propõe quatro meios auxiliares na postura científica: (a) uso de terminologia reduzida, sem apelar a termos desnecessários; (b) utilização não abusiva do testemunho das autoridades; (c) a observação e o experimento são os meios mais importantes para a investigação. Schleiden tinha como exemplo o pensamento embriológico como meio seguro de se fazer ciência baseada na

¹⁵⁵ Em uma tradução livre, os termos designam Filosofia natural e Ciências naturais, respectivamente. Mas a referência aos termos compreendem uma visão de mundo tributárias de conteúdo histórico. A *Naturphilosophie*, representante do pensamento romântico no início do século XIX, não nega a ciência, nega sim a ciência racionalista característica do iluminismo e que tem como modelo de boa ciência, em termos baconianos, a mecânica de Newton. Já a *Naturwissenschaft* se constitui como reação ao mundo romântico, privilegiando explicações calcadas na experimentação, recusando qualquer forma de animismo ou vitalismo. Uma oposição atenuada a essas distinções encontra-se em Timothy Lenoir. Lenoir defende que essas distinções são deverás fracas, não representando polos rígidos de maneira oposta (Lenoir, 1982).

¹⁵⁶ Robert Brown se notabilizou por coletar diversas espécies vegetais em viagens pela Austrália e sudeste asiático na primeira metade do século XIX. Em 1831, descobriu o núcleo das células das folhas da orquídea, e publicou sua descoberta em 1833 no artigo “**Observations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asplepiadeae**” no *Transactions of the Linnean Society of London*, 16: 685-742 (1833). Brown também é conhecido pela descoberta de que grãos de pólen, quando suspensos em água, descrevem uma trajetória aleatória. Esse movimento, conhecido como movimento browniano, foi explicado por Albert Einstein (1879-1955) no artigo de 1905, intitulado “**On the theory of brownian motion**”. In: **The collected papers of Albert Einstein**. Princeton, N. J. Princeton University Press, 1987. pp. 180-190.

experimentação e observação¹⁵⁷; (d) a ausência de regras na utilização do método indutivo, subordinando, frequentemente, a teoria aos dados. Embora a descrição das condições sugeridas por Schleiden ao comportamento do cientista possam indicar uma espécie de proposta de especialização à maneira como concebemos nos dias atuais, o mesmo foi muito crítico ao hermetismo e dogmatismo de seus pares botânicos. Em uma passagem citada por Teulón, Schleiden afirma:

*Muitos botânicos carecem de formação geral filosófica, tanto como de formação em Física e Química, e estudam as disciplinas com mente dogmática. Uma exigência se impõe: também a botânica deve ser cultivada como ciência indutiva*¹⁵⁸.

Semelhante à postura dos estudiosos de embriologia, Schleiden entende que a melhor maneira de proceder é recusando-se a procedimentos idealistas, tais como a doutrina da unidade da planta ou explicações baseadas em metamorfoses dos vegetais. Uma questão orientadora de suas pesquisas era a busca de fatos que esclarecessem o modo como se originam as células. Inicialmente, investigou o embrião vegetal, tanto o inicial como a albumina recém formada. A partir desses trabalhos formulou a ideia segundo a qual o núcleo celular deveria relacionar-se diretamente com a origem da célula. Como consequência de seus experimentos, atribuiu papel de destaque ao núcleo no desenvolvimento celular, e passou a denominar o núcleo de citoblasto (Grego: *Αυτο-βλαστος*: gerador de células). Schleiden considerou que seus antecessores não deram tanta importância ao núcleo celular, elemento essencial na determinação da natureza celular. Em uma publicação de 1838 faz a primeira descrição do nucléolo¹⁵⁹:

Dois perspicazes observadores (Brown e Meyen) deixaram escapar um fenômeno que eu,

¹⁵⁷ Baker, 1952; 1953.

¹⁵⁸ Schleiden apud Teulón, 1983, p. 46.

¹⁵⁹ A obra em questão é *Beiträge zur Phytogenesis*, publicada em 1838 no *Archivos f. Anat. Physiol. Und wiss. Med.*, 137-176. A citação acima foi retirada da tradução feita por Teulón.

no entanto, consideraria o mais essencial. Em citoblastos muito grandes, bem desenvolvidos, se observa, todavia, um pequeno corpo, bem delimitado, que a julgar pela 'sombra' parece representar um grosso anel ou um glóbulo vazio de paredes grossas. Nos menos desenvolvidos se observa tão só o preciso contorno exterior deste anel, e em seu centro um ponto escuro. Em citoblastos menores só aparece uma mancha bem circunscrita, ou por fim, só aparece como um evidente ponto obscuro¹⁶⁰.

Schleiden em suas investigações também descreve as distintas substâncias inorgânicas presentes no processo vital das plantas, além de descrever a formação da membrana que recobre a célula, em virtude de transformações químicas que ocorrem com aquela substância interna na formação da membrana celular.

4.4. A teoria fitogenética de Schleiden

Schleiden utilizou o saco embrionário e o extremo do tubo do pólen como material de estudo para entender o desenvolvimento do próprio embrião. O saco embrionário não contém amido, mas sim solução de açúcar ou goma, enquanto o tubo do pólen contém sempre amido ou uma espécie de muco granuloso que se transforma em açúcar. A partir de uma solução de amido, muco, açúcar e goma, forma-se uma substância gelatinosa, surgindo o que Schleiden chamou de *kernchen* (pequenos núcleos), em torno do qual, por meio de coagulação do material, surgem os citoblastos ou núcleos. A substância gelatinosa torna-se aos poucos uma membrana, iniciando o crescimento da célula, e que somente acaba com a dissolução do núcleo.

Com os resultados favoráveis, Schleiden formula uma lei geral para o crescimento celular em que o processo de formação celular descrito no parágrafo anterior serve de parâmetro à formação dos tecidos das fanerógamas (são plantas mais

¹⁶⁰ Schleiden apud Teulón, 1983, p. 49.

diferenciadas, com raiz, caule e folhas). Uma vez compreendido o processo de formação do núcleo e da membrana em termos microscópicos, é necessário que esse processo explique o crescimento da planta em termos macroscópicos. A utilidade da expressão científica utilizada, defende Schleiden, depende da definição do conceito que lhe sirva de fundamento, ou seja, o conceito “crescer” precisa ser bem delimitado para que o cientista possa dar uma explicação causal do crescimento da planta pela via celular. Para Schleiden, os resultados de seus experimentos dão a indicação de que o termo crescer é definido pelo aumento da massa de um indivíduo, admitindo-se para tal, duas maneiras: a justaposição, própria ao mundo inorgânico, e a intuscepção (invaginação), referente ao mundo orgânico¹⁶¹.

O vegetal que, conforme as duas maneiras de crescimento consideradas por Schleiden (justaposição e intuscepção), deveria crescer pela segunda, se compõe de um agregado singular. As moléculas orgânicas da célula, por meio de reações químicas¹⁶², aumentam a massa tanto nas células já existentes como nas novas por justaposição, anteriormente atribuído apenas às substâncias inorgânicas. No entanto, quando a célula isolada incrementa sua substância pela membrana, quando ao expandir-se seu volume, que se torna grande em relação ao tamanho originário, ela também aumenta a massa da planta inteira por intuscepção. Ao que Schleiden propõe três possibilidades sobre o processo fisiológico do crescimento vegetal: (1) a planta cresce formando o número de células que lhe é pertinente; (2) a planta se desenvolve por expansão e evolução das células.

Este fenômeno é especialmente peculiar à planta, já que, ao ter como base a composição celular da mesma, nem de forma remota pode apresentar-se tal fenômeno nos cristais nem

¹⁶¹ Teulón, 1983.

¹⁶² Não faço alusão às reações envolvidas devido ao presente estudo não ter se dirigido para essa questão, o que não significa que Schleiden tenha desprezado as reações envolvidas. Simplesmente, por uma questão de economia, desviarei do problema por não ser do escopo desse trabalho.

*nos animais*¹⁶³.

(3) as paredes das células já desenvolvidas aumentam por um novo sedimento de camadas.

Uma vez apresentada uma explicação para o crescimento das plantas baseada no funcionamento celular, surge o problema referente à formação das novas células. Há três explicações recorrentes à questão da formação de novas células. A explicação que atribuía a formação de novas células a partir da superfície da *massa primitiva* implicava em maiores problemas que soluções, já que pressupunha uma força vital geradora dessa massa primitiva. As outras duas explicações eram mais plausíveis de investigação experimental. A formação se daria no interior dos tecidos, por conseguinte, nos espaços intercelulares ou no interior das próprias células. Baker descreve em detalhes a gênese da teoria celular de Schleiden. Importo dele aqui apenas quatro pontos que sirvam de atalho à proposta de expansão da teoria celular ao reino animal, incluindo o homem¹⁶⁴.

Algumas conclusões de Schleiden acerca da natureza da célula:

- (1) A célula vegetal é a unidade elementar constitutiva da estrutura da planta;
- (2) A célula se origina de um material gelatinoso complexo, por meio de um processo que se inicia com o surgimento dos nucléolos, em torno dos quais surgem os núcleos ou citoblastos; sobre estes aparece uma tênue vesícula que cresce paulatinamente, dando lugar à célula adulta;
- (3) O processo de crescimento da planta é restrito à multiplicação das células dentro de outras células, salvo nos órgãos arborizados, em que a coagulação de um líquido dá lugar à formação súbita do tecido celular (formação celular endógena);

¹⁶³ Schleiden apud Teulón, 1983, p. 54.

¹⁶⁴ Embora seja redundante a afirmação do ser humano incluso no reino animal, ressalto tal condição, já que no século XIX não constituía estranheza a tentativa de particularizar o homem dos outros animais, mesmo quando não havia dados empíricos para tais hipóteses, basta vermos a reação aos trabalhos de Darwin na segunda metade do século XIX, principalmente de setores de orientação religiosa.

(4) Qual o estatuto celular no organismo vegetal? A célula deve ser estudada como fundamento último do mundo vegetal.

*A célula deve ser considerada um órgão elementar da planta, cujas paredes, quando completamente desenvolvidas, são de celulose e seu conteúdo consta de uma substância semilíquida, nitrogenada; é o único elemento essencial do qual se compõem todas as plantas e sem o qual não poderiam essas existir. Por conseguinte, todas as explicações da planta têm que ser reduzidas à teoria celular*¹⁶⁵.

Schleiden não se dedicou a expandir a sua teoria celular ao reino animal, mas diante dos problemas referentes ao mundo orgânico, de orientação neokantiana, recusa o vitalismo a favor de uma explicação mecânica da natureza. Semelhante ao cristalógrafo que tenta explicar a estrutura inorgânica por meio da atração e repulsão das moléculas, o pesquisador deve explicar, da mesma maneira, as formas orgânicas tendo a experimentação como guia seguro do conhecimento científico. O próximo passo são os trabalhos de Theodor Schwann (1810-1882).

4.5. Theodor Schwann, os animais passam a ser constituídos de células

Schleiden se encontrou em Berlim com um discípulo de Johannes Müller (1801-1858) e esse encontro foi significativo para a expansão dos estudos sobre a célula. Esse discípulo era o fisiologista alemão Theodor Schwann. Schwann comentou com Schleiden de seu interesse em seus trabalhos sobre os citoblastos. Em discurso impresso no *Líber memorialis* em 23 de junho de 1878, Schwann lembra do encontro e a

¹⁶⁵ Schleiden apud Teulón, 1983, p. 56.

importância do mesmo¹⁶⁶:

No dia em que me encontrei com M. Schleiden, este ilustre botânico me assinalou o papel importante do núcleo no desenvolvimento das células vegetais. Lembrei-me de imediato de ter observado um órgão similar nas células da corda dorsal, e compreendi no mesmo instante a importância que tinha tal descobrimento se pudesse demonstrar que, nas células da corda dorsal, este núcleo tem o mesmo papel do que o núcleo no desenvolvimento das células vegetais¹⁶⁷.

Schwann nasceu em Neuss em 7 de dezembro de 1810. Estudou medicina em Bonn nos anos 1829-1831. Após se formar, rumou para Berlim em 1833 como ajudante de laboratório de Muller; em Berlim iniciaria suas pesquisas seguindo uma linha de pensamento mecanicista¹⁶⁸. A geração de cientistas alemães no qual se forma Schwann marca a passagem da pesquisa ‘especulativa’ (Naturphilosophie) à mensuração e experimentação próprios da segunda metade do século XIX (Naturwissenschaft). Nesse espírito de fazer ciência eminentemente quantitativa, Schwann faz diversos experimentos em que quantifica a contração muscular. Ackerknecht conta que o fisiologista alemão Emil Heinrich du Bois-Reymond (1818-1896) teria ficado impressionado com os resultados dos trabalhos de Schwann sobre a contração muscular, já que se tratava da primeira vez que alguém examinava uma força muscular, considerada até então eminentemente vital, como um fenômeno físico e que expressasse quantitativamente tal fenômeno. Estudou também a pepsina¹⁶⁹, a fermentação alcoólica e o ciclo vital da levedura. O interesse em se dedicar à natureza celular nos animais após

¹⁶⁶ O discurso acima encontra-se transcrito no livro *Naissance et déviation de la théorie cellulaire dans l'oeuvre de Théodore Schwann*, Paris 1960, de Marcel Florkin. Reproduzo a passagem traduzida para o espanhol por Teulón, 1983.

¹⁶⁷ Schwann apud Teulón, 1983, p. 58.

¹⁶⁸ Schwann inicia sua carreira como pesquisador na década de 1830, momento em que os ideais românticos começavam a perder espaço no meio científico.

¹⁶⁹ Enzima digestiva produzida pelas paredes do estômago. Tem como função reduzir proteínas em peptídeos mais simples.

contato com a obra de Schleiden, representa o retorno ao problema referente à continuidade ou descontinuidade da natureza¹⁷⁰. Na Física, a teoria atômica assumirá um papel nuclear no século XX, mas em termos biológicos, assumir um modelo descontínuo da natureza biológica (teoria celular) trazia implicações filosóficas e teológicas consideráveis. Veremos mais à frente, nos próximos capítulos, alguns problemas extracientíficos em se conceber um sistema nervoso descontínuo.

4.6. Pressupostos da teoria celular de Schwann

Johannes Müller, quando conheceu Schwann, já era famoso por introduzir métodos experimentais em suas pesquisas. A opinião corrente dizia que o crescimento animal difere essencialmente dos vegetais. A presença de vasos sanguíneos caracterizava os animais e diferenciava seu crescimento em relação às plantas. Müller aceitava a ideia desse crescimento vascular, mas a noção de uma unidade celular responsável pelo desenvolvimento dos organismos não lhe agradava. Mesmo após vários experimentos terem demonstrado a existência de crescimento não vascular nos animais e Henle ter demonstrado, em 1837, o crescimento não vascular no epitélio da epiderme, ainda assim, grande parte dos cientistas mantinha suas concepções contrárias à teoria celular nos animais¹⁷¹.

Um caminho possível que se colocava para resolver a contenda pode ser deduzido da relação entre a estrutura e o crescimento de animais e plantas. Schwann seguiu este caminho. A uniformidade do crescimento, tanto em animais como em plantas, indicava que as forças envolvidas nas ligações químicas responsáveis, em nível molecular, pelo crescimento não poderiam ser diferentes nos animais e nas plantas. A natureza física do fenômeno respondia às mesmas leis fundamentais.

¹⁷⁰ Teulón tomou emprestada essa tese de Marcel Florkin (1960).

¹⁷¹ Teulón, 1983; Florkin, 1960.

Schwann pretendia que sua proposta de explicação do problema excluísse qualquer noção de forças atuante na matéria que não pudesse ser explicada experimentalmente. Cito Teulón.

*(...) a causa que produz nas células o cordão dorsal não pode ser diferente da que dá origem às células vegetais. Havia desde então no animal um órgão, o cordão dorsal, composto de partes elementares que possuem vida própria, que não dependem de uma força comum do organismo. Ele seria, portanto, contrário à teoria geralmente admitida para os animais, segundo a qual uma força comum constrói o animal à maneira de um arquiteto*¹⁷².

Uma vez admitida a semelhança com a célula vegetal, é necessário descobrir o núcleo da célula animal, provando assim serem os animais e plantas originários da mesma unidade básica, as células. Schwann inicia sua investigação pela notocorda¹⁷³ e o tecido cartilaginoso. Em seus experimentos, descreve a existência de uma estrutura, composta de células poliédricas, contendo no seu interior ou próximo à superfície da parede uma formação semelhante ao citoblasto descoberto por Brown e descrito por Schleiden. As células da corda dorsal e da cartilagem derivam de estruturas idênticas às células vegetais com núcleo, membrana e vacúolo. No que diz respeito à nutrição e ao crescimento celular, também se comportam de modo análogo aos vegetais. Falta a Schwann a confirmação de que todos os tecidos animais se desenvolvem a partir de células para que o modelo vegetal se confirme no reino animal. A célula é comparada ao crescimento de cristais por Schwann¹⁷⁴:

¹⁷² Teulón, 1983, p. 63.

¹⁷³ Notocorda ou corda dorsal, estrutura em forma de vareta que se forma no embrião de animais pertencentes ao filo Chordata, entre o tubo digestivo e a medula espinal.

¹⁷⁴ Schwann publica em Berlim (1839) seu *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Thiere und Pflanzen*, que em três seções reuni a obra histológica do fisiologista na década de 1830. Trabalhei com seções traduzidas e examinadas por Teulón e Baker.

O geral na formação das células é o seguinte: primeiramente existe uma substância amorfa líquida e mais ou menos gelatinosa. Tal substância possui, de acordo com suas características químicas e o grau de sua vitalidade, em maior ou menor quantidade, a capacidade própria de causar o nascimento de células. Usualmente, parece formar primeiramente o núcleo e posteriormente, em torno ao núcleo, a célula. A formação de células é para a natureza orgânica o que a formação dos cristais é para a natureza inorgânica. A célula, uma vez formada, cresce continuamente mediante sua força individual, porém, está dirigida pela influência do organismo inteiro como requer o plano do todo. Este é o fenômeno fundamental da vida animal e vegetal. Ele convém também aos casos em que células jovens se formam dentro das células mães, como aos que formam fora delas. Em ambos os casos, a gênese das células tem lugar em um líquido ou uma substância amorfa. Nos propomos denominar esta substância dentro do que se formam as células, substância germinal celular – Zellenkeimstoff – citoblastema. Podemos comparar graficamente, porém somente graficamente, com a estrutura ‘mãe’ em que se depositam os cristais¹⁷⁵.

Schwann comprova a razão pela qual possui aversão às ideias vitalistas estudando, por meio de inúmeros experimentos, as modificações no ovo, bem como o crescimento da membrana germinal. A primeira formação do embrião ocorre sem a presença de vasos sanguíneos, afastando a antiga distinção entre animais e plantas pela presença de vascularização no desenvolvimento dos animais. No intuito de demonstrar que os tecidos são sempre constituídos de células, Schwann estabelece um programa de procedimentos na pesquisa para estudar o grau de desenvolvimento que precisam adquirir as células para a formação de determinado tecido. Divide os tecidos conforme suas células sejam autônomas ou fundidas¹⁷⁶, da seguinte maneira: (a) células isoladas e

¹⁷⁵ Schwann apud Teulón, 1983, p. 65.

¹⁷⁶ Essa ideia de células de determinados tecidos serem, essencialmente, fundidas, será considerada em maiores detalhes mais à frente, quando nos dirigirmos ao tecido nervoso. É importante o destaque dessa característica no pensamento de Schwann, uma vez que alguns intérpretes do debate sobre a contiguidade ou não do tecido nervoso identificam a visão reticularista do tecido nervoso como uma negação da teoria celular. Teulón, mesmo que de forma atenuada, compartilha dessa tese. Conforme as

independentes, que se encontram em líquidos ou simplesmente soltas e móveis umas ao lado das outras, como por exemplo, linfa, sangue, secreções; (b) células independentes, porém, firmemente anexadas entre si e que oferecem máxima similaridade com os tecidos vegetais, exemplo, o epitélio, unhas, garras, pluma, cristalino; (c) células em que as paredes são fundidas entre si, ou estão bem unidas com a substância intercelular, exemplo, as cartilagens, ossos, substância própria dos dentes¹⁷⁷; (d) células fibrosas ou que se dividem formando fibras, exemplo, tendões e tecido elástico; (e) células fundidas em suas paredes e cavidades, exemplo, músculos, nervos, vasos capilares.

Por meio de uma orientação genético-evolutiva, Schwann comprova que tanto as estruturas não organizadas (ausência de vascularização) como as organizadas (c, d, e) são constituídas por células e que têm como lei de formação a mesma que rege a formação das células vegetais. Na terceira parte de sua obra, Schwann propõe uma investigação retrospectiva sobre os próprios trabalhos e se dedica ao estudo da formação celular. Centraliza a argumentação na hipótese de que todas as células tenham uma origem nuclear comum, sofrendo maiores ou menores transformações posteriormente. Desenvolveu sua teoria celular em amplo sentido (*Zellentheorie*), partindo da divisão em quatro momentos da célula adulta: (1) citoblastema; (2) leis segundo as quais se originam novas células no citoblastema; (3) o processo de formação celular; (4) os múltiplos modos de desenvolvimento nas partes elementares do organismo.

(1) Citoblastema: Substância amorfa presente no interior das células já formadas ou a substância existente entre as células. A substância nutricional, presente no citoblastema dos animais, é originária dos vasos sanguíneos¹⁷⁸.

(2) Leis de formação de novas células no citoblastema: (2.1) no tecido composto por determinado tipo de células, somente formar-se-ão novas células na região ‘alcançada’ pela substância nutricional; (2.2) para a formação de novas células é necessário um

teses de Schwann, a formação de anastomose em determinados tecidos entre as células que o compõem não impugna a teoria celular.

¹⁷⁷ Teulón não especifica, mas acredito que Schwann se refira aqui a hidroxiapatita, formada por fosfato de cálcio cristalino.

¹⁷⁸ Baker, 1952.

citoblastema mais concentrado que permita o crescimento das já formadas; (2.3) no que se refere à ideia de origem intracelular vegetal (Schleiden), nos animais, a formação de células dentro de outras células (formação endógena) é um caso raro. As vezes ocorre a geração intracelular (vesícula de Graaf¹⁷⁹ ou cartilagens). Em células fibrosas, tais como, músculos e nervos, jamais se formam células no interior das já existentes.

(3) Fenômenos gerais da formação celular: O predomínio de células nucleadas (99% dos mamíferos) fez com que Schwann buscasse uma descrição detalhada do núcleo. O núcleo celular configura um corpúsculo de forma e tamanho diversos, com coloração e consistência também variáveis, às vezes granuloso ou parecendo oco, diferente da membrana, que é lisa. Schwann descreve o processo de formação do núcleo da seguinte maneira:

Forma-se em primeiro lugar um corpúsculo nuclear; em torno a este se precipita uma camada de substância geralmente granulosa, porém que todavia não se encontra perfeitamente limitada. Às moléculas preexistentes nesta camada se depositam outras moléculas que, a determinada distância dos corpúsculos nucleares, limitam a camada de fora, surgindo um núcleo celular mais ou menos claramente limitado¹⁸⁰.

Schwann propõe nomear o núcleo celular de *célula de primeira ordem* e as células nucleadas de *célula de segunda ordem*.

(4) Quanto às diferentes formações celulares em diversos tecidos, Schwann classifica-as de maneira semelhante à divisão apresentada anteriormente dos tipos celulares.

4.7. A teoria das células (*Theorie der Zellen*)

¹⁷⁹ Corpúsculos esféricos presentes no ovário da mulher e que encerram os óvulos.

¹⁸⁰ Schwann apud Teulón, 1983, p. 71.

Schwann desenvolve uma teoria das células e do organismo nos moldes de um tratado filosófico, a partir de duas considerações acerca das forças básicas presentes no organismo. Denominou teleológica uma força que reuniria as moléculas de maneira particular nos organismos vivos, diferentemente do que ocorre no mundo inorgânico, e dotada de um sentido stahlian¹⁸¹, tendo como propriedade autoconsciência, semelhante ao que se atribui aos homens. A outra consideração em questão se refere à concepção física, em que as forças são as mesmas do mundo inorgânico e atuam segundo as leis da Física, sem qualquer finalidade. Conforme apontado antes, Schwann rejeitou em suas pesquisas qualquer forma de animismo, se inclinando à interpretação física da natureza, mas o mesmo não negou certa adequação existente na matéria orgânica. Como explicar essa adequação, uma vez que as forças físicas e químicas agem aleatoriamente? Para Teulón, Schwann resolve o impasse concebendo a ideia de uma harmonia pré-estabelecida, ou seja, a matéria estaria sujeita às leis da Física, mas tal harmonia se deve a uma ação inteligente, anterior à formação celular. Embora não tenha elementos para tal afirmação, essa harmonia pré-estabelecida pode ter pontos de convergência com pressupostos de herança.

Uma vez que essa ação inteligente não atua sobre o organismo, mas apenas lhe garante a harmonia inicial que o diferencie do mundo inorgânico, a ciência pode abdicar da ideia de Deus em sua atividade investigativa. A adoção, por Schwann, de uma visão não vitalista da ciência não implica em defender o reducionismo físico-químico que se propõe a explicar os seres vivos a partir, apenas, das leis da Física.

A célula possui uma vida independente. O organismo subsiste somente devido ao que Schwann denominou *Wechselwirkung*, a ação cuja virtude permite que uma parte elementar elabore a substância que a outra necessita para sua nutrição¹⁸². Outro ponto de interesse para Schwann com respeito à formação celular são os fenômenos de deformação plástica e os associados ao metabolismo que ocorrem na expansão da

¹⁸¹ Referência a Georg Ernst Stahl (1659-1734), proponente da teoria do flogisto na Química no século XVIII.

¹⁸² Florkin, 1960.

célula¹⁸³.

4.8. Os desdobramentos da teoria celular de Schwann

Em carta a Du Bois-Reymond em 1858, Schwann relata a recepção positiva de seu mestre Müller à sua teoria celular, mesmo Müller permanecendo adepto de concepções vitalistas durante toda a vida. Müller era adepto da teoria química proposta por Gmelin¹⁸⁴, para quem a distinção dos compostos orgânicos dos inorgânicos está em sua estrutura molecular, respectivamente, terciária ou quaternária para os compostos orgânicos e binária para os inorgânicos. O problema é quando se utiliza tal distinção em biologia, com respeito ao vivo e não-vivo; como explicar pela estrutura molecular tamanha distinção? Müller denomina, no intuito de resolver a questão, uma simples e comum *vis essentialis* como a força responsável pela diferença. Outros denominaram a mesma essência por *principio vital criador*, *força vital*, *força orgânica*, *primum movens* entre outros. Müller, Purkinje, Valentin e Henle haviam comparado alguns tecidos animais com vegetais, reconhecendo a semelhança na corda dorsal (estudado por Schwann), assim como a semelhança entre o tecido cartilaginoso e glandular e estruturas celulares de plantas.

Valentin, em contribuição ao livro *Lehrbuch der Physiologie* de Wagner, em Leipzig no ano de 1839, ano da publicação do *Mikroskopische Untersuchungen* de

¹⁸³ A descrição que Teulón fornece dos trabalhos de Schwann sobre o processo de deformação plástica e o metabolismo na célula em desenvolvimento representa uma digressão demasiado longa em nossa exposição, o que justifica que desviemos do problema. É importante apenas salientar que uma das conclusões de Schwann é de que apenas as partes sólidas da célula (membrana e núcleo) são responsáveis pelas transformações químicas que ocorrem no conteúdo celular e no citoblastema externo. O fato de tais transformações ocorrerem tanto na região interna como externa da célula, já que a membrana é parcialmente permeável, podem fornecer uma defesa, dentre várias outras, do reticularismo para o sistema nervoso, já que essas transformações podem ser interpretadas como uma evidência do continuísmo celular ou como causa bioquímica da fusão entre células em alguns tecidos, conforme observado pelo próprio Schwann.

¹⁸⁴ Leopold Gmelin (1788-1853) químico alemão, filho do médico e botânico Johann Friedrich Gmelin (1748-1804) muitas vezes confundido com o pai, já que Johann também publicou alguns trabalhos de Química.

Schwann, reivindica a paternidade da ampliação da teoria celular ao reino animal. Schwann, em resposta, reconhece que Valentin possa ter observado semelhanças entre o tecido animal e vegetal, mas não teria sistematizado uma teoria explicativa do fenômeno conforme ele havia feito.

A teoria celular propiciou um novo passo na busca de compreender a condição biológica da vida, baseando-se na concepção celular da matéria como suporte¹⁸⁵. Da identidade atribuída às células dos tecidos à autonomia do próprio organismo, Schwann considerou se não seriam as células, individualmente, cada uma um organismo. Quem prosseguiu por esse terreno foi o anatomista alemão Friedrich Gustav Jakob Henle (1809-1885), que diferentemente de Schwann, propôs uma teoria do organismo, baseada no conhecimento científico da morfologia e fisiologia das células¹⁸⁶.

Em 1834, em colaboração com Müller, Henle publica no volume XI da *Encyclopädische Wörterbuch der Medicinischen Wissenschaften* uma descrição geral da epiderme e do epitélio. Um ano depois, se dedica ao estudo da cartilagem fibrosa e do tecido adiposo e fibroso. São famosas as suas descrições da forma celular e sua relação com o núcleo, bem como sua tríplice classificação do epitélio humano em escamoso, cilíndrico e ciliado. Henle publica *Handbuch der rationellen Pathologie* e posteriormente, em 1841, *Allgemeine Anatomie*, em que expõe suas teses sobre a relação entre o conhecimento da patologia e a histologia, antecipando em mais de uma década os trabalhos de Virchow.

A fisiologia dos tecidos é o fundamento da patologia geral ou racional, que intenciona conceber os processos patológicos e os sintomas como reações regulares de uma matéria orgânica dotada de forças peculiares e inalienáveis frente a influxos externos

¹⁸⁵ O programa celular somente perderia o posto de teoria fundamental para a compreensão do fenômeno da vida com o advento do programa genético (final do século XIX e início do XX) e da biologia molecular no século XX (Hull, 1975).

¹⁸⁶ Teulón, 1983.

*anômalos*¹⁸⁷.

Um ponto interessante na introdução do *Allgemeine Anatomie* é uma defesa que Henle faz do uso da história da medicina para as investigações histológicas. Dedicado à formação de novas células nos tecidos, Henle admite serem três as possibilidades de formação das células, a maneira exógena, endógena e por septação. Em publicação de 1840, Henle demonstra cautela na redução, por vezes tentada, do conceito de individualidade à vida celular. Reconhece que a partir dos trabalhos de Schleiden e Schwann, o conceito de individualidade sofreu algumas relativizações, no entanto, o organismo que se forma a partir do desenvolvimento celular, constituindo um agregado de células, não é tributário apenas do desenvolvimento interno, biológico, ou seja, constitui um grave erro reduzir a autonomia do organismo como um todo ao desenvolvimento de apenas uma dimensão, a orgânica. Henle não recusa o papel destinado às células na constituição do organismo, apenas não admite que o mesmo seja explicado, unicamente, por suas partes, no caso, as células. Para o cientista, a propriedade de irritabilidade pode ser um bom parâmetro que diferencie o ser vivo do não vivo. A irritabilidade, para Henle, constitui uma ação recíproca das partes vivas e se extingue quando morto o animal. Diferentemente da elasticidade ou contratibilidade físicas de qualquer material, a irritabilidade é essencialmente dependente do estado de vivência do organismo para se constituir. Devido à conexão estabelecida entre os nervos e músculos, tem-se uma medida da energia do sistema nervoso geral. É importante salientar, segundo afirmação de Teulón, que para Henle os nervos e músculos devem estar relacionados de maneira continua com os órgãos centrais para que se configure o fenômeno de irritabilidade. O sistema nervoso assume, na hierarquia orgânica, a condição de órgão nuclear tanto para as faculdades cognitivas, como para o

¹⁸⁷ Henle apud Teulón, 1983, p. 101.

movimento¹⁸⁸.

Outro aluno de Müller também contribuiu para as ampliações da teoria celular. Robert Remak (1815-1865) foi um neurologista e fisiologista de grande sucesso na segunda metade do século XIX. Remak entrou em uma contenda com outros dois cientistas, Heinrich Anton de Bary (1831-1888) e Max Johann S. Schultze (1825-1874), sobre a existência da membrana celular. Remak insistia na existência da membrana em oposição aos dois. Na verdade, sem um exame minucioso, é difícil afirmar que Bary e Schultze não concebiam a existência da membrana, o que posso afirmar com base na literatura do período é que, para ambos, a membrana não era condição estrutural necessária e suficiente para o modelo celular em voga.

Em 1880, o botânico Johannes von Hanstein (1822-1880) propôs a substituição do nome “célula” por “protoplasma”, uma vez que a noção de célula sem parede celular é contraditória aos primeiros modelos que garantiram o nome à mesma. Vimos no início do capítulo que, anterior aos modelos fibrilar e globular, já se faziam referência a uma substância amorfa constituindo a unidade elementar dos seres vivos. Schleiden denominou essa substância de *gelatina vegetal*, formada pela mistura de amido, açúcar, muco e uma espécie de goma. A mesma substância recebeu a denominação de citoblastema por Schwann. A partir do final da década de 1830, os citologistas¹⁸⁹ começam a se interessar por essa substância interna à célula.

¹⁸⁸ Obviamente Henle não foi o primeiro a considerar o sistema nervoso responsável pelas faculdades cognitivas. O que considero relevante na condição atribuída ao sistema nervoso por Henle é que a tensão existente entre o sistema nervoso e o tecido muscular é responsável pela geração do movimento. Para que haja resposta do sistema nervoso ao tecido muscular é necessária uma conexão continua garantindo maior eficiência na transmissão do sinal. Teulón afirma ainda que o sistema nervoso é, para Henle, o órgão da moral e do sentimento. A pergunta que mais à frente nos interessará responder é, se para a conexão com o tecido muscular se faz necessário uma conexão contínua buscando maior eficácia, no que se refere às chamadas faculdades superiores, como devem ser as conexões? Esse problema estará presente, de maneira direta ou indireta, na defesa de alguns reticularistas.

¹⁸⁹ Uso o termo citologista correndo o erro de anacronismo, já que não tenho a informação de quando se usou a denominação pela primeira vez. Talvez fosse mais correto o termo histologista, uma vez que o termo histologia foi cunhado por Meyer em 1819, sendo posteriormente utilizado por Cloquet em 1826 e introduzido na Inglaterra por Owen. Heusinger descreveu a histologia como a área responsável pelas leis de geração e ordenação tecidual. (Teulón, 1983).

Purkinje estudou, do ponto de vista da fisiologia, as sensações visuais, cultivando os estudos da anatomia microscópica e da embriologia. Segundo Baker, Purkinje teria, em conferência proferida em 16 de janeiro de 1839, feito menção ao termo “protoplasma” pela primeira vez¹⁹⁰.

Hugo von Mohl (1805-1872) introduziu o termo protoplasma na citologia vegetal e esclarece seu significado como a região interna da célula. Fundou em 1843 a famosa revista *Botanische Zeitung* e foi um dos primeiros cientistas a combater o ideal da Naturphilosophie em território alemão. Segundo Mohl, o protoplasma é a parte do conteúdo celular dos vegetais que inicia a formação da nova célula. Remak adotou a palavra protoplasma nos termos de Mohl em seus estudos das células do ovo e dos embriões de animais. Thomas Henry Huxley¹⁹¹ (1825-1895) tentou desacreditar a ideia de que o protoplasma fosse a substância viva fundamental, bem como a teoria celular em seu conjunto. Para Huxley, dois elementos constituem os tecidos: o endoplasto (equivalente ao protoplasma) e o periplasto (equivalente ao material intercelular).

O protoplasma começou a assumir o estatuto de entidade biológica fundamental, iniciando uma nova etapa de pesquisas sobre o núcleo celular. Na segunda metade do século XIX vários pesquisadores se dedicaram ao tema em suas pesquisas¹⁹². Baker considera a nova etapa dos estudos da teoria celular, a partir dos trabalhos de Henle e Valentin, como a época da célula nucleada.

Rudolph Albert von Kölliker (1817-1905), considerado um dos maiores histologistas do século XIX e que terá um papel de destaque nos estudos do sistema nervoso na segunda metade do século, trabalhou em 1897, fundamentalmente, com anatomia microscópica examinando o quiasma óptico, os núcleos da coluna dorsal de aves, a origem do corpo vítreo do olho e foi o responsável pela recepção aos trabalhos de Santiago Ramón y Cajal em um congresso realizado em Berlim em 1889. Kölliker

¹⁹⁰ Baker, 1949, p. 90.

¹⁹¹ Conhecido nos manuais de história da ciência como o *bulldog de Darwin* por ter sido o principal defensor, de maneira pública, da teoria da evolução de Charles Darwin (1809-1882).

¹⁹² Contribuições foram dadas por Franz Unger (1800-1870), Ernst Haeckel (1834-1919), Ernst Wilhelm von Brücke (1819-1892), Wilhelm Kühne (1837-1900) entre outros.

também se dedicou a investigar o núcleo celular, atribuindo ao núcleo papel de destaque na multiplicação celular. Reconheceu a tese segundo a qual determinadas aglomerações de células constituiriam elementos de ordem superior. Distinguiu dois tipos de elementos superiores: (1) Aqueles que podem ser reconhecidos, as redes celulares conjuntivas, musculares e nervosas; (2) Aqueles que não podem ser reconhecidos, as fibras, músculos estriados, rede de canais de capilares sanguíneos e linfáticos.

Quanto ao processo de multiplicação celular, Kölliker aceitava a formação endógena, mas acrescentou uma segunda possibilidade, por cisão do núcleo em relação à célula. Teulón reproduz a classificação proposta por Kölliker para os diversos tecidos, em que classifica os tecidos celulares em epidérmico ou glandular; tecido da substância conjuntiva em mucoso, cartilaginoso, elástico, conjuntivo ou ósseo; tecido muscular em liso ou estriado; tecido nervoso em tubos ou células; e mais o tecido de glândulas vasculares sanguíneas. Outra evidência da importância do núcleo para a nova teoria celular no último quarto do século XIX se observa com a descoberta da divisão celular a partir dos trabalhos de Remak e Rudolf Virchow (1821-1902), determinando de vez que a reprodução celular ocorre sempre pela multiplicação celular. Remak, que tinha duplo interesse (histológico e fisiológico), se dedicou desde 1840 ao estudo do sistema nervoso, descobrindo entre os anos de 1843 e 1844 o axônio (*cilindro eixo*). Para Teulón, os trabalhos de Remak e Virchow juntos constituem a “terceira teoria celular”.

Considerações de âmbito geral da constituição dos organismos nas últimas décadas do século XIX serão tributárias do estatuto científico alcançado pela teoria celular. Veremos nos próximos capítulos que o debate sobre a continuidade e descontinuidade da matéria orgânica não mais se posiciona no âmbito celular, surgindo os modelos granular e reticular do protoplasma.

5. A Histologia como ciência fundamental no entendimento do mundo orgânico

5.1. A orientação de pesquisa histológica

A palavra histologia foi proposta em 1819, em Bonna, por Karl Mayer (1787-1865) em substituição ao termo anatomia geral¹⁹³. O estudo dos tecidos que compõem os órgãos era uma subdivisão da anatomia, denominado anatomia geral.

Uma boa maneira de entendermos a divisão que o estudo da anatomia fazia pode ser pela consulta aos dicionários de termos médicos ao longo do século XIX. Isso ajudará a entender o surgimento da histologia como um ramo da anatomia. No *A new medical dictionary*, editado por Robert Hooper em 1817, o vocábulo *anatomy* é definido, de maneira muito sintética, pela dissecação do corpo humano para a exposição da estrutura, situação e uso de suas partes. Enquanto isso, *A dictionary of terms used in medicine and the collateral sciences* de 1845, editado por Richard D. Hoblyn, apresentava no verbete *anatomy* uma divisão bem mais extensa. A anatomia, definida como a ciência da organização, se divide em anatomia humana e comparativa, sendo que essa última constitui o estudo da anatomia do reino animal e vegetal, excluindo o humano. A anatomia humana, por sua vez, se divide em outras quatro áreas, quais sejam: (a) anatomia descritiva; (b) anatomia geral: trata da estrutura e propriedade dos diferentes tecidos que são comuns a vários órgãos; para este ramo pertence o exame das características gerais de órgãos e humores; (c) anatomia especial (passa a ser denominada anatomia patológica na segunda metade do século XIX) e (d) anatomia transcendental, que investiga o modo, plano ou modelo sobre o qual estruturas animais ou órgãos são formados (a embriologia de fins do século XIX).

Apesar do termo histologia já ser utilizado em algumas publicações, a denominação anatomia geral ainda prevalecia, conforme vimos no dicionário de termos

¹⁹³ Maestre de San Juan, 1885.

médicos de 1845. No dicionário de termos alemães usados em medicina (*A dictionary of the German terms used in medicine*, 1879, editado por George R. Cutter) há dois vocábulos que fazem referência à histologia. O substantivo *Gewebelehre* designa histologia, assim como *Histologie*, termo mais frequentemente encontrado nas publicações a partir da segunda metade do século XIX. Na busca de outras versões anteriores do dicionário de termos alemães usados em medicina, encontrei os verbetes *Gewebe* e *Gewebeelement*, designando respectivamente, tecido e elemento histológico, sem, no entanto, a presença do verbo *Gewebelehre*.

A designação da histologia por uma ramificação da anatomia permanece nos tratados e dicionários até a virada do século XIX, apesar das inúmeras tentativas de separação e autonomia da histologia¹⁹⁴. Um exemplo dessa insistência em considerar a histologia um braço da anatomia pode ser visto no famoso dicionário ilustrado de medicina, biologia e ciências afins (*An illustrated dictionary of medicine biology and allied sciences*) editado por George M Gould em 1900. No verbete *anatomy* encontra-se a definição geral idêntica aos dos dicionários do início do século XIX, em que a anatomia é a dissecação dos órgãos do corpo a fim de estudar sua estrutura, situação e usos dos mesmos. Com relação à divisão da anatomia, há treze ramos distintos, com destaque para ramos ‘novos’ em relação aos outros dicionários aqui consultados, a saber: anatomia homológica, que estuda especificamente a correlação entre partes do corpo; anatomia microscópica, envolvendo estudos exclusivos com o uso do microscópio; anatomia physiognomica, estudo das expressões, em particular da face; anatomia regional, estudo das partes limites ou regiões do corpo; anatomia topográfica, anatomia das pequenas porções ou partes do organismo e anatomia veterinária, além das já apontadas em outros manuais e dicionários. Apesar de divisões como anatomia topográfica e regional parecerem redundantes e ambas se referirem a objetos da histologia, principalmente quando se pensa na extensão abarcada pela histologia no tempo presente, no mesmo dicionário encontra-se uma distinção entre esses ramos da

¹⁹⁴ Algumas dessas tentativas podem ser encontradas em: Ramón y Cajal (1889; 1901); Maestre de San Juan (1885).

anatomia e a histologia propriamente dita. Há no verbete *histology* (ιστός-tissue; λόγος-science) uma caracterização própria ao estudo da histologia, não mais como sinônimo de anatomia geral, aliás, termo não mais presente na maioria dos dicionários no final do século XIX.

Mesmo onde a designação por anatomia geral continuava, já se apresentava um pensamento histológico característico da autonomia que a histologia alcançaria décadas depois. Retomo Ranvier sobre seu mestre Claude Bernard (1813-1878), no momento de sua aula inaugural na cátedra de anatomia geral, criada a pedido de Claude Bernard diretamente ao ministro de instrução pública da França e que Ranvier foi o primeiro a ocupar a cadeira:

*(...) O problema da Fisiologia e da Patologia gerais é ter como objeto as partes mais interiores e mais essenciais dos órgãos, os elementos dos tecidos. Não é suficiente conhecer anatomicamente os elementos orgânicos, é preciso estudar suas propriedades e suas funções com a ajuda da mais delicada experimentação; em uma palavra, é preciso praticar a Histologia Experimental. Esse é o objetivo supremo de nossas pesquisas, tal é a base da Medicina futura*¹⁹⁵.

Mais à frente no mesmo discurso, Ranvier afirma que a histologia, assim como os outros ramos da anatomia, nada mais é que testemunha da funcionalidade do organismo. Essa ‘subordinação’ à fisiologia é razoável se pensarmos na prevalência de uma orientação fisiológica na escola francesa na segunda metade do século XIX, fortemente influenciada pela obra de Claude Bernard. Basta descrever as principais cátedras nas principais instituições francesas na segunda metade do século XIX para constatar o enorme número de pesquisadores que se formaram sobre a égide da medicina experimental professada por Bernard, de forte orientação fisiológica¹⁹⁶.

A histologia, ciência criada por Marie François Xavier Bichat (1771-1802), assume a partir da segunda metade do século XIX um papel central nos estudos do que

¹⁹⁵ Ranvier apud Berthoz, 2005, p. 234.

¹⁹⁶ Bernard, 1978; Singer, 1947; Flourens, 1858; Flourens apud Berthoz, 2005, pp. 167-178.

podemos chamar da reunião das ciências biomédicas. Esse estatuto alcançado pela histologia pode ser explicado em função do quão bem sucedida foi a teoria celular como síntese do elemento fundamental da ciência biológica.

5.2. Da teoria celular à teoria protoplasmática

Com novos microscópios e novas técnicas de fixação e coloração das lâminas na segunda metade do século XIX, as pesquisas dirigidas à estrutura do sistema nervoso puderam avançar. Purkinje foi um dos pioneiros no início do século e, supostamente, a primeira ilustração da estrutura anatômica do tecido nervoso é de sua autoria (figura 7). Em 1837 em um congresso científico em Praga, Purkinje apresenta seu trabalho sobre a descrição de células do cerebelo.

Figura 7: Ilustração de Purkinje de célula cerebelar publicada em 1838. (Fonte: Finger, 2000, p.201).

Aproximadamente um ano após a publicação de Purkinje, Schleiden propôs a teoria celular para as plantas. Um ano depois Theodor Schwann descobre a enzima pepsina de tecido animal e propõe a existência das células como unidade básica também no reino animal.

Para Radl¹⁹⁷, a teoria proposta por Schleiden era ‘vaga e pouco definida’, no entanto, histologistas de renome, tais como, Kölliker, Virchow, Strasburger entre outros,

¹⁹⁷ Radl, 1988.

aceitaram as concepções de Schleiden e direcionaram suas pesquisas com o objetivo de investigar os elementos que compunham a estrutura celular. Desse programa de pesquisa, os estudos sobre a constituição íntima da célula avançaram até o conhecimento do protoplasma e do núcleo celular. Ramón y Cajal nos fornece um importante testemunho de como será modificada a teoria celular originalmente proposta no início do século XIX.

Dos três elementos que constituem a célula, membrana, núcleo e substância albuminoide, nem todos gozam de igual posição hierárquica orgânica. Nem são tampouco necessários para o desempenho de suas variadas funções. Tão somente o protoplasma, essa substância transparente, granulosa e complexa, associada por princípios de hidrocarbonetos e proteínas, é indispensável para a vida da célula; o núcleo e demais fatores do elemento orgânico, representam não mais que a diferenciação avançada do mesmo e uma fase especial de sua incessante evolução. Para chegarmos a esse conhecimento necessitou-se que Cohn publicasse suas observações sobre os zoóporos [gênero de protistas semelhantes a fungos] das algas, elementos mais simples que a célula, pois carecem de membrana; Remak demonstrou igualmente sua ausência [de membrana] nos elementos embrionários que resultam da segmentação do óvulo; Haeckel descobriu todo um reino de seres orgânicos, de formas vagas, indecisas, terreno neutro de onde partem como raios de um mesmo foco o reino vegetal e o animal e no qual se admiram organismos tão simples como o gimnocyto que não consiste mais que um pedaço de substância protéica, sem núcleo nem membrana; e, por último, Huxley descobriu o misterioso Bathybius haeckelii, essa massa disforme, mucilaginosa que cobre o lodo do fundo dos mares, torpe esboço da organização e que, não obstante, goza das propriedades principais da matéria viva; a nutrição, sensibilidade e reprodução¹⁹⁸.

Após esses trabalhos descritos por Ramón y Cajal e outros tantos, a célula como unidade fundamental dos organismos vivos cede lugar ao protoplasma, essa substância que preenche as células. Essa modificação na teoria celular proposta inicialmente por

¹⁹⁸ Ramón y Cajal, 1880a, p. 299.

Schleiden e Schawnn em que se deslocam as propriedades essenciais do mundo orgânico da célula ao protoplasma é aparente, uma vez que conserva todos os outros pressupostos, antes atribuídos à célula, agora tributários dessa massa disforme que é o protoplasma¹⁹⁹.

Conforme dito no início do capítulo, Ranvier, em sua aula inaugural no Collège de France em 1876, citando Claude Bernard nos tempos em que Ranvier era seu aluno, reserva um lugar central ao estudo do organismo na sua porção mais íntima, que se configura nas conexões entre as células. O conhecimento no nível tecidual forneceria então subsídios ao conhecimento funcional e patológico, uma vez que o conhecimento do tecido normal permitiria uma melhor compreensão das alterações que levam ao estado patológico.

Quando Rudolph Virchow (1821-1902) propôs sua concepção de *república celular e perda funcional*, em que defendia que a enfermidade não se manifestava no organismo como um todo, mas sim numa dada população de células e que a perda da função de determinado órgão ou sistema era um indicador de um processo que ocorria no nível celular, a mesma centralidade que antes era atribuída ao tecido no início do século, agora era deslocada à célula²⁰⁰.

Com as descobertas feitas nas últimas décadas do século XIX, apresentadas algumas delas aqui no testemunho de Ramón y Cajal, e que delegam ao protoplasma o papel de elemento comum e, sendo assim, fundamental aos organismos vivos, o debate acerca dessa questão continuará no último quarto do século XIX.

¹⁹⁹ Ramón y Cajal leu e cita frequentemente nos seus primeiros artigos no início dos anos 1880, a obra de Beale sobre o protoplasma (ver Beale, 1870).

²⁰⁰ Radl, 1988.

6. Algumas considerações sobre as microtécnicas no século XIX

6.1. Técnicas histológicas

Até meados do final da década de 1860, praticamente a única maneira de observação de células nervosas separadas do tecido era por meio de uma técnica desenvolvida por Deiters²⁰¹, que consistia basicamente em pinçar células nervosas fazendo uso de duas agulhas. Essa técnica era demasiado lenta e trabalhosa. Células de axônios longos e com inúmeros dendritos constituíam verdadeiro obstáculo ao pesquisador, que dificilmente conseguia separar uma ou mais células mantendo sua integridade física em relação ao tecido. Apesar da dificuldade da técnica, Deiters obteve boas preparações de células nervosas da medula espinhal, estrutura muito explorada pelo pesquisador alemão (ver figuras 8 a 12).

Figuras 8 e 9: Na figura 8 (esquerda): Células ganglionares isoladas da matéria cinzenta da medula espinhal com 300 – 400 vezes de ampliação. Há quatro desenhos na prancha feitos a partir do método de

²⁰¹ Otto Friedrich Karl Deiters (1834-1863), neuroanatomista alemão que estudou na Universidade de Bonn. Deiters faleceu muito jovem, aos 29 anos. Apesar da morte precoce, deu importantes contribuições ao estudo da estrutura tecidual do cérebro e medula espinhal. As imagens das figuras 8 e 9 foram retiradas de seu livro *Untersuchungen Über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere* (Investigações sobre o cérebro e a medula espinhal do homem e dos mamíferos) de 1865.

dissociação mecânica. Na figura 9 (direita): Secção transversal através de uma metade da medula oblonga perto da sua transição para a ponte de varólio, com feixes da raiz do nervo abducente, facial e auditivo. (Fonte: Deiters, *Untersuchungen Über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere*, 1865, pranchas I e II).

Figuras 10 e 11: Método de dissociação mecânica com auxílio de uma lente de condensação (esquerda). (Fonte: Hogg, 1854, p. 69). Método de dissociação mecânica com microscópio binocular de Collins (direita). (Fonte: *Quarterly Journal of Microscopical Science*. Lankester, E. & Busk, G. (Ed). London, 1866. Vol VI. Seção notas e correspondência, p. 50).

Maestre de San Juan, 1885, p. 225).

Figura 12: Tendão humano dissociado com agulhas. (Fonte:

Para tecidos com membranas muito delicadas, tais como o tecido nervoso de insetos, a dissociação é feita em um líquido dentro de um recipiente de vidro, que pode ser água (figura 10). O material é colocado em um vidro sob uma luz intensa com o uso de uma lente de condensação.

O período posterior ao descrédito atribuído ao uso do microscópio na investigação científica é marcado por inúmeros aperfeiçoamentos na microscopia e nas técnicas de coloração, a partir da década de 1840. Além do uso frequente que se dava a corantes como carmim e hematoxilina, existiam outros métodos específicos para o estudo do tecido nervoso. O método de Weigert para coloração da mielina era especialmente recomendado para esses casos²⁰². É correto pensarmos que desde os primeiros usos do microscópio em trabalhos científicos, ainda no século XVII (cogita-se de seu aparecimento no final do século XVI, mas o uso difundido nas academias se dá no século XVII), era de interesse desses primeiros microscopistas o aperfeiçoamento tanto no instrumento como nas preparações dos objetos examinados. Em nossa breve introdução geral ao contexto em que se formulam as teses do programa neuronal nos

²⁰² Karl Weigert (1845-1904), patologista alemão, fez inúmeros trabalhos sobre técnicas de coloração de bactérias examinadas ao microscópio. Ramón y Cajal fornece uma boa descrição desse método no *Manual de Anatomia Patológica General* (1896): (1) Conforme se obtém os cortes, coloque-os empapados em álcool a 36°C sobre uma folha de papel, de onde, por prevenção, deve-se marcar o início da série; (2) O papel (sempre umedecido com álcool) com os cortes para baixo deve ser colocado sobre uma lâmina de cristal com colódio, semelhante ao procedimento dos fotógrafos. Deve-se apertar o papel sobre o colódio para que os cortes possam aderir enquanto aquele se despreça; (3) O cristal e os cortes (não devem secar), agora cobertos de uma nova camada de colódio, devem ficar alguns minutos em processo de coagulação do colódio; (4) Posto os cristais na água (antes de secar o colódio), se desprenderá facilmente a película de colódio com todos os cortes seriados, podendo-se com toda segurança, trabalhar nela seguindo a sequência de operações de coloração, desidratação, clareamento e montagem da lâmina. A essência usada para clarear deve ser o creosoto, que transparece muito e não ataca a celoidina. Ainda no manual de anatomia, Cajal descreve uma lista de técnicas específicas para o estudo do tecido nervoso. (A) Para a coloração específica da mielina há, além do método de Weigert, o método de Pal (simplificação do método de Weigert); método de Marchi, ótimo método para ver degenerações secundárias do sistema nervoso; método de Freud, em que as fibras medulares se tingem de violeta, vermelho ou azul, porém, esse método é muito inconstante; método de Azoulay (1895), tinge bem a mielina e é bem constante; (B) Para a coloração das células e expansões protoplasmáticas: método de Nissl (1894), método rápido de Golgi (modificado da primeira versão), método lento de Golgi, método de Golgi com bicloreto de mercúrio, método de Cox; (C) Para a coloração de núcleos e axônios: método de Ehrlich do azul de metileno.

interessará os avanços que ocorrem na segunda metade do século XIX e, principalmente, os estudos direcionados aos tecidos animais.

Se o tecido não estiver em bom estado (saudável) quando for fixado, apresentará detalhes anormais ao observador, independentemente do tratamento a que será submetido. O investigador deve evitar alterações no tecido após a morte do organismo, tais como evaporação de substâncias, mudança osmótica, ataque de bactérias e fungos²⁰³. A água foi muito utilizada nas preparações, bem como soro sanguíneo e fluido amniótico como fixadores, até meados dos anos 1860. Jacobson introduziu em 1833 o ácido crômico como fixador, mas ainda com pouca difusão entre os pares²⁰⁴. Um dos processos que maior dano causava ao tecido era a incorporação (não apenas devido ao problema de desidratação, mas a altas temperaturas). A secção feita com pouca perícia causava danos mecânicos e a montagem alterava o meio. Cada etapa dessa deveria, por sua vez, ser objeto de exaustivos estudos de aperfeiçoamento.

Segundo Bracegirdle, a incorporação não era muito realizada no início do século XIX. Um método de endurecimento aproximado era utilizado por Malpighi ainda no século XVII, que consistia no engrossamento da substância do cérebro pela fervura em água, com posterior limpeza na superfície de corte, pondo em relevo visível as ‘glândulas’ que pareceriam indicar áreas sem vascularização pelos vasos corticais²⁰⁵. Um processo similar a esse é utilizado no século XIX por botânicos com o intuito de

²⁰³ Bracegirdle, B. *A History of microtechnique: The evolution of the microtome and the development of tissue preparation*. Second Edition. London: Science Heritage Ltd, 1987. O capítulo quatro trás uma boa introdução das pesquisas sobre substâncias utilizadas nas preparações para microscopia entre os anos 1830 e 1910. Como fonte primária para esse estudo recomenda-se a série de artigos de W. H. Seaman, *Staining tissues in microscopy*, publicados entre os anos 1885 e 1886 no *The American Monthly Microscopical Journal*. As publicações desse periódico foram organizadas em volumes anuais reunidos, respectivamente, nos volumes 6 e 7 e os artigos de Seaman encontram-se em (1) Volume 6: pp. 65-68; 76 (nota editorial); 89-94; 106-107; 131-133; 152-156; 210-216; 234-236; (2) Volume 7: 13-15; 31-35; 53-54; 70-70; 71-71; 97-99; 150-152. O estudo de Seaman é muito bem detalhado sobre as técnicas de coloração do período em questão, mas por se tratar de publicações da metade da década de 1880, algumas técnicas das décadas anteriores já haviam sido modificadas, diante desse cenário, iremos preferir, em alguns momentos, referências publicadas no periódico britânico *Quarterly Journal of Microscopical Science*, editado a partir de 1853 e que possuía seções em que se traduziam artigos considerados de destaque em outros países, principalmente os de língua alemã. Retornarei a Seaman quando o período examinado for a década de 1880.

²⁰⁴ Bracegirdle, 1987.

²⁰⁵ Idem, p. 60.

amolecer o tecido vegetal. Em um artigo de 1840²⁰⁶, Bowman relata o uso do ácido acético diluído para preservação de tecidos. Esse método foi utilizado por Mayzel no final da década de 1870 para fixação de cromossomos. O uso do álcool de vinho para endurecer tecido é conhecido desde o início do século XIX, sendo muito utilizado por Helmholtz²⁰⁷. Em 1851, Lockhart Clarke experimenta uma mistura entre ácido acético e álcool²⁰⁸. A descrição que Lister dá do método de Clarke não menciona a mistura entre ácido acético e álcool, mas trata-se de uma diferença de nove anos da publicação do artigo de Clarke e o de Lister. O que mais nos interessa nessa história não é a confirmação da referência original de Clarke, mas a descrição dada por Lister de seu método no exame de porções da medula espinhal e que permite conhecermos o problema da dificuldade em se rastrear o caminho das fibras nervosas no tecido nervoso, mostrando que tal problema já estava posto muito antes da geração²⁰⁹ de Golgi e Ramón y Cajal.

Duas substâncias importantes introduzidas nos métodos de coloração foram o sal duplo de iodeto de cloro e zinco e o ácido ósmico utilizados por Franz Schulze (1840-1921) em meados de 1850. Schulze teria enviado uma solução de ácido ósmico

²⁰⁶ Bowman, W. *On the minute structure and movements of voluntary muscle*. *The Philosophical Transactions of the Royal Society*. London: 1840, 457-502.

²⁰⁷ Shepherd, 1991.

²⁰⁸ Clarke, J. L. *Researches into the structure of the spinal cord*. *The Philosophical Transactions of the Royal Society*. London: 1851, 141: 601-622. Essa referência está em (Bracegirdle, 1987, p. 97). Não li o artigo de Clarke, no entanto, em um artigo de janeiro de 1860 no *Quarterly Journal of Microscopical Science*, intitulado *Some observations on the structure of nerve-fibres*, Joseph Lister descreve o método de Clarke após encontrar-se com o mesmo e observar suas preparações. Lister descreve assim o método: *Uma porção da medula espinhal perfeitamente fresca foi endurecida por imersão em uma solução de ácido crômico diluído. Finos cortes são feitos com uma navalha, e estes, após imersão por um tempo em uma solução amoniacal de carmim, são embebidos em espíritos de vinho para remover a água e, em seguida, tratados com óleo de terenbitina [líquido incolor fabricado a partir da resina de pinheiro, utilizado como solvente em misturas de tintas]. O agente da última etapa tem o efeito de tornar as secções transparentes, de modo que as células nervosas da matéria cinzenta, finamente coloridas pelo carmim, são vistas com a distinção máxima, dando em várias direções com processos de ramificações longos, enquanto que as fibras nervosas, que são similarmente tingidas, podem ser rastreadas com igual facilidade no seu curso (...)*. (Lister, 1860, p. 29).

²⁰⁹ O historiador Robert Darnton chama a atenção para o vazio no uso do termo *geração*, preferindo a expressão unidade demográfica. Para nosso exame, admito que o termo não se esvazia tanto por considerar a comunidade científica em questão como uma ‘unidade’, mesmo que essa posição implique em problemas historiográficos significativos.

(provavelmente tetra-óxido de ósmio) ao colaborador Max Schultze (1825-1874), solicitando que o testasse. Schultze publica um artigo em 1864 com o uso do ácido em um órgão fosforescente de um besouro. Pequenas células isoladas como corpúsculos do sangue eram aquecidas para fixação. Ehrlich fez preparações para examinar bactérias com essa técnica em 1879. Uma maneira nova introduzida por Golgi consistia na injeção do fixador direto na artéria do animal. Em torno de cinquenta segundos esperava-se que as células fixadas já estivessem boas para tratamento. Dessa maneira, Golgi conseguiu preservar com ótima qualidade e pela primeira vez a hipófise e a retina, já que são estruturas delicadas e de difícil acesso sem alteração de sua estrutura física²¹⁰. Pequenas porções de tecido também eram mantidas congeladas em um recipiente a vácuo sob ação do ácido sulfúrico a -20°C. Esse método foi proposto por Altmann em 1889, mas Mann melhorou-o, utilizando uma mistura de dióxido de carbono sólido com álcool para aumentar a velocidade de congelamento. O tecido antes era desidratado com ácido. Uma alternativa ao álcool para desidratar o tecido era a acetona ou o azul de metileno²¹¹.

Um caso de especial interesse para os estudos sobre o tecido nervoso é do corante desenvolvido por Gerlach²¹². Em 1858, Gerlach usou, em secções do cerebelo endurecido com uma solução de dicromato de potássio, uma solução de amônia carmim. Conta-se que o preparado foi utilizado por acidente e no dia seguinte, o resultado foi ótimo, resultando em uma técnica muito utilizada na coloração do tecido nervoso. Gerlach foi também o primeiro a utilizar um alcalino carmim (uma mistura de tetraborato de sódio). Outra substância muito importante na coloração de tecidos a ser

²¹⁰ Golgi, C. *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso*. Archives Italiennes de Biologie. 1886, 7: 15-47. A obra científica de Golgi foi reunida em três volumes sob o título *Opera Omnia*, e editada por Ulrico Hoepli em Milão em 1903. Nos capítulos em que examinarei o trabalho de Golgi utilizarei como principal fonte artigos selecionados dessa coletânea. As referências feitas a Golgi nos demais capítulos serão mencionadas pelas publicações originais, tal como, a que se segue na presente nota.

²¹¹ O azul de metileno é usado até hoje como um modelo para coloração, junto com a hematoxilina, Eosina, entre outros, em aulas introdutórias de histologia em cursos de Biologia.

²¹² Joseph von Gerlach (1820-1896), foi professor de Anatomia na Universidade de Erlangen, na Alemanha.

utilizada nesse período foi a hematoxilina²¹³ (derivada da fermentação do campeche, árvore típica da América central).

Outra família de compostos orgânicos que servem para confecção de corantes são as anilinas. Seus primeiros usos datam de meados de 1850. Perkin introduziu um corante de anilina, que pode ter sido o primeiro caso, em 1856. Ehrlich introduz o azul de metileno em 1877. O uso de óleo com anilina na solução, para aumentar a velocidade na ação de ácidos em tubérculos no organismo, levou Ziehl a incluir o fenol no lugar da anilina algumas vezes.

A chamada ‘coloração metálica’ ocupou papel de destaque na segunda metade do século XIX, nos estudos do tecido nervoso. Será mais bem explorada mais à frente quando analisarmos a obra de Golgi. Para o momento façamos algumas considerações de caráter geral. Um dos primeiros usos de compostos metálicos em preparações histológicas foi de autoria de Krause em 1844. Ele tratou pedaços de pele em solução de nitrato de prata, que subsequentemente escureceu na luz. Krause explicava que devido à natureza do nitrato de prata, a formação de um precipitado se dava pela formação do cloreto de prata e prata metálica. Dez anos depois, Flinzer aplicou o nitrato de prata sólido diretamente nos olhos de animais vivos; em seu trabalho sobre a córnea em 1856, His também utilizou o nitrato de prata. Em 1854, Hartig utiliza o nitrato de prata em estudo de plantas.

O método desenvolvido por Golgi ficou para a posteridade conhecido como o ponto de inflexão nas técnicas de coloração para os estudos do tecido nervoso. O desenvolvimento do trabalho de Ramón y Cajal a partir da modificação desse método é uma das chaves no desenvolvimento da teoria neuronal. Ramón y Cajal entende que na França, e principalmente, na Alemanha, reina uma severa disciplina de escola em que, por questões de respeito, o aluno não se aventura em tentar descobrir novos métodos. Essa explicação é apresentada para justificar a demora na aceitação do método de Golgi pela comunidade científica como um ótimo método de coloração do tecido nervoso.

²¹³ Quekett, J. *A practical treatise on the use of the microscope, including the different methods of preparing and examining animal, vegetable and mineral structures*. London: Baillière, 1848.

Sobre as virtudes que deve ter uma coloração para o estudo do tecido nervoso, Ramón y Cajal disse:

(...) sabido é que a substância cinza representa algo como um feltro extremamente apertado de fios ultra-sensíveis; para perseguir estes filamentos nada valem os cortes nem as colorações completas. Requer reações intensas que consigam cortes muito grossos, quase macroscópicos (as expansões das células nervosas têm as vezes muitos milímetros e centímetros de longitude), e cuja transparência, não obstante a insólita espessura, seja possível, graças a exclusiva coloração de algumas poucas células ou fibras que destaquem em meio de extensas massas celulares incolores. Somente assim resulta empresa factível seguir uma fibra desde sua origem até sua terminação²¹⁴.

A coloração de tecidos vivos, prática importante para o desenvolvimento da histologia, também conhece seu período mais fértil no século XIX, muito embora seja uma prática que remonta ao século XVIII. Bracegirdle distingue dois momentos de tal prática: (1) o trabalho de Trembley com a hydra em 1744; (2) os estudos de Ranvier e Certes nos anos 1880. Em 1778, von Gleichen usou partículas de carmim para alimentar o paramécio²¹⁵, conseguindo, mesmo que de maneira involuntária, uma coloração fagocítica. A primeira coloração deliberada foi em 1864, obtida por Chrzonszczewsky, usando no processo como agente uma solução amoniacal de carmim.

Inúmeros foram os desenvolvimentos no que tange às técnicas de microscopia e preparo de lâminas para observação. Em nossa breve e parcial introdução, enfatizamos modificações que de maneira direta ou indireta contribuíram ao desenvolvimento dos estudos do tecido nervoso. Uso da parafina para infiltração do tecido, celoidina, agentes de limpeza do tecido, técnicas de injeção, microdissecção e maceração da amostra de tecido, montagem de células, meios de montagem: aquoso e não-aquoso, testes histoquímicos e outros figuram entre tais desenvolvimentos. Alguns desses processos e

²¹⁴ Ramón y Cajal, 2006, p. 387-8.

²¹⁵ Gênero de protozoários ciliados.

técnicas retornarão em detalhes ao longo do exame das teorias neuronal e reticular quando necessário.

PARTE II – A TEORIA NEURONAL

7. Considerações gerais

7.1. O conceito de neurônio como conceito primário na formulação da teoria neuronal

Santiago Ramón y Cajal iniciou sua trajetória científica na década de 1880 com seus primeiros trabalhos publicados. As informações biográficas surgirão ao longo do exame de sua obra científica naquilo que for relevante ao desenvolvimento de suas teses que compoñham a teoria neuronal²¹⁶. Com isso, evitarei uma descrição exaustiva de dados biográficos que pouco ou nada contribuam para o entendimento do processo de proposição, justificação e consolidação da teoria neuronal.

O intervalo temporal entre a proposição, justificação e consolidação da teoria neuronal junto à comunidade científica é um fenômeno histórico de longa duração. A confirmação disso como um fato histórico baseia-se na afirmação de que a proposição de uma unidade celular morfofuncional para o tecido nervoso é anterior a Ramón y Cajal, sendo Ramón y Cajal o principal defensor e quem mais evidências experimentais apresentou a seu favor. A consolidação da teoria neuronal se dá posteriormente à morte de Ramón y Cajal. Tentarei localizar no período em que ele realizou seus experimentos, ou seja, entre o início dos anos 1880 até o início da década de 1930, os três momentos

²¹⁶ Algumas boas biografias de Ramón y Cajal encontram-se em Roy, A. C. *Cajal: triunfar a toda costa*. Alianza Editorial: Madrid, 1999. Lewy, E. *Santiago Ramón y Cajal*. Extensión Científica y Acción Cultural del C.S.I.C.: Madrid, 1987. Enríqueta Lewy foi secretaria de Ramón y Cajal nos últimos anos de vida do cientista espanhol, apresentando casos interessantes sobre o biografado. Olmet, L. A. y Bernal, J. T. *Cajal*. Imprenta de Juan Pueyo: Madrid, 1918. Barreno, P. G. y Santarén, J. F. *La época de Santiago Ramón y Cajal*. Arbor CLXXIX, 705 [septembre, 2004]. pp. 13-110. Mainer, J. C. (org.). *Cajal: uma reflexión sobre el papel social de la ciencia*. Institución Fernando el católico: Zaragoza, 2006. Esses autores são, de certa forma, comentadores da obra científica de Ramón y Cajal. No que se refere exclusivamente à obra científica de Ramón y Cajal, utilizarei outros autores além dos mencionados aqui, inclusive comentadores não espanhóis. Mantive aqui apenas algumas referências que considero boas para a descrição biográfica de Ramón y Cajal. Uma última obra que merece ser mencionada é a autobiografia de Ramón y Cajal *Recuerdos de mi vida*, publicada em 2006 (3ª edição), organizada e prefaciada por Juan Fernández Santarén. Esta obra está dividida em duas partes: (1) Mi infância y juventud; e (2) História de mi labor científica. A segunda parte será visitada mais vezes, por se tratar de um bom guia interpretativo do processo criativo de Ramón y Cajal feito pelo mesmo.

antes mencionados, a saber: proposição, justificação e consolidação da teoria neuronal, sendo que a fase de consolidação estende-se após a década de 1930, principalmente com o desenvolvimento da microscopia eletrônica. Ramón y Cajal faleceu em 1934.

A teoria neuronal, baseada na individualidade anatômica da célula nervosa (neurônio), reúne em uma formulação que pode ser considerada uma síntese dessa teoria, principalmente a partir dos trabalhos de Ramón y Cajal, considerações acerca da estrutura da célula nervosa, sua função e caráter embriológico. A concepção de que as conexões entre as células se dão por contato deriva da ideia em termos funcionais de que o soma e as expansões celulares participam na cadeia de condução do impulso nervoso. Essas estruturas da célula nervosa recebem e propagam o impulso nervoso, contrário à tese de que exercem apenas um papel nutritivo (Golgi foi um dos defensores da função, tão somente, nutritiva dos dendritos). Outro trabalho importante de Ramón y Cajal²¹⁷ e que também se prende à teoria neuronal é a chamada *lei de polarização dinâmica*, apresentada em uma conferência no congresso médico de Valencia de 1891²¹⁸.

A lei de polarização dinâmica pode ser expressa pelo enunciado: “os dendritos transportam impulsos nervosos em direção ao corpo celular (impulsos nervosos *celulipetos*), enquanto que, os axônios propagam a informação nervosa no sentido de afastamento do corpo celular (sentido *celulifugo*)”.

Os resultados dos estudos de neurogênese de Ramón y Cajal também se agregam à teoria neuronal. A teoria neurotrópica da formação das vias do sistema nervoso, em termos físico-químicos, em alguma medida antecipou o conceito de neurotransmissores e sua função na transmissão do impulso nervoso. As expansões dos neuroblastos se orientam no sentido das correntes químicas seguindo a trajetória dos elementos secretores de tais substâncias²¹⁹.

A teoria neuronal não conjuga suas principais teses horizontalmente. Agrupando o conjunto de teses (anatômicas, fisiológicas e embriológicas), umas em relação às outras,

²¹⁷ Ramón y Cajal, 1891.

²¹⁸ Essa conferência foi publicada na Gaceta Sanitária de Barcelona em 1892. Tomo 17, 22: 1-15. Não há nenhuma modificação do texto de 1891.

²¹⁹ Ramón y Cajal, 1893; 1899.

o conceito de neurônio é acentuadamente o conceito primeiro, sem o qual, os outros perderiam sua heurística. A figura 13 esquematiza o papel de conceito primeiro do neurônio e suas expressões no organismo: expressão anatômica na estrutura das células, tecido e órgãos nervosos; expressão funcional nas conexões entre os elementos nervosos e, conseqüentemente nas estruturas macroscópicas que compõem o sistema nervoso e a expressão embriológica na neurogênese das células e vias nervosas.

A expressão na embriogênese do conceito de neurônio é fundamental para a compreensão do papel que o conceito de plasticidade opera como conceito central²²⁰ na formação do conceito de neurônio. As teses centrais da composição da teoria neuronal que transitam entre os campos conceituais da anatomia, fisiologia e embriologia são determinadas e ao mesmo tempo formadoras do e pelo conceito de neurônio. Para que essas teses derivem, em certa medida, de algum conceito de neurônio que as anteceda, é necessária alguma noção prévia de neurônio.

A teoria celular já atribui alguma ideia de unidade celular no tecido nervoso. As diversas propostas ao longo da primeira metade do século XIX e no intervalo entre as décadas de 1850 a meados do final da década de 1870 também acrescentam conteúdo semântico ao conceito de neurônio anterior à teoria neuronal.

Pensar o conceito de neurônio nas dimensões anatômica, fisiológica e embriológica pode parecer um tanto quanto abstrato e distante da pesquisa experimental. Isso não concorda com a tese aqui defendida, já que os principais contribuidores para a

²²⁰ É importante destacar o que designo pela diferença entre o conceito primeiro e o conceito central na teoria neuronal. O conceito de neurônio é o conceito primeiro. A maneira como se organizam as células na formação do tecido, a fisiologia do tecido e estruturas e o desenvolvimento ontogênico dos elementos nervosos são o que chamo de expressão do conceito de neurônio (expressão das características do neurônio, individualidade em relação às outras células, formação de suas expansões nervosas, os dendritos e axônios, enfim, o conjunto de caracteres que o define). O que chamo de conceito central, que é o conceito de plasticidade, é um conceito organizador no sentido de orientar o pensamento diante dos dados empíricos acerca da estrutura fina do tecido nervoso. Portanto, ele é anterior ao conceito de neurônio. O conceito de plasticidade é formador, em parte, do conceito de neurônio. Os três níveis (anatômico, fisiológico e embriológico) expressam o conceito de plasticidade, porém, é no nível mais estável que o conceito se faz inteligível. Refiro-me como nível de maior estabilidade à filogênese do sistema nervoso. Ramón y Cajal foi um entusiasta da teoria da recapitulação, e como tal teoria propunha, em linhas gerais, que se tem acesso à filogênese via a ontogênese, a embriologia permitiria então o acesso ao conhecimento do desenvolvimento filogenético dos elementos nervosos e de formação do sistema nervoso na série zoológica.

formação do conceito de neurônio eram pesquisadores em sua maioria estritamente experimentais. Uma forte evidência dessa proposição pode ser entendida pela premência que a tese anatômica da lei do contato pericelular tem em relação às teses fisiológicas (na verdade essas teses são corolários da lei do contato pericelular) e da tese da neurogênese do sistema nervoso. A lei de contato pericelular é estritamente uma tese derivada dos resultados empíricos sobre a estrutura fina do tecido nervoso.

O desenvolvimento das técnicas de coloração e observação, examinados na primeira parte da tese, são diretamente responsáveis pela possibilidade de observação na formulação da lei anatômica do contato celular. As teses centrais da teoria neuronal são formuladas e modificadas conforme a adequação empírica o exigia no campo fenomênico apresentado na figura 13. O exame do problema da ação reflexa, da unidade motora e da evolução filogenética do sistema nervoso são o cenário onde se configuram as principais pesquisas em histologia do sistema nervoso no período em questão.

Apesar do alto grau de sucesso alcançado pela teoria celular nas últimas décadas do século XIX, a orientação histológica foi fundamental nos estudos do sistema nervoso em fornecer uma visão supracelular do organismo. A passagem do conhecimento do sistema nervoso no nível celular ao nível das estruturas do sistema nervoso central e periférico, inequivocamente evocava o papel intermediário dos tecidos, ou seja, a maneira como as células estavam conectadas.

A ideia de que dois grupos, os neuronistas e os reticularistas disputavam em torno de saber se havia ou não células que compunham o tecido nervoso não acrescenta muito no esclarecimento da contenda, se é que pode-se falar em contenda tal como aqui descrito. Não havia basicamente nenhuma oposição à existência de células nervosas. A validade da teoria celular não terminava no tecido nervoso²²¹. A questão é como se organizam as células que configuram o tecido nervoso. Dessa maneira, é a histologia quem irá ditar as regras do jogo. O pensamento histológico foi significativo na compreensão fisiológica e evolutiva do sistema nervoso, uma vez que a histologia era entendida como anatomia aplicada ao nível dos tecidos.

²²¹ Essa tese é defendida por Agustín Albarracín Teulón (Teulón, 1983).

O percurso que esta tese segue é o da compreensão do conceito de neurônio a partir de um conceito nuclear para a configuração da teoria neuronal nos moldes apresentados aqui. A síntese da teoria neuronal encontra no conceito de neurônio seu ponto de partida para a compreensão do sistema nervoso na sua totalidade anatomofuncional como órgão central do organismo. O conceito de neurônio, por sua vez, retira do conceito de plasticidade aquilo que lhe é mais caro quanto ao conteúdo histórico-semântico de sua formulação mais geral.

A teoria neuronal, em síntese, pode ser designada pela proposição da existência individualizada das células nervosas (neurônios) e as conexões que suas expansões (dendritos e axônios) estabelecem com outros elementos nervosos por contato. Essa proposição (*lei do contato pericelular*) formulada a partir das observações de Ramón y Cajal de que as ramificações e colaterais dos axônios terminam na substância cinzenta livremente, dispostas em células em cesta, ninhos pericelulares, ramos de células trepadores entre outros é causa das explicações funcionais e evolutivas, mas também se confirma, principalmente no segundo caso, a partir desses estudos.

Teoria neuronal

Neurônio
conceito primário

Níveis de expressão do conceito de neurônio (teses centrais)

Anatômico/Histológico

Lei do contato pericelular:
Enuncia a independência
anatômica da célula nervosa.
As expansões nervosas
(dendritos e axônios)
terminam livremente.

Fisiológico

Primeiro corolário da lei do contato
pericelular: O impulso nervoso se
transmite entre duas células
nervosas por contato;

Segundo corolário da lei do contato
pericelular: O soma e as expansões
nervosas participam na condução do
impulso nervoso [a terminação das
expansões nervosas terminam nas
radículas dos axônios];

Embriológico

Lei neurotrópica da
neurogênese: As expansões
dos neuroblastos orientam-se
no sentido das correntes
químicas na trajetória das
células secretoras.

Articulação entre os princípios anatômico, fisiológico e embriológico acima destacados nas estruturas examinadas

Campo fenomênico de formulação das teses centrais

Nível celular, tecidual e macroscópico (estruturas do sistema nervoso)

Ação reflexa

Na segunda metade do século
XIX, o conceito de ato reflexo é
largamente aceito como um
princípio biológico fundamental,
a partir do qual se poderiam
explicar comportamentos
complexos pelo mesmo princípio
fisiológico do ato reflexo simples.
No limite, até processos
cognitivos.
(ver capítulo 10).

Unidade motora

Nível histológico que serve de
chave ao problema da ação
reflexa. O reflexo simples
(neurônio-fibra muscular)
também informa o
desenvolvimento filogenético
do processo de centralização
gangliônica na evolução do
sistema nervoso.
(ver capítulo 11).

Evolução do sistema nervoso

Desenvolvimento do sistema
nervoso nos níveis celular,
tecidual e na formação das
estruturas macroscópicas. O
desenvolvimento filogenético
do sistema nervoso opera nos
três níveis acima o conceito de
plasticidade, sendo que no nível
tecidual a plasticidade é mais
acentuada.
(ver capítulo 12).

Conceito de plasticidade

Figura 13: Esquema geral da tese sobre o papel que ocupa o conceito de neurônio na teoria neuronal (conceito primário) e o conceito de plasticidade (conceito central ou formador). O conceito de plasticidade opera na formação do conceito de neurônio e não na teoria neuronal diretamente. Os níveis anatômico, fisiológico e embriológico são destacados como níveis onde se expressa o conceito de neurônio. A adequação empírica e o conjunto de teses formulados na configuração da teoria neuronal transitam entre esses níveis. No esquema abaixo, os fenômenos da ação reflexa, unidade motora e a filogênese do sistema nervoso configuram parte do campo fenomênico de formulação das teses centrais do conceito de neurônio.

Nessa segunda parte da pesquisa ocorrerá que alguns capítulos tenham um caráter mais descritivo daquilo que foi examinado ao longo da pesquisa e outros exclusivamente serão analíticos na configuração da tese defendida aqui.

Iniciarei por uma descrição do modelo dito opositor da teoria neuronal, a teoria reticular e suas principais teses. A obra de Golgi é majoritariamente examinada nesse momento.

É necessário, mesmo que apenas descritivamente, uma visita aos primeiros trabalhos acadêmicos de Ramón y Cajal que forjaram nele uma orientação de pesquisa histológica. Defendo aqui que Ramón y Cajal foi, antes de tudo, um histologista. Em seus primeiros trabalhos já se pode notar a preocupação pela maneira como os elementos celulares estabelecem as conexões na conformação dos tecidos. A constituição do conceito de neurônio será examinado exclusivamente nos capítulos sobre a ação reflexa, a unidade motora e a evolução do sistema nervoso (histologia comparada), e concomitante será demonstrado como o conceito de plasticidade opera de maneira fundamental para a configuração do conceito de neurônio. A figura 14 mostra uma divisão um tanto quanto arbitrária do recorte histórico que marca o período de proposição da teoria neuronal até sua aceitação completa.

O intervalo em questão, que se localiza entre a década de 1880 até os primeiros anos da década de 1930, certamente atende a uma proposta de análise da obra exclusiva de Ramón y Cajal, não excluindo outros trabalhos que contribuíram para a teoria neuronal. As referências que lançarei mão na análise, na sua grande maioria,

circunscrevem-se nesse intervalo de tempo, reforçando a tese de que a teoria neuronal tem na figura de Ramón y Cajal seu mais importante defensor. A divisão apresentada na figura 14 apresenta certa arbitrariedade, uma vez que há trabalhos sobre o tecido nervoso em que se dão em períodos diversos da carreira de Ramón y Cajal. A divisão se justificará na maneira como encaminharei o exame, uma vez que recuarei e/ou avançarei no tempo sem a restrição imposta pela atuação de Ramón y Cajal ou outros autores.

Figura 14: Divisão esquemática da configuração da teoria neuronal

7.2. Introdução geral ao estudo da teoria neuronal

A obra científica de Ramón y Cajal se compõe de cerca de 287 artigos e monografias e quatorze livros. Segue uma lista prévia das obras examinadas com breves comentários. Prévia, pois seus artigos serão referenciados ao longo da análise, por se tratar de número suficientemente grande, o que tornaria demasiado exaustivo ao leitor a busca em uma lista por cada referência mencionada. Há ainda a produção “não científica” de Ramón y Cajal e que a seguir farei menção.

Livros de Ramón y Cajal utilizados na pesquisa:

(1) ***Trabajos escogidos (1880-1890)***. Barcelona: Bosch editor, 2006. Coletânea de trabalhos selecionados pelo próprio Ramón y Cajal como principais publicações na década de 1880. Muitos dos artigos presentes nessa edição serão referenciados por suas publicações originais em periódicos;

(2) ***Manual de Histologia normal y técnica micrográfica***. 1ª edição, Valência, 1889. Utilizei a edição a seguir: ***Manual de Histologia normal y técnica micrográfica para uso de estudiantes***. 5ª edição. Imprenta y Librería de Nicolás Moya: Madrid, 1910;

(3) ***Manual de Anatomía patológica general***. Seguido de um resumo de Microscopia aplicada à Histologia e Bacteriologia patológicas. 1ª edição, Barcelona, 1890. Utilizei a 2ª edição de 1896 [Nicolás Moya, Madrid]. A segunda edição foi acrescida de dados de pesquisa posterior ao ano de 1890, no entanto, os capítulos utilizados na pesquisa permaneceram inalterados da primeira edição. Trabalhei com a introdução e os conceitos de anatomia patológica geral (pp. 01-11); o conceito de neuroma (pp. 322-326); Lesões do Sistema Nervoso (Cap. 7) (pp. 374-383) e a terceira seção (Microscopia aplicada à Histologia e Bacteriologia Patológicas) (pp. 423-489). A terceira seção nos interessa pelas técnicas utilizadas por Ramón y Cajal no exame histológico;

(4) ***Elementos de Histología normal y de técnica micrográfica***. 1ª edição, Madrid, 1897. [trata-se de um resumo com melhorias do Manual de Histologia]. Utilizei a 3ª edição de 1901. O livro está dividido em duas partes, sendo a primeira parte as *técnicas gerais*, uma ótima descrição das técnicas de microscopia e microtomia disponíveis e de coloração. A segunda parte se refere à *Anatomia Geral*, com um capítulo sobre a Histologia (A histologia se constitui como uma área subordinada a anatomia geral, diferentemente da autonomia que possui na atualidade);

(5) ***Les nouvelles idées sur la fine anatomie des centres nerveux***. Paris, 1894. (prólogo de Mathias Duval);

(6) ***Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados***. Obra máxima de Cajal (3 volumes), onde há um resumo de todos seus trabalhos sobre a estrutura do

sistema nervoso. Madrid: 1897, 1899 a 1904. Utilizei os Tomos I e II editados pelo Consejo Superior de Insvestigaciones Científicas (Madrid, 2007). Ramón y Cajal organizava uma nova versão dessa obra já nos últimos anos de vida quando a mesma desapareceu. As edições que utilizei nesta pesquisa foram cotejadas com a edição francesa, o que me obrigou a examinar essa edição: *Histologie du Système Nerveux de L'homme e des vertébrés*. Paris: Maloine, 1909 (vol. I) e 1911 (vol. II), traduzido por D. J. Azoulay. Utilizei quando necessário, a versão americana traduzida do francês pelo casal Neely Swanson e Larry W. Swanson (New York: Oxford University Press, 1995). A edição francesa foi ampliada em alguns pontos, a saber, os capítulos sobre: histogênese medular, estrutura do tálamo óptico, cérebro médio e o córtex cerebral;

(7) *La fotografía de los colores: bases científicas y reglas prácticas*. Madrid, 1912. Trata-se de uma obra técnica em que muito me orientou na compreensão do modo como Ramón y Cajal concebia a prática científica;

(8) *Reglas y consejos sobre la investigación biológica [científica]*. Discurso lido em ocasião da recepção de Ramón y Cajal na Real Academia de Ciências exatas, físicas e naturais, na sessão de 05 de dezembro de 1897. Há uma tradução para o português feita pelo professor Achilles Lisboa, o qual examinei a terceira edição de 1979, publicada pela editora da Universidade de São Paulo;

(9) *Estúdios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso*. Madrid, 1913-14. Há uma tradução para o inglês feita pelos professores Javier De Felipe (Instituto Cajal, Madrid) e Edward G. Jones (1991);

(10) *Selección de trabajos de investigación*. Madrid: C. S. I. C., 1989.

(11) *¿Neuronismo o reticularismo? Les pruebas objetivas de la unidad anatomica de las células nerviosas*. Madrid: Instituto Ramon y Cajal, 1952. Obra póstuma, considerada o testamento científico de Ramón y Cajal em que ele apresenta uma síntese de seu trabalho em oposição ao programa reticularista.

A obra “não científica” de Cajal inicia-se por volta de 1885 com a publicação de *Cuentos de vacaciones*. Em 1901 aparece a primeira edição de *Recuerdos de mi vida*.

Considero seis as obras de caráter não científico e que são fundamentais para auxiliar a entender o pensamento de Ramón y Cajal: (1) *Recuerdos de mi vida*, principalmente o tomo II, em que Cajal descreve e analisa sua produção científica; (2) *Reglas y Consejos*, oitavo livro mencionado acima; (3) *Chácharas de café* (1920), posteriormente, *Charlas de café*²²² (1921); (4) *El mundo visto a los ochenta años*²²³; (5) *La Psicología de los artistas*, cartas e conferências de Cajal em que ele trata de temas diversos; e (6) *Las sensaciones de las hormigas*, trabalho curtíssimo de 1921 e que incluo nessa categoria de trabalhos não científicos apenas por não se referir diretamente aos estudos da estrutura do sistema nervoso, interessando mais pelo substrato metodológico dessa breve comunicação do que pelo conteúdo em si. Encontra-se uma versão desse trabalho na *Selección de trabajos de investigación* (item 10 das obras seleccionadas acima).

A década de 1870 marca os primeiros contatos de Cajal com a histologia. Esta introdução é deveras descritiva uma vez que atende ao objetivo de consolidar, nessa análise, o universo histórico que adentramos.

²²² Esta obra encontra-se nas *Obras literárias completas*, publicada pela Aguilar ediciones, em Madrid, 1954. Esta edição inclui também o tomo I de *Recuerdos de mi vida* (Mi infancia y juventud); *El mundo visto a los ochenta años*; *Impresiones de um arteriosclerótico*; *Reglas y consejos sobre la investigación científica*; *Cuentos de vacaciones*; *Psicología de Don Quijote y el quijotismo*.

²²³ Há uma tradução para o português de 1946.

8. Teoria reticular

8.1. Sobre a teoria reticular

A teoria das terminações livres encontrou na comunidade científica um modelo contrário e fortemente arraigado, a teoria do retículo. A explicação da fibra muscular estriada em termos reticulares fornecia argumentos para a consideração de redes no tecido nervoso²²⁴. A grande diferença da hipótese reticular para a fibra muscular em relação à fibra nervosa é que na primeira, a rede era considerada intracelular, enquanto na segunda, a rede era intercelular.

A concepção reticular proposta por Golgi propunha que a substância cinzenta constituiria o ponto de encontro e fusão de todas as fibras aferentes e eferentes dos centros nervosos. A ideia de um retículo contínuo e de grande riqueza fibrilar favorecia alguns fatores: (1) as ramificações terminais dos axônios sensitivos ou simplesmente aferentes de outros centros nervosos; (2) os ramos colaterais do axônio de certos elementos grandes, designados por Golgi ‘células motrizes’ (grandes pirâmides cerebrais, células de Purkinje do cerebelo entre outras); (3) as arborizações terminais do axônio de outras células nervosas, consideradas sensitivas por Golgi e que Ramón y Cajal denominou de ‘células de axônio curto’²²⁵.

No intervalo entre os anos 1850 e final da década de 1870, em linhas gerais, podemos considerar dois modelos reticulares competindo entre si. Um proposto por Gerlach e outro por Golgi (figura 15). Gerlach concebia a cooperação das projeções do ramo protoplasmático (dendritos) neuronal na construção da rede, enquanto Golgi

²²⁴ Essa hipótese é sustentada por Gordon Shepherd (Shepherd, 1991) como o principal ponto de viragem na interpretação reticular. Shepherd considera que a série de artigos sobre a fibra muscular (os principais artigos foram: Klein, 1878; Carnoy, 1884; Melland, 1885) em que começavam a questionar a natureza reticular das terminações musculares teria, pelo mesmo princípio de similaridade antes utilizado na defesa das redes, contribuído de forma nevrálgica para a adoção de hipóteses contíguas para o tecido nervoso. Na obra de Carnoy (1884), examinei apenas a introdução e os apontamentos históricos para essa pesquisa.

²²⁵ Golgi, 1873.

restringia os componentes da rede apenas às ramificações nervosas (axônios). A limitação técnica no exame anatômico das terminações nervosas favorecia a não adoção de explicações contíguas. Ademais, um tecido nervoso formado por redes permitia que se examinasse uma população de células e suas implicações funcionais ao invés de um trabalho árduo, e que não se tinham garantias de sucesso, na busca pelas terminações livres das células nervosas. Cito Golgi:

Entre as várias opiniões sobre esse assunto emitidas pelos autores recordemos aqueles, entre os poucos discordantes, Rindfleisch²²⁶ e Gerlach – sustenta o primeiro que o prolongamento protoplasmático (dendritos), depois de ser decomposto em uma série de fibrilas tênues, se dissolve em uma substância granular intersticial (substância nervosa difusa, de acordo com um conceito antigo de Wagner, Henle entre outros) em que a substância, após ser decomposta em um conjunto de fibrilas de extrema finura, terminam em um eixo [provavelmente seja um axônio] de inúmeras fibras medulares. Gerlach, que não faz muito tempo se associou a Butzke, Boll e outros, opina [opina invece] que o prolongamento protoplasmático, ao decompor-se indefinidamente em filamentos, constitui uma rede nervosa de modo a ser visível apenas pelos sistemas de imersão mais fortes, a partir desta estrutura teriam o axônio, entre o último e o prolongamento protoplasmático, um retículo nervoso contínuo. (...) [proposta de Golgi] O prolongamento protoplasmático, ao invés de decompor-se indefinidamente, seja por uma substância amorfa fundamental (Rindfleisch), seja pela formação de um retículo (Gerlach), termina nas células do tecido intersticial²²⁷.

Boa parte da produção historiográfica sobre as propostas reticularistas para a constituição do tecido nervoso faz referencia, em sua imensa maioria, aos modelos de Gerlach e Golgi. Ao mencionar Rindfleisch, Golgi dá prova de que o modelo de Gerlach não reinava incólume no cenário científico da metade do século XIX. É bem provável

²²⁶ Eduard von Rindfleisch (1836-1908). Foi um patologista e histologista alemão. Rindfleisch foi assistente de Virchow em Berlim. É considerado o proponente da primeira teoria vascular da esclerose múltipla, após propor entre os anos 1862 e 1863 que a inflamação associada a determinadas lesões se distribuíam pelas veias.

²²⁷ Golgi, 1873, p. 94-95.

que um exame detalhado trouxesse à tona gradualmente propostas distintas entre as duas mencionadas (Gerlach e Golgi).

Um dos principais problemas no modelo reticular, apontado por Ramón y Cajal, se refere ao seu poder explicativo em relação às exigências da fisiologia de então. Fenômenos fisiológicos como reflexos, atos instintivos, localização funcional no córtex entre outros demandavam conhecimento das vias ou caminhos de condução da informação nervosa, circunscritos através do eixo cérebro-raquídeo.

Wilhelm His (1831-1904) e August Forel²²⁸ (1848-1931) se opuseram ao modelo reticular, sem, no entanto, apresentarem resultados de pesquisa empiricamente satisfatórios. A ideia de individualidade celular atribuída inicialmente ao tecido nervoso estava mais adequada à explicação dos impulsos nervosos por contato do que com qualquer resultado empírico forte. Ramón y Cajal considerou que a hipótese das terminações livres lançadas por Forel e a aparente impossibilidade de surpreender a anastomose na substância cinzenta permitiam as analogias que começaram a circular no meio acadêmico, comparando a célula nervosa e suas terminações a folhas em um bosque visto a distância suficiente para não se ver as terminações entre as folhas, imaginando continuidade entre elas.

²²⁸ Theodor Hermann Meynert (1833-1891) foi professor em Viena e um dos grandes defensores do modelo reticulado. Forel foi seu aluno de doutorado e conta (Forel, 1941) que inicialmente propôs como estudo a investigação do tálamo óptico. A noção acima expressa da ‘falta de dados empíricos’ não deve ser considerada de forma radical, pois, Forel foi um ótimo neuroanatomista, tendo sido um dos primeiros na década de 1870 a utilizar o recém ‘criado’ micrótomo. A ‘falta de dados experimentais’ na tese neuronal de Forel e His se justifica quando comparado ao número realmente grande de exames empreendido por Ramón y Cajal sobre o tecido nervoso e suas conexões, além, de um inventário detido sobre as principais estruturas do sistema nervoso.

Figura 15: **A:** Esquema da estrutura da substância cinzenta da medula espinhal, segundo os autores anteriores ao método de Golgi. A: raízes anteriores; B: raiz posterior; C: rede intersticial da substância cinzenta; D: sulco anterior da medula; E: fascículo de Goll; F: fascículo de Burdach; H: célula motriz; I: via piramidal cruzada; G: coluna de Clarke; J: gânglio sensitivo. **B:** (I) esquemas destinados a comparar a concepção de Golgi sobre as comunicações sensório-motoras da medula espinhal: (II) Resultado das investigações de Ramón y Cajal. A: raízes anteriores; B: raízes posteriores; a: colateral das raízes motrizes; b: células de axônio curto que interferem, segundo Golgi, na formação da rede; c: rede difusa intersticial; d: colaterais longas em contato com as células motrizes; e: colaterais curtas. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006, p. 795-6).

A adoção do programa reticular retirava o compromisso de um exame detido sobre as terminações nervosas, pois, a dificuldade técnica em tal empreitada era por si só um desestímulo. Ramón y Cajal considerava que, somente por meio da clara e exata exposição dos últimos axônios centrais, a contenda se resolveria, retirando o debate de meras hipóteses especulativas. Cito Ramón y Cajal:

Afirmar que tudo se comunica com tudo, vale tanto como declarar a absoluta incognoscibilidade do órgão da alma²²⁹.

A idéia de que a defesa do reticularismo se baseou, quase que integralmente, em especulações sem adequação com os dados empíricos não se sustenta à luz da documentação. O exame detido da obra desses autores que defenderam a formação da rede na constituição do tecido nervoso mostra um meticoloso trabalho de

²²⁹ Ramón y Cajal, 2006a, p. 414.

experimentação sobre o tecido nervoso tanto quanto de seus sucessores que adotaram a teoria neuronal no final do século XIX.

Devemos pontualmente limpar a fumaça que se instaurou sobre o tema para que possamos olhar com clareza os pontos de sustentação das teses reticularistas. Neste capítulo examinarei o que a historiografia consagrou sobre a primeira metade do século XIX como a contenda entre duas visões sobre a organização do sistema nervoso e o organismo em sua totalidade. Esta controvérsia se deu em termos funcionais e anatômicos. A controvérsia é representada pelo conceito localizacionista e sua antítese holista. Assumo desde já que a adoção dessa dicotomia não ajuda a compreensão da orientação que se deu na adoção das teses reticularistas e posteriormente, por boa parte da comunidade científica, da teoria neuronal.

Outro ponto a ser examinado neste capítulo se refere ao que chamo de reticularismo golgiano, em alusão direta à concepção reticular que Golgi sustentou até o final de sua vida. Defenderei ser mais correto a distinção entre reticularismo de orientação funcional-patológica e reticularismo estrutural do que a também consagrada distinção entre reticularismo e contiguidade (neuronismo). Para tal, nos próximos capítulos tentarei mostrar que em alguma medida Golgi não se filia a teses reticularistas, sendo errônea a classificação geral dele como um cientista reticularista em um confronto direto com o modelo neuronal.

Com isso não defendo que Golgi seja compreendido como sendo filiado à teoria neuronal, já que sua oposição é notoriamente conhecida. Defendo que a compreensão da história moderna da neurociência pela via da formação dos conceitos centrais das teorias em questão permite e pressupõe a diluição de contendas que são ampliadas pela historiografia frequentemente e que retira toda a heurística do processo de formação e consolidação dos conceitos científicos caros à neurociência.

8.2. Orientação localizacionista e sua antítese holística: uma real controvérsia?

De acordo com Stanley Finger²³⁰, a teoria neuronal representa uma continuação, no nível celular, do programa de pesquisa localizacionista²³¹. Seguindo esse pensamento, tem-se que a teoria reticular segue uma orientação holística diametralmente oposta ao localizacionismo representado pela teoria neuronal.

Em 1872, Joseph von Gerlach (1820-1896), que descobriu o método de coloração carmim e do cloreto de ouro, afirmou ter observado com o método do ouro, a continuidade da rede com os prolongamentos protoplasmáticos (dendritos) das células nervosas. A proposta de uma teoria reticular a partir da fusão das células por meio dos dendritos, proposta por Gerlach, representa o ponto de partida do que considero a constituição da primeira teoria reticular (refiro-me ao escopo dessa pesquisa, pois, vimos com a declaração de Golgi sobre o modelo de Rindfleisch a possibilidade de outros modelos teóricos), a segunda se dá com os trabalhos de Golgi²³².

²³⁰ Finger, 1994; 2000.

²³¹ Finger não utiliza a expressão programa de pesquisa, muito menos faz qualquer menção a Lakatos. Utilizo em alguns momentos a expressão programa localizacionista e programa holista com o objetivo de destacar que são os valores cognitivos que estão sendo avaliados. Poderia, sem grandes perdas, substituir por visão orgânica localizacionista e holista. O importante a ser destacado é que as análises históricas consultadas ao longo dessa pesquisa, na sua maioria, consideram antagônicas essas orientações de pesquisa, dividindo radicalmente aqueles cientistas que são localizacionistas e os que são holistas.

²³² É necessário estabelecer a distinção entre o que chamo de *teoria reticular* e *visão orgânica reticularista* ou simplesmente *orientação reticularista*. A segunda pode ser associada diretamente ao holismo como uma orientação de pesquisa, sem vínculos específicos com qualquer teoria de maneira exclusiva. A teoria reticular, porém, será referenciada neste trabalho em duas versões, a de Gerlach e a de Golgi, onde basicamente diferem sobre os elementos anastomosados na formação da rede nervosa (dendritos na primeira versão e axônios na segunda). Seguramente as consequências de cada teoria modificam completamente a maneira como se concebe estrutural e funcionalmente o tecido nervoso e suas consequências patológicas também podem diferir (as consequências patológicas não são afirmadas como diferentes, mas apenas como possibilidade, por não ter sido objeto de investigação, no entanto, se pressupõe tal modificação. A confirmação dessa cláusula exige um exame detido sobre os modelos reticulares de Gerlach e Golgi em seus efeitos sobre a configuração patológica do tecido nervoso, o que não foi feito nessa pesquisa). Outra maneira de distinguir uma teoria reticular de uma orientação reticularista é que uma teoria localizacionista pode, em níveis da organização distintos, pressupor como unidade funcional, por exemplo, uma rede de células. Um exemplo disso pode ser o fenômeno do reflexo. Propor uma teoria do reflexo como um fenômeno circunscrito a circuitos nervosos, exclusivamente, configura-se como uma teoria localizacionista, uma vez que uma função possui um substrato anatômico restrito, no entanto, essa unidade se dá na constituição de unidades menores (no caso elementos musculares e nervosos), mas sua funcionalidade somente se expressa na constituição da malha entre os elementos constituintes. Teríamos então uma teoria localizacionista que se expressa, num dado momento, por uma orientação reticularista. Tal distinção impede que a teoria em questão exija a redução dos princípios constituintes do fenômeno do reflexo a partir do exame isolado dos elementos musculares e nervosos e por sua vez dos constituintes celulares, enfim, chegando aos constituintes físico-

A mesma distinção deve ser feita para uma teoria eminentemente localizacionista e uma orientação localizacionista. O termo localizacionismo e suas variações que utilizarei em diversos momentos circunscrevem-se ao século XIX, interno a disciplinas, tais como, a frenologia, a fisiogonomia, anatomia, fisiologia e principalmente a histologia. Todas as disciplinas em questão tratam ou dependem da maneira como se organiza a matéria orgânica, portanto, os termos localizacionismo e holismo (como antítese de localizacionismo) se referem à maneira como a matéria orgânica se organiza e se relaciona funcionalmente (matéria orgânica em nossa pesquisa se restringe quase sempre ao sistema nervoso e seus níveis de organização). Vejamos como se configuram esses conceitos antitéticos assimétricos no interior de algumas dessas disciplinas.

O termo fisiogonomia significa etimologicamente o conhecimento da natureza em geral. É utilizada frequentemente para designar a configuração, e mais ainda, a expressão do rosto. Em outro sentido é usado para implicar um conhecimento dos sinais exteriores que proclamam qualidades internas. Spurzheim²³³ examinou as relações entre frenologia e fisiogonomia partindo desse último conceito²³⁴.

Spurzheim defendeu uma abrangência sobre o estudo da natureza oferecido pela fisiogonomia que não se restringe ao humano. A natureza inteira pode se compreendida pela fisiogonomia, afirmou ele. Ele fazia alusão a uma fisiogonomia dos céus de algumas formas e caracteres de nuvens que permitem prever eventos como a chuva ou ventos fortes. A botânica, diz Spurzheim, se mostra um ramo importante na determinação do estado saudável ou doente da planta pela observação de signos externos. Cito Spurzheim:

químicos da matéria orgânica. Vale ressaltar também que não se trata de uma metateoria da ciência aqui proposta, mas uma interpretação de como as propostas científicas examinadas ao longo de parte do século XIX sobre o sistema nervoso se deram. Refiro-me a distinção entre teoria reticular e orientação reticularista e teoria localizacionista e orientação localizacionista assumindo que essa distinção se expressa, nem sempre de maneira clara, na obra dos autores aqui examinados.

²³³ Johann Gaspar Spurzheim (1776-1832), foi um médico alemão que difundiu os preceitos frenológicos na Inglaterra e EUA. Spurzheim foi aluno e colaborador de Gall, mas se separou de seu antigo professor por volta do ano de 1812 por divergir sobre teses caras a frenologia defendida por Gall. Spurzheim, diferentemente de Gall, admitia um número reduzido de áreas referente à moralidade e ‘descobriu’ novas áreas referente ao mental.

²³⁴ Spurzheim, 1833.

*Guiado por sua aparência, escolhemos rejeitar ou não as maçãs do pomar, laranjas e outras frutas. Frequentemente dizemos: esta pêra ou laranja tem um bom aspecto e parece estar boa. (...) as qualidades dos animais, além disso, são exibidas em sua fisionomia. Celeridade é visível na configuração do roedor; lentidão no urso; inocência no rosto do cordeiro; e atividade geral nos movimentos rápidos dos olhos do macaco*²³⁵.

Spurzheim recorre a exemplos da história para reforçar suas teses em acordo com resultados experimentais. Como derivação da verdade afirmada na citação acima, atribui objetividade também à compreensão de características afetivas e intelectuais no homem a partir de signos fisionômicos. Cita Marcos Aurélio, para quem, para ‘um homem, cheio de sinceridade e probidade, espalha-se em torno dele um perfume de uma natureza característica, a sua alma e caráter são vistos em seu rosto e nos olhos’. Em sua tentativa de sustentar a fisiognomia entre as ciências de então, recorre ao juízo de Francis Bacon que, afirma Spurzheim, teria classificado a fisiognomia entre as ciências, observando que se fundamenta na observação e, portanto, deveria ser cultivada como um ramo da história natural. Spurzheim demonstrou certo estranhamento que a fisiognomia, baseada em observações isoladas, ainda não tenha sido organizada sob princípios ou leis²³⁶.

A questão central para Spurzheim era sobre a possibilidade, por meio da observação e indução, de se determinar sinais fisiognômicos no que se refere à atividade exclusiva da mente. Anterior a essa questão se colocava o problema da determinação, como protocolo de pesquisa, da maneira como se deve configurar o estudo dos sinais fisiognômicos das faculdades afetivas e intelectuais do homem.

Duas hipóteses foram consideradas por Spurzheim. Os sinais deveriam ser procurados no tamanho e configuração das partes duras ou nos movimentos das partes

²³⁵ Idem, p. 02.

²³⁶ Spurzheim não foi um grande nome da fisiognomia. Seu interesse era analisar as relações com a frenologia (arrisco a dizer que pretendia reduzir uma a outra). No início do século XIX o grande nome da fisiognomia era Johann Kaspar Lavater (1741-1801). Spurzheim toma a obra de Lavater como referência central para seus estudos.

macias e flexíveis? Esta distinção entre sinais dependentes da configuração e constituição orgânica e aqueles que emanam de gestos e movimentos é essencial para o estabelecimento de leis fisiognômicas.

Sinais do primeiro tipo configuram disposições inatas e capacidades de ação. Constitui, segundo Spurzheim, o estudo da fisiogonomia stricto sensu. Os sinais do segundo tipo são caracterizados como sendo a linguagem natural (Spurzheim se refere a esse tipo de sinal como sendo próprio do campo da *pathognomia*²³⁷). Embora em

²³⁷ Representa um bom exemplo de um conceito que assume, ora caráter disciplinar ora de uma teoria interna a uma disciplina. No *New medical dictionary; containing an explanation of the terms*. Editado por Robert Hooper (Philadelphia: Carey & Son, 1817), os termos *physiognomy*, *pathognomonic* e os derivados da raiz grega *phren-* designam campos de estudos distintos, sem inter-relações entre si. *Physiognomy* (physiognomia; φύσις, nature; γινώσχω, to know) A arte de saber a disposição de uma pessoa por meio de seu semblante (p.628); *Pathognomonic* (pathognomonicus: πάθος, disease; γινώσχω, to know) Termo dado aos sintomas peculiares a uma doença. Também denominado sintoma adequado ou característico (p. 600); *Phrenes* (phren: φρην; a mente, porque os antigos imaginavam ser a sede da mente) O diafragma, daí há uma variação de termos com o mesmo radical (phrenic nerve, phrenicae arteriar, phrenitis, phrenisis, phrenetiasis, phrenismus). O vocábulo Phrenology não aparece nos dicionários nos primeiros anos do século XIX. Segundo o *Dictionary of terms used in medicine and the collateral sciences*. Editado por Richard D. Hoblyn. Philadelphia: Lea & Blanchard, 1845 (p. 259), a raiz Pathos (Gr. πάθος) discrimina três variações: *Pathogeny* (πάθος, disease; γενεσις, generation) Ramo da patologia que se refere a origem e desenvolvimento das doenças; *Pathognomic* (πάθος, disease; γνώμων, a discerner) Termo aplicado aos sintomas que são característicos e peculiares a uma doença; e *Pathology* (πάθος, disease; λόγος, an account) Ramo da medicina que investiga a natureza das doenças. Os termos *Pathognomonic* e *Pathognomic*, apesar de designarem o mesmo campo semântico e serem formados por sufixos distintos (γινώσχω e γνώμων) serão fruto de inúmeras distinções (em alguns casos verdadeiras confusões) na literatura especializada ao longo da primeira metade do século XIX. Vejamos um exemplo dessa distinção: em uma obra de referência, Joseph R. Buchanan (*Outlines of lectures on the neurological system of Anthropology*. Cincinnati: Buchanan's Journal of man, 1854) distingue quatro grandes ramos que representam o conhecimento neurológico aplicado a antropologia, são eles: (1) a Frenologia; (2) a Fisiologia cerebral; (3) a Patognomia (pathognomy) e (4) Sarcognomia (sarcognomy). Na introdução do terceiro capítulo Buchanan escreve: “A palavra Pathos significa sentimento e também doença e seu derivado (pathognomy) significa em medicina o reconhecimento ou a indicação da doença e, em frenologia, o estudo da linguagem natural ou manifestação dos órgãos. O termo, no entanto, é pouco usado em ambos sentidos, especialmente o último. O adjetivo pathognomic (comumente usado pathognomonic) é comum nos escritos médicos. Por quinze anos, tenho usado o termo pathognomy significando a ciência da manifestação mental, consistindo principalmente das leis matemáticas da ação muscular governadas pelo cérebro.” Nos dois dicionários acima mencionados (um de 1817 e o outro de 1845) não há distinção no sentido dos termos pathognomonic e pathognomic, já Buchanan apresenta uma distinção que se dá quando o termo tem seu significado interno à medicina ou a frenologia, sendo que, em sua obra o termo é referenciado como uma ciência independente da frenologia, porém, de certa maneira continua interno ao campo da medicina (neurologia aplicada a antropologia). Buchanan estabelece quatro possibilidades do estudo da patognomia: (a) Estudo da manifestação do caráter através da ação geral do sistema muscular no gesto, movimento e atitude, o que pode ser distinguido como *Biagnomy* ou *Biagnomic pathognomy*; (b) Estudo da manifestação do caráter através dos movimentos da

fisiognomia se busquem sinais ao longo de todo o corpo, há estudos que se preocupavam com regiões do corpo particulares.

*Lavater concebeu a possibilidade de descobrir sinais fisiognômicos dos potenciais afetivos e intelectuais em todo o corpo. Ele declarava positivamente que a mesma força acumula-se em cada parte; que tal olho supõe tal testa e tal barba, em resumo, que cada parte isolada indica a configuração do conjunto, como por exemplo, que todas as partes são ovais se a cabeça apresenta tal forma. Daí que o homem é uma unidade, e que o seu tamanho, forma, cor, cabelo, nariz, boca, pele, ouvidos, mãos, pés, ossos, músculos, artérias, veias, nervoso, voz, afetos, paixões etc são todos dados em harmonia entre si*²³⁸.

Spurzheim afirma ainda que, ocasionalmente, se observam semelhanças entre o nariz, boca ou alguma outra parte em diferentes pessoas, enquanto que, as outras partes destas pessoas sejam completamente diferentes. Como cada parte possui uma função específica e como cada parte indica disposições especiais, diz Spurzheim, é impossível encontrar em qualquer parte um sinal fisiognômico das funções desempenhadas por qualquer outra parte. Na aproximação da fisiognomia com a frenologia, Spurzheim manifesta uma visão da relação forma e função que, sem entrar em contradição aparente, articula uma visão localizacionista e holística quase que ao mesmo tempo. Os resultados fisiognômicos apresentam o princípio de que cada parte possui uma função específica (é razoável considerá-lo um princípio localizacionista). Vejamos como Spurzheim concebe o discurso frenológico em associação com os estudos fisiognômicos:

mão, por escrito, o que é definido por *chirognomy*; (c) Estudo da manifestação do caráter através dos movimentos e desenvolvimento da face, o que fica a cargo da *physiognomy* e; (d) Estudo da manifestação do caráter pelos sons da voz, denominado *phonognomy*. Para Buchanan, a fisiognomia é um ramo da patognomia, diferente do que propõe Spurzheim. Esse é um bom exemplo de como as designações que chamo de orientações de pesquisa, tal como a dicotomia localizacionismo-holismo se esvazia quando examinados no processo de formação desses conceitos nos autores, impedindo uma compreensão clara do papel conceitual que os termos assumem. As figuras 16 e 17 mostram, respectivamente, diagramas de como Buchanan concebe a pathognomy e a sarcognomy (quarto ramo do conhecimento neurológico aplicado à antropologia).

²³⁸ Spurzheim, 1833, p. 06.

Inúmeras observações provaram que as faculdades afetivas e intelectuais, como disposições inatas, são manifestadas por várias partes do cérebro. Assim, os sinais fisiognômicos dessas faculdades devem ser procurados no tamanho e na constituição orgânica das partes cerebrais. Vários fisiogonistas, particularmente Lavater, apontaram alguns sinais gerais deste tipo na configuração de toda a cabeça e na testa, mas é necessário fazer mais do que isso, para determinar individualmente as partes apropriadas aos sinais das faculdades especiais, e também das diversas combinações das mesmas, que constituem características determinadas²³⁹.

A entrada em cena da frenologia, ou melhor, a associação do discurso fisiognômico ao discurso frenológico, obtém como pano de fundo a relação que estabelece a configuração corporal e a constituição orgânica características de diferentes indivíduos em função direta da organização cerebral.

Os sinais fisiognômicos do corpo examinados com maior frequência por Spurzheim são de dois tipos: os que se relacionam com o tamanho e configuração do corpo ou os que se referem a sua constituição íntima. A influência do corpo sobre suas funções e dos sinais externos que indicam a facilidade de atuação são geralmente reconhecidos. Spurzheim faz referência em seus resultados observacionais a casos como, pernas curtas e grossas serem sinais de força, enquanto que, membros longos e delgados indicariam celeridade. Spurzheim nega uma relação quase sempre presente nos manuais de fisiogonomia de meados do final do século XVIII que estabelece a relação entre o tamanho e forma do corpo e os sentimentos. Segundo Spurzheim, as qualidades do corpo em geral não indicam nenhuma das disposições afetivas e intelectuais da pessoa. Outro ponto importante a se destacar na teoria spurzheimiana é quanto aos limites da fisiogonomia em sua relação com a frenologia. A consideração em detalhes da influência da constituição orgânica do corpo pertence à fisiologia, retirando uma exigência que muitas vezes os críticos da frenologia a imputavam²⁴⁰.

²³⁹ Idem, p. 07-08.

²⁴⁰ Idem.

É com o conceito de *temperamento* que vemos o quão holístico é a frenologia de Spurzheim. O *temperamento* é uma expressão em referência à mistura dos elementos constitutivos do corpo. As funções que contribuem para a nutrição, por exemplo, do estômago, fígado, intestino, pulmões, coração, quando se encontram em estado saudável ou doente modificam toda a organização e influenciam a energia com as quais as partes individuais atuam. É como se essa força (poder vital) estivesse concentrada em um único sistema, em detrimento dos outros.

A constituição muscular é frequentemente dotada de pouca sensibilidade nervosa e, no entanto, grande atividade cerebral parece frequentemente se verificar no desenvolvimento muscular. A importância do conhecimento da constituição ou temperamento peculiar dos indivíduos, do ponto de vista fisiológico, não se dá como causa de determinadas faculdades, mas como influência na energia com que funções especiais de distintos órgãos se manifestam. Na ordem do que Spurzheim chamou poderes mentais (*mental powers*) se diferenciam quatro formas de temperamento, a saber: (1) a constituição linfática²⁴¹ ou temperamento fleumático, em que se identifica pela pele branca pálida, cabelos louros e circularidade da forma. As ações vitais são lânguidas e o pulso é fraco, indicando lentidão nas funções vegetativas, afetivas e intelectuais; (2) o temperamento sanguíneo se dá por uma consistência tolerável de carne, partes gordas moderadas, cabelo castanho, olhos azuis, grande atividade do sistema arterial e semblante animado. Pessoas assim constituídas são facilmente afetadas por impressões externas; (3) o temperamento bilioso caracteriza-se pelos cabelos negros, pele escura, amarelada ou marrom, olhos negros, moderadamente gorda, mas os músculos firmes e as formas duramente expressas. Pessoas dotadas desta constituição tem uma expressão muito marcada e decidida do rosto; (4) o temperamento nervoso apresenta sinais externos tais como, cabelos muito finos, saúde delicada, emagrecimento geral, músculos pequenos, rapidez nas ações musculares e vivacidade nas sensações.

²⁴¹ O Sistema linfático se constitui de uma rede complexa de órgãos linfóides que produzem e transportam o fluído linfático (linfa) dos tecidos para o sistema circulatório. Componente do sistema imunológico.

Os quatro temperamentos, diz Spurzheim, raramente são observados de maneira isolada e não misturados entre si, o que dificulta encontrá-los sem modificações devido a essas interações. Geralmente o que se observa são unidos em pares (linfático-sanguíneo; linfático-bilioso; sanguíneo-bilioso etc).

Após um exaustivo exame dos tipos de face e do que se pode objetivamente derivar deles, Spurzheim busca estabelecer relações entre a face e o crânio²⁴². Inicialmente, destaca a confusão comumente feita entre o tamanho do cérebro e do rosto. Spurzheim recorre a dois exemplos dessa confusão, são eles, Voltaire e Kant, que segundo o autor, tinham cérebros grandes, mas faces pequenas.

*O rosto do saxão é geralmente maior do que do fenício, a inteligência, no entanto, não é menos visível no saxão do que é na raça fenícia*²⁴³.

A face era comumente associada com o cérebro, e o talento ou inteligência estimado por meio do que se chamava nas primeiras décadas do século XIX de medida do *ângulo facial de Camper*²⁴⁴. Spurzheim discorda completamente desse método. Parte da discordância está na maneira como Spurzheim concebe a frenologia, que pressupõe o uso do termo cabeça (interno aos métodos de medição cranial) no discurso

²⁴² Spurzheim, 1833.

²⁴³ Idem, p. 39.

²⁴⁴ Petrus Camper (1722-1789) foi um médico e naturalista holandês. Ocupou a cátedra de anatomia e cirurgia em 1755 em Amsterdã e posteriormente de medicina. Sua teoria do ângulo facial (aproximadamente em 1780), baseava-se no ângulo formado a partir de duas linhas traçadas: uma do orifício da orelha ao maxilar superior (descrita também pela noção de *plano de Camper*, percorrendo o centro do conduto auditivo externo e pela base do nariz) e a outra da testa até o maxilar superior (chamada linha facial, tangente à parte mais proeminente do osso frontal e a convexidade anterior do incisivo central superior) (Finlay, 1980). Camper utilizou seu método para estabelecer diferenças entre as raças e algumas espécies. Em média, o ângulo facial do europeu era de aproximadamente 80°, do africano 70°, do orangotango 58° e de outros primatas variavam abaixo de 42°. Um ponto de discordância entre a referência que tomamos para essas informações sobre Camper e a afirmação de Spurzheim sobre a incorreção do método é que, lendo Finlay, o método de Camper parece ter ‘sobrevivido’ quase todo o século XIX. Alguns dados contradizem isso. Em um trabalho de revisão de 1947, Hambly aponta alguns métodos ainda em uso na craniometria, entre os listados (Davis, 1867; Turner, 1884; Tildesley, 1921; Wunderly, 1939 entre outros), não aparece Camper. Outro dado se refere a uma tese de doutorado defendida em 1911 (Dillenius, 1913) na Argentina baseada nos novos protocolos estabelecidos na convenção de Mônaco (1906), em que não há menção ao método de Camper. Sobre a convenção de Mônaco ver (Papillault, 1908).

eminentemente frenológico tomado como sinônimo de cérebro, e que os julgamentos frenológicos em relação à disposição inata da mente e de suas manifestações sejam sempre fundadas sobre o tamanho e a constituição do cérebro e de suas partes.

A frenologia professada por Spurzheim mantém certamente os pressupostos que a historiografia consagrou como o pensamento localizacionista clássico, para quem a correlação funcional com partes do cérebro serve de ponto de partida para os estudos aplicados, sejam em anatomia, fisiologia, antropologia etc. Em um artigo sobre a natureza da evidência de que as funções de diferentes partes do cérebro podem ser estabelecidas, outro expoente do pensamento frenológico, George Combe²⁴⁵ inicia seu ensaio destacando o fato da resistência à frenologia, principalmente por parte de fisiologistas consagrados como Magendie e Flourens. Cito Combe sobre o estabelecimento da ciência fisiológica:

A prática estabelecida pelos fisiologistas é para cortar nervos diferentes ou porções diferentes do cérebro em animais vivos e observar os resultados. Os experimentos são feitos primeiramente e depois anunciados por um pesquisador, tal como Flourens, Magendie ou Sir Charles Bell; esses experimentos são então repetidos por vários investigadores, e se todos obterem os mesmos resultados os fatos serão geralmente aceitos como ciência fisiológica estabelecida. (...) quando Bell corta a raiz de um nervo motor e observa que o poder do movimento foi perdido nos músculos em que foram ramificados, e quando ele corta a raiz de um nervo e observa que a sensação foi perdida, a evidência das funções deste nervo está completa. Mas quatro condições são necessárias

²⁴⁵ George Combe (1788-1858). Combe fundou em 1820 a Sociedade Frenológica de Edimburgo. Escreveu uma obra que influenciou muito o pensamento dito localizacionista intitulada *The Constitution of man* em 1828 e *A system of phrenology* de 1830. Além do artigo já mencionado acima, foi examinado para os fins desta pesquisa seu livro *Answers to the objections urged by Dr. Peter Mark Roget against phrenology*, incluído na coletânea referenciada na bibliografia (Gall, 1838, pp. 195-240), incluindo as cartas que Combe trocou com Peter Roget acerca da cientificidade da frenologia. Spurzheim e Combe são autores importantes no cenário localizacionista, junto com Gall e François Joseph Victor Broussais (1772-1838), e importantes na condução do argumento de que os conceitos antitéticos assimétricos localizacionismo e holismo esvaziam a heurística do problema enfrentado no nível histológico, pois, serão, exceção feita a Broussais, foco da crítica dirigida na década de 1840 ao pensamento frenológico por Flourens. Flourens é talvez a maior influência teórico-metodológica na obra de Golgi, o que justifica o percurso aqui tomado.

para o sucesso deste método de investigação: (1) A parte destruída deve ser um órgão distinto com uma função específica; (2) A parte ferida deve ser tal que possa ser cortada sem necessariamente envolver a desordem das funções de uma variedade de outras partes; (3) As funções do órgão para o qual os nervos cortados são distribuídos deve ser conhecida; (4) Após a operação, o estado destas funções deve estar completamente dentro do alcance da observação²⁴⁶.

²⁴⁶ Combe apud Gall, 1838, p.182-3.

Figura 16: Diagrama explicativo do que Buchanan chamou de *cooperação orgânica*. Ao contrário de uma ideia muito difundida, a de que os primeiros estudos frenológicos em geral pressupunham uma relação 1:1 entre função e estrutura, Buchanan concebia a interferência entre áreas e o comportamento associado a elas. (Fonte: Buchanan, 1854, p. 313).

[illegible]

OPTIMISATION OF SARCOGNOMY

Figura 17: Diagrama explicativo dos estudos de Sarcognomy (ciência do desenvolvimento corporal, que reconhece as indicações da mente no quadro corporal. Traça toda a correspondência do corpo com o cérebro e a mente fazendo, para o corpo o que a craniologia faz para o cérebro). Os estudos de *sarcognomy* se justificam pelo fato de a mente estar conectada com o corpo e, frequentemente, controlada pelas condições dessa conexão. (Fonte: Buchanan, 1854, p. 358).

Sobre os estudos de Flourens de retirada do cerebelo e partes dos hemisférios cerebrais de animais vivos, Combe critica afirmando que estes experimentos conduzidos pelo pesquisador francês não atenderiam às quatro condições acima listadas. As principais restrições impostas por Combe aos resultados de Flourens são: (1) a indistinção das partes removidas em relação a funções específicas; (2) a remoção das estruturas (cerebelo e hemisférios) não poderia ocorrer sem a alteração de funções no sistema nervoso geral; (3) o não conhecimento de qual poder mental da parte removida se manifestava, portanto, não se poderia julgar sua supressão; (4) os animais que tiveram partes do cérebro removidas não estavam, após a operação, em condições saudáveis, não permitindo a comparação para saber se estavam ou não propensos a executar qualquer função relacionada às partes removidas.

Combe não se posiciona contra a objetividade alcançada pela fisiologia, ao contrário, aponta como solução a esse problema a aplicação aos estudos fisiológicos de métodos advindos da frenologia.

*(...) se nossa doutrina [frenologia] estiver correta e determinado sentimento estiver ligado ao órgão, a supressão das manifestações após a retirada do órgão, poderá, de acordo com sólidos princípios de indução, ser visto como resultado direto da destruição do órgão*²⁴⁷.

Os resultados obtidos na primeira metade do século XIX sobre as funções do cerebelo e dos lobos cerebrais impulsionaram tais pesquisas em que se tentavam associar os resultados da fisiologia e da frenologia. Embora a crítica seja dirigida a alguns trabalhos em particular, a defesa feita por Combe do que ele classificou como um

²⁴⁷ Idem, p. 183-4.

método específico da frenologia era compartilhado por muitos pesquisadores que não se filiaram aos preceitos frenológicos. A destruição aleatória de partes do cérebro como um método falho na determinação da função associada à parte retirada foi cada vez mais sendo aceita por pesquisadores independentemente de serem frenologistas ou não.

A crítica de Combe extrapola o nível metodológico. Combe nega objetividade a determinados trabalhos fisiológicos sobre determinar faculdades mentais a partir da lesão de partes do cérebro, uma vez que a fisiologia desconhece as propensões primitivas das faculdades mentais.

Eles [fisiologistas] são declaradamente não familiarizados com as partes específicas do cérebro que manifesta particular poder primitivo²⁴⁸.

Combe ainda faz referência a uma crítica que Bell faz ao método experimental da lesão por uma via moral em relação à crueldade imposta ao animal²⁴⁹. Combe aproveita para sugerir a substituição da prática fisiológica experimental com animais vivos pelo exame frenológico em ‘deficientes’ com danos no cérebro anteriores à intervenção do pesquisador. A observação do tamanho craniano em relação às faculdades mentais não é aceita pelos fisiologistas, segundo Combe, uma vez que estaria sujeita a falácias de diversas procedências. Nota-se na crítica frenológica certo holismo na acusação de redução proposta pela fisiologia. Parece constituir uma premissa diferencial no discurso frenológico e na oposição a esse discurso, a possibilidade de se determinar as faculdades primitivas mentais ligadas a porções específicas do cérebro.

8.3. Orientação de pesquisa reticularista pré-golgiana

A ideia de um holismo que se oponha ao localizacionismo pode ser transposta em uma chave de compreensão do orgânico nos campos da anatomia e fisiologia? Algumas

²⁴⁸ Idem, p. 186.

²⁴⁹ Essa crítica de Bell encontra-se no *An Essay on the circulation of the blood*, por Charles Bell (1819, p. 25).

questões metodológicas e lógicas relacionadas à interpretação do método da lesão cerebral devem ser consideradas em diferentes orientações e contrastado com o que Finger chama de *doutrina localizacionista clássica*²⁵⁰. Uma oposição clara ao localizacionismo era a tese de que localização dos sintomas não concordava anatomicamente com a localização da função²⁵¹.

Flourens²⁵² foi um dos principais críticos dos métodos e resultados dos frenologistas. Fez inúmeros experimentos de ablação e estimulação em pássaros, roedores e outros pequenos animais, concluindo que faculdades corticais discretas, tal como a visão espacial, poderia ser localizada em regiões corticais separadas.

Em uma obra de 1842²⁵³, Flourens se dedica a analisar as principais proposições da frenologia a partir da obra de três autores (Gall, Broussais e Spurzheim), na tentativa de refutar a metodologia frenológica como alternativa ao estudo fisiológico. Flourens se posiciona contrário à orientação dita localizacionista. Vejamos se o pensamento de Flourens pode ser *ipsis litteris* considerado como alternativa holista ao localizacionismo frenológico²⁵⁴.

Flourens justifica a escrita de seu livro, examinando a frenologia, remetendo ao progresso que a frenologia alcançou no cenário acadêmico das primeiras décadas do

²⁵⁰ Finger, 1994.

²⁵¹ Apresentei na seção anterior exemplos advindos da frenologia (considerada por Finger e outros autores a disciplina por excelência localizacionista) em que compartilhavam dessa crítica.

²⁵² Georges Cuvier (1769-1832), que foi professor de Flourens, ocupou a cátedra de história natural no Collège de France de 1800 a 1832 (a cátedra foi criada em 1778). Essa cátedra foi desdobrada em uma de história natural dos corpos inorgânicos e ocupada por Léonce Éli de Beaumont em 1832, e uma cátedra de história natural dos corpos organizados de orientação fisiológica ocupada por Georges Duvernoy de 1837 a 1855 e depois, por Pierre Marie Jean Flourens entre 1855 e 1867. Flourens é conhecido por inúmeros estudos sobre o sistema nervoso e as funções sensitivas e motoras. Fez estudos sobre o centro respiratório no bulbo raquidiano (área muito explorada por Julien Jean César Legallois (1770-1814)), e é considerado o responsável pela descoberta do papel do cerebelo na coordenação dos movimentos e dos canais semicirculares (estruturas do ouvido interno que contribuem para o equilíbrio). (Berthoz, 2005).

²⁵³ Flourens, 1842.

²⁵⁴ Creio ter apresentado uma via interpretativa do pensamento frenológico e fisiognômico nos últimos parágrafos que, ao menos, atenua essa associação dura entre localizacionismo e essas disciplinas, porém, no intuito de fazer o mesmo percurso com relação ao holismo de Flourens adotarei, parcialmente, que Flourens esteja combatendo essa visão localizacionista tal como a historiografia a consagrou. Espero poder demonstrar de forma clara que o holismo de Flourens também deve ser atenuado como uma forma de expressão de seu pensamento que, as vezes se destaca outras não, de uma orientação localizacionista.

século XIX. Ele inicia seu exame distinguindo o grau de influência que pairou nos dois últimos séculos, equiparando à influência da frenologia no próprio século XIX. Segundo ele, o século XVII teve forte influência do pensamento de Descartes (Flourens dedicou essa obra a Descartes), o XVIII deve muito ao pensamento de Locke e Condillac, enquanto que o pensamento de Gall estava tomando fôlego nas primeiras décadas do XIX na mesma proporção dos antecessores mencionados.

O exame do pensamento de Gall feito por Flourens se baseou fortemente na obra *Anatomie et Physiologie du système nerveux en général et du cerveau en particulier, avec des observations sur la possibilité de reconnaître plusieurs dispositions intellectuelles et morales de l'homme et des animaux par la configuration de leurs têtes*, 4 vol. In-4° avec planches. Paris, 1810-1819. Nesta obra, Gall expõe exhaustivamente sua teoria.

Flourens identifica na teoria frenológica de Gall duas proposições fundamentais, quais sejam: (1) a inteligência reside exclusivamente no cérebro; (2) cada faculdade particular da inteligência, no cérebro (*dans le cerveau*), constitui um corpo próprio. Flourens dirá que a primeira proposição não acrescenta nada de novo, uma vez que já era aceita desde o século XVII. Quanto à segunda proposição, não há confirmação empírica que a sustente, diz Flourens. O cérebro como sede da alma, dirá Flourens, é afirmação antiga, inclusive localizando tal sede em distintas estruturas (Descartes identificou tal estrutura na glândula pineal; Willis no corpo estriado; La Peyronie no corpo caloso, sem falar nos autores que no final do século XVIII tentaram determinar o *sensório comum*).

Uma referência que se poderia dizer atualizada na obra de Gall e que poderia servir de endosso é Samuel Thomas von Soemmerring (1755-1830). Soemmerring se referia constantemente a Haller em sua defesa de que o cérebro seria o único instrumento de toda a sensação, pensamento e vontade. Flourens afirma que Gall havia entrado em contato, durante seus primeiros trabalhos, com Soemmerring e Cuvier. Cito uma passagem de Cuvier referenciada por Flourens:

(...) a proporção do cérebro com a medula espinhal, uma proporção que é mais a favor do cérebro no homem do que em qualquer outro animal é um bom indicador da perfeição da inteligência, porque este é o melhor indicador da regra de que o órgão da reflexão conserva sobre os sentidos externos²⁵⁵.

Um ponto de discordância entre o pensamento de Flourens e o de Gall se dá em que, para o segundo, a afirmação de que o cérebro se desenvolve em razão da inteligência se faz premente, enquanto que, para Flourens essa assertiva não se confirma em nenhum momento da pesquisa empírica. A perda de qualquer função específica não implica na perda da inteligência, outro ponto falho nas consequências da teoria de Gall, apontado por Flourens.

A discordância de Flourens não parece recair sobre as duas premissas gerais apontadas na obra de Gall, ao menos não sobre a primeira, mas sim sobre as extrapolações de parte dos frenologistas²⁵⁶. Cito Flourens:

A filosofia de Gall consiste em transformar em inteligências particulares cada modo de inteligência propriamente dita²⁵⁷.

A questão em destaque na passagem acima recusa uma espécie de partimentalização do que Flourens concebe como sendo a inteligência²⁵⁸. O erro da

²⁵⁵ Cuvier apud Flourens, 1842, p.12.

²⁵⁶ Flourens se refere especificamente sobre a obra de três grandes nomes da frenologia no início do século XIX, incluindo Gall que é considerado o fundador da disciplina, porém, as premissas frenológicas mais gerais não parecem indicar muitas diferenças com outros ramos de investigação, tal como, a anatomia e a fisiologia, tomadas essas disciplinas como áreas independentes entre si e não em uma ordenação hierárquica que reduza uma a outra. A ideia de que a crítica de Flourens recaia sobre as extrapolações das premissas frenológicas possui a vantagem de que, mesmo a obra em análise sendo a de Gall é possível situar as diferenças em qualquer outro autor que ultrapasse a linha apontada por Flourens. Vale ressaltar que, dada a maneira como coloco a questão, Gall não fala em nome de todos os representantes da frenologia. Um corolário dessa postura lançaria a hipótese de que ao examinar distintos autores frenologistas, encontraremos gradações em relação à filiação dos mesmos com os pressupostos da teoria defendida por Gall.

²⁵⁷ Flourens, 1842, p. 28.

²⁵⁸ É interessante notar essa passagem, pois, mais à frente quando analisarei as diferentes formas de explicação dos movimentos reflexos e a atribuição de graus do que se concebe por atos cognitivos

doutrina de Gall, diz Flourens, está em separar em pequenos corpos (organismos) a inteligência, negando sua unidade. Flourens inicia o capítulo em que analisa o papel das faculdades na teoria de Gall dizendo:

*Toda a filosofia de Gall se resume em substituir a multiplicidade à unidade. No cérebro, ele substitui a inteligência em geral por várias inteligências individuais. (...) as pretensas inteligências individuais são as faculdades*²⁵⁹.

Em 1808 Gall ministrou a primeira aula sob a tutela de Cuvier no Collège de France²⁶⁰ sobre anatomia do cérebro. Flourens se refere à anatomia frenológica de Gall como sendo um estudo de anatomia comum. Nas primeiras décadas do século XIX, o conhecimento frenológico sobre a descrição anatômica de fato não se distinguia dos cursos de anatomia geral. Flourens precisou então distinguir a frenologia da anatomia descritiva, e o fez designando a primeira por *doutrina da pluralidade de cérebros* (doctrine de la pluralité des cerveaux) e *doutrina das inteligências individuais* (doctrine des intelligences individuelles).

A discordância se desloca inclusive à descrição anatômica do sistema nervoso. A direção e constituição das fibras nervosas tal como apresentada na teoria de Gall implicam em contra-senso, afirma Flourens. Flourens recorreu a Spurzheim sobre esse ponto para expor uma contradição entre os dois frenologistas acerca do conhecimento anatômico das disposições no organismo, sugerindo falta de objetividade e consenso

associados a estruturas distintas do sistema nervoso (medula espinhal, tronco, cerebelo, córtex cerebral), a noção de diferenças de grau sobre o conceito de inteligência e consciência se torna algo difuso em distintos autores, não servindo de parâmetro para a pretensa distinção entre localizacionistas e holistas. De forma mais radical, será quando a comunidade científica, na sua imensa maioria, adotará pressupostos evolutivos e que terá como uma das consequências, aceitar que a inteligência, bem como outras acepções cognitivas, se dão de forma gradual na série animal diluindo ainda mais essa premissa que para Flourens caracteriza o pensamento localizacionista.

²⁵⁹ Flourens, 1842, p. 36.

²⁶⁰ Não estou certo se essa aula foi no Collège de France, porém, a referência a Cuvier supõe que fosse lá. Segue a passagem no original em que Flourens menciona esse episódio. “Gall lut à la première classe de l’Institut un mémoire sur l’anatomie du cerveau. M. Cuvier fit un rapport sur ce mémoire. Mais, ni dans ce mémoire, ni dans ce rapport, vous ne trouverez un mot de l’anatomie spéciale, de l’anatomie de la doctrine, ou, en d’autres termes, et, comme on dirait aujourd’hui, de l’anatomie phrénologique.” (Flourens, 1842, p. 53-54).

entre os próprios frenologistas. A anatomia comparativa não está em menor oposição a Gall que a experiência direta. Um problema apontado por Flourens se refere à relação entre a localização e sua respectiva função. O conhecimento no nível da disposição das fibras deverá apontar a ligação direta entre a estrutura em questão e os órgãos a ela associados, permitindo assim que por meio da experimentação se determine sua relação funcional. A frenologia galliana, segundo Flourens, parece desprezar a descrição histológica do sistema que englobe a relação estrutura-função²⁶¹. A frenologia parece adotar uma prática holista no que se refere à descrição histológica (anatômica no nível dos tecidos²⁶²), enquanto que sua opositora (a fisiologia de Flourens) defende uma prática de identificação em níveis abaixo da observação macroscópica do organismo,

²⁶¹ Esse ponto da crítica é fundamental para caracterizar a fragilidade heurística da tentativa de compreensão histórica por meio dos conceitos antitéticos assimétricos de localizacionismo e holismo. A frenologia, frequentemente associada a uma visão localizacionista, parece seguir certo holismo ao ‘menosprezar’ a descrição histológica, ao menos visto por essa dimensão. A necessidade da descrição correta das fibras nervosas, apontada por Flourens, na exata caracterização da relação funcional de estruturas do sistema nervoso, por sua vez, será presença central na agenda de pesquisadores na segunda metade do século XIX que se pretende associar a pressupostos localizacionistas (Sechenov, Ramón y Cajal e outros). O que defendo, a partir do exame da frenologia e da fisiognomia e agora da oposição de Flourens a frenologia, é destacar o quanto é inconcluso e impreciso a caracterização do desenvolvimento dos conceitos centrais para a constituição da teoria neuronal a partir da controvérsia entre localizacionismo versus holismo. A grande maioria dos autores examinados nesta pesquisa, em momentos distintos de seus trabalhos, podem ser deslocados para uma orientação localizacionista ou holística conforme uma variedade de fatores (disciplina em que esteja atuando com maior frequência, tema a ser investigado, possível controvérsia em andamento, presença de interdisciplinaridade no decorrer da investigação etc). As posições designadas na segunda metade do século XIX, quanto a constituição do tecido nervoso, como neuronismo e reticularismo, portanto, não configuram uma re-edição da controvérsia localizacionismo versus holismo.

²⁶² Embora pareça estranho designar a histologia nesse caso como uma anatomia dos tecidos, a histologia é originalmente um ramo da anatomia, porém, com o desenvolvimento do pensamento histológico ao mesmo tempo em que a disciplina da histologia tomava fôlego ocorre que os estudos eminentemente anatômicos e fisiológicos, quando transpostos para o exame dos tecidos, em alguns casos, transferiram a disposição hierárquica em que a anatomia ou a fisiologia indicaria no desenvolvimento da subsequente derivação do que se toma como disciplina fundamental. No caso de uma orientação fortemente fisiológica, o conhecimento da estrutura se dava a partir da explicação funcional, enquanto que, em uma orientação anatômica, dever-ia conhecer primeiro a estrutura e daí derivar sua função. Essa oposição entre orientações de pesquisa, anatômica e fisiológica, parece mais adequada que a então controvérsia localizacionismo e holismo. Vale ressaltar que me refiro à orientações de pesquisa, o que enfraquece ou amplia consideravelmente a noção de uma visão orgânica em que coexistem os mundos fenomênicos anatômico e fisiológico, a orientação tão somente permite que escolhas metodológicas sejam tomadas para que a compreensão da estrutura e do funcionamento possa ser alcançada.

exigindo dessa forma maior precisão na determinação da relação que se estabelece entre a estrutura e sua função com relação ao sistema nervoso²⁶³.

Flourens defendeu o que chamou de ação comum (*action commune*) e ação específica (*action propre*) das distintas partes do encéfalo. Segundo Boring, essa é uma teoria que combina equipotencialidade de resposta com localização específica da função²⁶⁴. Cito Flourens em uma obra de 1824:

*Cada parte essencialmente distinta do sistema nervoso tem, como vimos, uma função fixa e própria. A função dos lobos cerebrais é ter vontade, julgar, lembrar, ver, ouvir, ou – numa palavra – sentir. O cerebelo dirige e coordena os movimentos de locomoção e apreensão, e o bulbo raquidiano os de conservação. A medula espinhal liga, em movimentos globais, contrações musculares imediatamente excitadas pelos nervos*²⁶⁵.

Flourens segue apresentando uma série de casos em que se caracterizam as ações próprias e ações comuns. Em uma passagem afirma:

*(...) os lobos cerebrais desejam e sentem; essa é sua ação própria. A suspensão dos lobos cerebrais enfraquece a atividade de todo o sistema nervoso; essa é sua ação comum. A ação própria do cerebelo coordena os movimentos de locomoção; sua ação comum é influir na atividade de todo o sistema, e assim por diante*²⁶⁶.

A proposta metodológica que Flourens apresenta consiste em observar a influência em ordem de grau de cada parte sobre determinadas funções no organismo como um todo. Flourens utiliza o termo “paralisia” como sinônimo do processo de diminuição da função até a perda completa da mesma ao longo da investigação. No nível histológico, esse modelo pode ser associado a pesquisas em que se pressupõe a

²⁶³ Em uma obra de 1863, Flourens re-edita seu exame da frenologia acrescido pelos seus estudos sobre o cérebro. (Flourens, 1863).

²⁶⁴ Boring, 1971.

²⁶⁵ Flourens, 1824, p. 270.

²⁶⁶ Idem, p. 271.

individualidade das células ou na formação de redes (retículo), não implicando em contradição alguma, a não ser que o objeto da pesquisa seja a relação de totalidade do sistema nervoso com o organismo, caso contrário, em um exame local (relação funcional com uma estrutura específica) pode-se até abdicar da distinção entre ação comum e própria, uma vez que a ação será sempre ação própria.

Golgi será influenciado pelo pensamento de Flourens e, principalmente, pelo que chamo de uma orientação de pesquisa reticularista²⁶⁷ presente no pensamento de Flourens. Em sua aula inaugural em 1855 no Collège de France, no curso intitulado *Curso de fisiologia comparada da ontologia ou estudo dos seres*, Flourens diz compreender o fenômeno da vida sob a ótica de dois grandes aspectos: (1) as forças de que a vida se constitui; (2) as funções que a constituem (objeto da fisiologia). Em relação às funções, há três divisões (2a) funções de nutrição (respiração, alimentação, digestão, excreção); (2b) funções de conservação (funções de relação tais como as funções motrizes e sensíveis, os reflexos, locomoção, hormonais, imunológicas) e; (2c) funções de perpetuação (desenvolvimento dos órgãos sexuais, ato sexual, gestação, cuidados com a prole etc).

*A fisiologia propriamente dita é um estudo analítico e experimental. (...) procuramos todas as propriedades que atuam na organização animal: localizamos as forças e as funções. (...) chegou-se tão longe nessa localização que foi possível isolar as forças nervosas umas das outras. (...) No estudo da anatomia, Bichat havia traçado esse caminho. No estudo da fisiologia, ele foi indicado por mim*²⁶⁸.

²⁶⁷ Quando me refiro à orientação de pesquisa reticularista não necessariamente faço referência a estruturas reticulares, mas a uma maneira de pensar o organismo a partir de relações não redutíveis a suas partes, ao menos em algum nível. Um exemplo: Um patologista que examine o tecido ósseo e admita a individualidade entre as células formadoras do tecido (osteócitos) mesmo sabendo da ligação que se estabelece entre as células por meio de canalículos na matriz óssea que permitam a nutrição dessas células. Sob uma orientação reticularista, o patologista que investigue a causa de determinada patologia associada ao tecido ósseo tenderá a buscar essas causas na relação que se estabelece entre os constituintes do tecido, e não em características isoladas das células. No exemplo aqui se transita entre o domínio patológico e o que se conhece da estrutura (quando me refiro ao domínio patológico, obviamente, se inclui a fisiologia do tecido em questão). Esse exemplo poderia ser ampliado para outros níveis de investigação, inclusive, fora do registro anatômico.

²⁶⁸ Flourens, 1855, p. 173.

Flourens concebe o estudo da fisiologia em fisiologia das partes (nesse nível é possível a concordância com pressupostos localizacionistas) e fisiologia dos seres (neste nível se recusa a decomposição de qualquer tipo dos seres no seu estudo). A Fisiologia se constitui, segundo Flourens, semelhante à Física, em uma ciência fundamental. Cito Flourens,

*(...) pode-se dividir a ciência humana, o saber humano, em duas grandes partes (refiro-me apenas à ordem física e fisiológica, deixando de lado as ciências matemáticas): primeira parte, a física; segunda parte, a fisiologia. Todas as outras ciências são meras subdivisões dessas duas*²⁶⁹.

A fisiologia animal se divide em biologia (estudo da vida em si mesma) e a ontologia (estudo dos seres vivos). Flourens pretende em seu projeto reabilitar o termo *ontologia* do uso indevido por parte da filosofia. A ontologia, por sua vez, divide-se em neo-ontologia (estudo dos seres atuais) e a paleontologia (estudo dos seres do passado). Flourens representa uma corrente de pesquisa (creio que Golgi faça parte dessa corrente, embora, não tenha se dedicado ao estudo da história natural) com forte orientação fisiológica²⁷⁰ no estudo da história natural.

8.4. O reticularismo golgiano

A discussão sobre a orientação localizacionista e sua antítese ganha terreno na histologia a partir da proposta reticular para a constituição do tecido nervoso. Estruturas que deveriam ser responsáveis por determinadas funções numa visão localizacionista se

²⁶⁹ Idem, p. 174.

²⁷⁰ Adota-se na presente pesquisa a noção de que uma orientação de pesquisa x aplicada a uma disciplina y, algumas vezes, metamorfoseia a disciplina y de tal maneira a ponto de y se apresentar como um derivado de x. É o caso da história natural e da anatomia sob a orientação fisiológica de Flourens. Golgi compartilha dessa orientação, porém, em associação com uma orientação patológica (talvez isso explique o interesse de Golgi pela parasitologia mais que pela anatomia em dados momentos de sua carreira).

conectam, na formação dos tecidos envolvidos, pela formação de redes. O problema da independência funcional estaria, portanto, vinculada a estruturas conectadas pela fusão (anastomose) de seus elementos.

Os dois grandes modelos reticularistas do tecido nervoso referenciados na segunda metade do século XIX, o de Gerlach e o de Golgi, diferiam em que o segundo não admitia anastomose entre dendritos e sim apenas entre axônios. Cito uma passagem lembrada por Finger em que Golgi se refere ao pensamento localizacionista:

*O conceito da assim chamada localização das funções cerebrais deve ser insistido em um sentido rigoroso, porém, ainda não está em perfeita harmonia com os dados anatômicos. Isto foi demonstrado, por exemplo, quando se observa que uma fibra nervosa está em relação com um extensivo grupo de células ganglionares, e que os elementos ganglionares de regiões inteiras, e também de regiões vizinhas, são conjugados por meio de uma rede difusa para a formação do que todas as diversas categorias de células e fibras nervosas dessas regiões possam contribuir, é naturalmente difícil entender a localização funcional rigorosa, como muitos a tem feito*²⁷¹.

No início de sua carreira, Golgi foi muito influenciado pela obra de Virchow²⁷². Com a orientação de Bizzozero²⁷³, Golgi empreendeu suas primeiras pesquisas sobre o sistema nervoso com o uso dos métodos de microscopia. Para Mazzarello, a influência

²⁷¹ Golgi apud Finger, 1994 [1883], p. 53.

²⁷² Mazzarello, 2006; 2010. Paolo Mazzarello (Universidade de Pavia) estuda há anos a história da medicina no século XIX. Biógrafo de Golgi e do cenário em que nascem as primeiras teses sobre a constituição do tecido nervoso na segunda metade do século XIX. Mazzarello será tomado aqui como interlocutor quanto aos dados biográficos de Golgi e em alguns momentos, sobre a interpretação de sua formação e trabalhos quanto ao problema do tecido nervoso.

²⁷³ Giulio Bizzozero (1846-1901) foi um médico italiano e um dos fundadores do estudo sistemático de temas associados à medicina por meio da microscopia, uma vez que a institucionalização da histologia nas Universidades italianas ocorreu somente na metade do século XIX. Segundo Alessandro Dini, a introdução da histologia como ramo da anatomia humana nas universidades italianas ocorreu após uma conferência privada de anatomia microscópica, proferida por Filippo Pacini (1812-1883) em 1844. Segundo Dini: “(...) a histologia foi introduzida no âmbito do curso de anatomia humana e Pacini seguiu sendo o professor titular, Giovanni Bechelli, fazia as observações microscópicas necessárias para a preparação das lições relativas à textura dos órgãos. No ano acadêmico de 1845-46, no qual ministrou o curso de anatomia na qualidade de suplente, Pacini dedicou algumas lições à anatomia da textura, introduzindo aos estudantes o uso do microscópio.” (Dini, 1991, p. 101).

de Virchow sobre o pensamento de Golgi se expressou em momentos em que o pesquisador italiano se referiu aos trabalhos de Virchow a serem confirmados ou hipóteses que deveriam orientar a investigação. Um caso exemplar disso se refere à natureza das células da glia. Sobre a querela da natureza e conectividade da neuroglia, diz Mazzarello:

Golgi finalmente confirmou as hipóteses de Virchow e Deiters de que a neuroglia consiste de distintas células estreladas (stellato) a partir de células nervosas, do trabalho sobre o cerebelo, o cérebro e a medula espinhal com peças coloridas pelo ácido ósmico e dicromato de potássio²⁷⁴.

Em seus estudos do bulbo olfatório, Golgi pontua a confusão terminológica que se instaura no uso dos termos *grânulos* e *núcleo*. Dividiu o bulbo olfatório em três camadas. Estes trabalhos podem ser sintetizados por algumas conclusões, sendo elas: (1) a ocorrência da convergência de fibras que compõem o nervo olfatório nos glomérulos localizados na porção externa da segunda camada; (2) células grandes e triangulares (células mitrais) localizadas na segunda camada e seus processos protoplasmáticos. Cito Golgi sobre esse ponto:

Estes processos de abordagem do glomérulo onde seus ramos se repetem, gerando uma intrincada, fina e elegante rede, que está ligada ao final de um ramo muito espesso, assumindo quase uma aparência estranha²⁷⁵.

(3) penetração do glomérulo das fibras nervosas no tracto olfatório. A descrição da fina estrutura do bulbo olfatório em três camadas foi confirmada por inúmeros trabalhos²⁷⁶. A presença, porém, de anastomose axo-axônica no glomérulo foi desmentida por Ramón y Cajal (apresentando como alternativa a hipótese por contato, no bulbo, entre axônio e

²⁷⁴ Mazzarello, 2010, p. 52.

²⁷⁵ Golgi apud Mazzarello, 2010, p. 107.

²⁷⁶ Ver: Ramón y Cajal, 1897a; Blanes, 1898).

dendrito). Mazzarello refere-se a um *filtro holístico* no pensamento de Golgi que teria sido alterado, não somente no nível anatômico, mas também pelo modelo fisiológico na transmissão do estímulo olfatório.

*Ele [Golgi] lançou a hipótese de que a conexão funcional entre as células do bulbo (centro de sensação) e as do encéfalo (centro de ideação) ocorria como um todo, através do tracto; isto é, não haveria uma série responsável pela transmissão isolada a partir de simples elementos, mas um conjunto de transmissão*²⁷⁷.

A noção de que ocorresse a transmissão discreta da informação permitiria pensar em certa heterogeneidade sob um conjunto de células distintas fisiologicamente. A ocorrência da transmissão em rede permitiria a construção de um modelo mais simples do ponto de vista fisiológico²⁷⁸.

Em março de 1881, Golgi assume a cadeira de patologia geral na universidade de Pavia, e ao mesmo tempo, atua como professor adjunto de histologia²⁷⁹. Um assunto de ponta na pesquisa histológica no momento em que Golgi assumiu seu laboratório em Pavia dizia respeito a estrutura das terminações do nervo sensorial nos tendões.

O tema era de grande interesse, pois, havia uma lacuna entre o modelo de função do tendão sugerido pelos resultados da medicina clínica e fisiologia, e os resultados de alguns estudos anatômicos realizados sobre a estrutura dos tendões. Já se conhecia que, ao tocar um tendão, pode-se obter uma rápida contração do músculo correspondente. A

²⁷⁷ Mazzarello, 2010, p. 109.

²⁷⁸ Golgi, 1882.

²⁷⁹ Mazzarello defende uma tese de que após os bons resultados alcançados pela técnica desenvolvida por Golgi em meados do final da década de 1880, o mesmo estaria envolvido com pesquisas na área de patologia e parasitologia. Uma investigação detida sobre a orientação das pesquisas no nível institucional em relação às divisões departamentais, que vale lembrar, no século XIX ainda o era de maneira um tanto quanto difusa, talvez reforce tal tese. Não creio que, tomando as premissas da tese de Mazzarello, se explique o interesse de Golgi pela patologia e parasitologia mais do que pela histologia, e que tal interesse, se comprovado, possa ser explicado pela arquitetura departamental da universidade italiana. Acredito que a orientação (fisiológica, anatômica, patológica etc) do pesquisador nos anos de formação seja mais significativo para explicar essa questão, pois, em um período em que a formação institucional das disciplinas ainda não havia alcançado o grau de profissionalização que alcançaria nas primeiras décadas do século XX constitui tarefa difícil explicar interesses fechados a determinadas disciplinas.

participação dos nervos na contração foi excluída porque a contração não era provocada pelo toque na direção da articulação ou sobre a própria articulação²⁸⁰.

Surgiu uma hipótese de que a contração na direção muscular era causada pelo alongamento mecânico, mas a maioria aceitava a ideia de que a ação reflexa se originava no próprio tendão. Acreditava-se que os nervos se inseriam nos tendões junto com os vasos. O conhecimento sobre o modo das terminações dos nervos era creditado mais a especulações do que dados observacionais da microscopia. Mazzarello afirma que, o objetivo de Golgi foi o de eliminar esta falta de base anatômica e encontrar um substrato anatômico confiável para o controle da mobilidade a partir do sistema nervoso. Golgi se dedicou a examinar esse problema entre os anos de 1877 e 1880. Seus primeiros resultados apareceram em uma comunicação no sétimo encontro da Sociedade Italiana de Ciências Naturais ocorrido em setembro de 1878 e em um artigo mais completo publicado em 20 de junho de 1880 no encontro da Academia de Ciências de Turim. Em ambos trabalhos, imperam uma orientação de pesquisa anatômica, em que se pressupõe que o órgão (estrutura) revele a função.

Enquanto a técnica desenvolvida por Golgi ganhava novos adeptos na Itália, a teoria da rede difusa começa a sofrer ataques. Em fevereiro de 1880, o professor da universidade de Bolonha Giuseppe Bellonci (1855-1888) apresenta um artigo na *Accademia dei Lincei* em que critica a teoria de Golgi usando o ácido ósmico. Bellonci dirige sua crítica também à velha teoria das redes protoplasmáticas de Gerlach. Em um congresso médico em Genova em 1880, Golgi apresenta uma série de resultados distintos empreendidos com a técnica da prata (reação negra).

Alguns dos resultados²⁸¹: (1) as células nervosas possuem apenas um único ramo do nervo e, portanto, deveriam ser consideradas funcionalmente monopolar; o ramo nervoso, a uma distância aproximadamente grande de sua origem, emite um número aproximadamente grande de filamentos, que são fibras nervosas; (2) o processo do nervo pode ramificar completamente, terminando em uma rede neural difusa (Golgi chamou de

²⁸⁰ Mazzarello, 2010.

²⁸¹ Golgi, 1880.

células do tipo II), ou manter sua individualidade anatômica e, após dar origem a alguns ramos colaterais que terminam na rede neural difusa, continuam dentro do axônio da fibra nervosa mielinizada (células do tipo I); (3) sobre a base dos processos nervosos, as células nervosas podem ser subdivididas em células com conexão direta versus conexão indireta com fibras nervosas; no primeiro caso são células motoras e no segundo células sensoriais²⁸²; (4) a rede neural difusa é distribuída em todas as camadas da substância cinzenta dos órgãos nervosos centrais e representa a conectividade sistemática das células sensoriais e motoras; (5) os dendritos (Golgi se referia a eles por processos protoplasmáticos) sob nenhuma circunstância, direta ou indiretamente, dá origem a fibras nervosas e mantém-se independente a partir deles; os dendritos estariam intimamente relacionados com células conectivas e vasos sanguíneos; a função dos dendritos é de nutrição do tecido nervoso; Golgi explicou essa função nutritiva dos dendritos pela passagem do plasma nutritivo pelos vasos sanguíneos e células conectivas às células ganglionares.

Algumas semanas após o congresso em Gênova, no terceiro encontro da sociedade italiana de freniatria, realizado em Reggio Emilia (comunidade italiana na região da Emilia-Romanha no norte da Itália), Golgi apresenta parte de seus resultados sobre a medula espinhal. Contrário à opinião de Kölliker, Golgi demonstra que a substância de Rolando não contém apenas células da glia, mas numerosas células nervosas. Na matéria cinzenta da medula espinhal Golgi distinguiu: (1) as células ganglionares, onde os dendritos que perdem sua individualidade anatômica dão origem a fibrilas que participam, em sua totalidade, na formação da rede difusa neural; e (2) as células ganglionares, onde os dendritos que, apesar de enviarem algumas fibras, mantém sua individualidade e formam o axônio da fibra nervosa²⁸³. Os papéis fisiológicos dos elementos celulares no córtex cerebelar se diferenciam.

²⁸² Golgi, 1883.

²⁸³ Golgi, 1903a.

*(...) Também na medula espinhal há rede neural difusa que, via a medula oblonga, esteja conectada à fina rede neural que existe em todas as camadas cinzentas do cérebro*²⁸⁴.

Os axônios das colunas da medula espinhal (anterior, lateral e posterior) possuem colaterais que entram obliquamente e horizontalmente na matéria cinzenta e nela se subdividem. Segundo Mazzarello, em 1890, Ramón y Cajal apresentou seus resultados sobre os axônios das células colaterais da coluna da medula espinhal como sendo resultados originais (a hipótese de Mazzarello é que Cajal não teria tido conhecimento do trabalho de Golgi sobre esse ponto). Esse episódio teria irritado profundamente Golgi, iniciando uma controvérsia entre ambos e que se estenderia a suas diferentes visões sobre a estrutura do tecido nervoso²⁸⁵.

Os resultados de Golgi para a medula espinhal e o cerebelo levaram a conclusões incompatíveis com a interpretação funcional em voga. Para solucionar tais contradições, afirma Mazzarello, Golgi aplicou em inúmeros experimentos o método ontogênico, antecipando Ramón y Cajal em tal procedimento²⁸⁶. A ideia de que havia uma

²⁸⁴ Golgi apud Mazzarello, 2010, p. 138.

²⁸⁵ Mazzarello se refere ao artigo publicado no periódico *Anatomischer Anzeiger*. Nesse número Ramón y Cajal publica dois artigos sobre a origem das expansões celulares na medula espinhal (Ramón y Cajal, 1890a; 1890b) e uma resposta a Golgi sobre a autoria na descoberta das células colaterais (Ramón y Cajal, 1890c). No artigo em que Ramón y Cajal descreve as células colaterais (Ramón y Cajal, 1890a), de fato, Ramón y Cajal não menciona o trabalho de Golgi de 1880 em que o cientista italiano descreve essas células, porém, na carta resposta Ramón y Cajal menciona o fato de que Golgi, no momento da descrição das células, havia discordado de Kölliker, cometendo alguns equívocos descritivos na interpretação, o que garantiria certa originalidade, uma vez que Ramón y Cajal havia dado uma descrição mais completa. Embora Mazzarello tenha razão em localizar esse episódio como um momento de divergência entre os dois cientistas, duvido que esse caso tenha tido qualquer relevância na tomada de posição quanto a real estrutura do tecido nervoso que cada um dos dois cientistas tomariam. No mesmo artigo em que Ramón y Cajal não menciona Golgi como primeiro a descrever as células colaterais, o mesmo atribui a Golgi a premência na descrição das células do epêndima, o que talvez deponha a favor de Ramón y Cajal. Esse episódio talvez explique alguma contenta, no nível pessoal, entre os envolvidos, o que não é de objeto desta pesquisa. O que nos autores em questão nos interessa, que são os elementos teóricos e empíricos que servem de arcabouço para a formação conceitual da concepção de neurônio, esse episódio pouco acrescenta. Julguei necessário passar por esse episódio, uma vez que Mazzarello, que utilizo como interlocutor no que se refere à teoria reticular de Golgi, parece dar algum destaque.

²⁸⁶ É importante destacar que nem Golgi nem Ramón y Cajal foram os primeiros a examinar tecidos de embriões. Esse procedimento é comum a qualquer embriologista na segunda metade do século XIX. O que ambos fizeram de distinto foi utilizar esse procedimento para investigar a constituição da estrutura tecidual do sistema nervoso, o que por sua vez foi antecipado por Wilhelm His (1831-1904).

controvérsia entre modelos de interpretação localizacionista e holista sobre a constituição do tecido nervoso se baseava em resultados da neurologia clínica e anatomia patológica, a partir de estudos em humanos e estudos de estimulação elétrica e lesões cerebrais em animais.

*O critério histo-morfológico que pode ser considerado necessário a priori, afirma que a anatomia com seus resultados concorda com a doutrina da localização*²⁸⁷.

Alguns dos resultados mais significativos são peculiaridades estruturais do córtex cerebral que corresponde à especialização funcional de áreas diversas. Outro ponto a favor se refere à projeção segregada das fibras nervosas dos órgãos sensoriais em relação às respectivas áreas corticais. Uma forma aproximadamente precisa de delimitação física, ou uma linha de demarcação, de regiões distintas responsivas da ativação voluntária de grupos específicos de músculos ou da percepção de diferentes estímulos sensoriais advindos da periferia também foi frequentemente associada a uma posição localizacionista.

Segundo Mazzarello, nos anos 1880, Golgi se interessou pelos estudos da transmissão de parasitas intestinais, iniciando estudos em parasitologia após anos dedicando-se ao estudo do sistema nervoso. Na Itália, o primeiro cientista a utilizar a *reação negra* fora do grupo da Universidade de Pavia foi Giuseppe Magini (1851-1916), um professor assistente na Universidade de Roma, obtendo bons resultados. Golgi inicia a aplicação do método em estudos do sistema nervoso fetal, examinando o desenvolvimento cortical em mamíferos.

Nestes estudos, Golgi descreveu células arredondadas que provavelmente são neurônios imaturos em migração. Carlo Giacomini (1840-1898), em Turim, utilizou também a técnica estudando o tecido nervoso. Giacomini publicou seus resultados em

²⁸⁷ Golgi apud Mazzarello, 2010, p.145.

1885 nos *Archivio de Psichiatria e Scienze Penali*²⁸⁸. Ferruccio Tartuferi²⁸⁹ (1852-1925) aplicou a técnica ao estudo da retina.

Figura 18: Desenhos de Giacomini com as divisões esquemáticas das circunvoluções. (Fonte: Giacomini, 1881, pp. 118-122).

Ciro Bernardini e Cesare Lombroso²⁹⁰ (1835-1909) também utilizaram a técnica em patologias como, paralisias progressivas, epilepsias e casos de idiotia (alguns dos

²⁸⁸ Giacomini em seu livro sobre as *variedades das circunvoluções cerebrais do homem* (Giacomini, 1881) examina em várias partes do encéfalo relações de anastomose entre estruturas. Na página 119 da obra citada, Giacomini descreve de maneira exaustiva as diversas formas de ocorrência de anastomose para a circunvolução frontal média e superior. Giacomini poderia tranquilamente ser associado a corrente localizacionista, uma vez que faz uma divisão esquemática das circunvoluções do cérebro (figura 18) que permitam inventariar um conjunto de relações com suas respectivas funções, porém, assume uma posição reticularista no nível das relações entre as circunvoluções na composição do córtex cerebral.

²⁸⁹ A estrutura celular da retina já havia sido objeto de interesse desde o uso de microscópios acromáticos na década de 1820. Com o desenvolvimento do método de Golgi, Tartuferi aplicou a técnica para estudar a retina, apresentando ótimos resultados descrevendo os cones, bipolares, horizontais e células amácrinas. Tartuferi foi um forte defensor da teoria reticularista, examinando lateralmente a retina a partir de modelos de transmissão da informação por meio de redes (Wade, 2007).

resultados de Lombroso foram publicados na *Rivista di Filosofia Scientifica* em 1886). Em 1881, Gustav Schwalbe (1844-1916) enfatizou alguns resultados de Golgi com a nova técnica em seu manual de neurologia. Segundo Mazzarello, os resultados de Golgi, incluindo a nova técnica, circularam entre os pesquisadores que mais atuavam na pesquisa histopatológica, contrariando uma tese de Ramón y Cajal de que a técnica teria ficado no ostracismo entre os principais centros de investigação.

Em meados das décadas de 1870 e 1880, a teoria reticular de Gerlach ainda possuía muitos adeptos na Itália, além do que, conta Mazzarello, co-existiam outras versões do reticularismo, algumas um tanto quanto distintas. Alexander Stanislavovič Dogiel (1852-1922) defendia a existência na retina de um duplo retículo intercelular axo-axonal (semelhante à proposta de Golgi) e outro interdendrítico (similar à proposta de Gerlach). Para Mazzarello, além dos erros do modelo proposto por Golgi, o cientista italiano aderiu, num dado momento, ao reticularismo tendo em vista resultados fisiológicos que mais se adequavam à teoria reticular. A heurística do modelo reticular, principalmente nos estudos de fisiologia e patologia, foi fortíssima na segunda metade do século XIX, a ponto de influenciar fortemente pesquisadores do porte de Golgi e Kölliker. Outra forte influência no pensamento de Golgi foram os escritos de Flourens. Cito Mazzarello sobre a influência de Flourens sobre Golgi:

*Golgi admirava Flourens e sua concepção holística da atividade cortical, mas discordava das ideias metafísicas do cientista francês, tal como a noção de que os fenômenos psíquicos possam ser parte da unidade da alma (res cogitans) ontologicamente distinta da matéria, com a qual interage com os hemisférios cerebrais*²⁹¹.

Golgi foi grande entusiasta e leitor de Flourens até o final de sua vida, sendo essa, talvez, a maior influência intelectual no que se refere a uma concepção holística do tecido nervoso. A ideia de que o axônio é elemento fundamental nas conexões do tecido

²⁹⁰ Lombroso foi professor de Golgi durante os primeiros anos de estudo da medicina. Lombroso foi responsável pela formação e interesse pela anatomia por parte de Golgi. Ver: Mazzarello, 1999; 2006.

²⁹¹ Mazzarello, 2010, p. 233.

nervoso teve em Golgi um dos maiores defensores. A tese de Mazzarello²⁹² quanto ao surgimento de propostas contrárias ao reticularismo para o tecido nervoso começam a tomar fôlego nos anos 1880, coincidindo com o desvio do interesse de Golgi para a parasitologia.

Os resultados de pesquisa que apontavam para uma unidade funcional do sistema nervoso imediatamente criavam o problema de identificar as vias e mecanismos que tornavam essa unidade possível (ver os capítulos mais à frente sobre o reflexo e a unidade motora). Nesse momento, o problema solucionado fisiologicamente gerava um problema histológico²⁹³. A maneira como a teoria reticular explicava esse problema exigia que a rede neural difusa fosse considerada um órgão intercelular unitário comparável ao sistema circulatório, resultando da fusão de ramificações axonais. Cito Mazzarello,

*Golgi pensou que a base anatômica da rede reside na anastomose, mas ele não descartou a possibilidade de uma interligação entre fibras vizinhas por meio de indução elétrica*²⁹⁴.

Essa ideia expressa em um artigo de 1891²⁹⁵, mesmo que de um ponto de vista qualitativo, antecipa em parte o conceito de conexões efáticas²⁹⁶ (*ephaptic coupling*). A

²⁹² Mazzarello, 1999.

²⁹³ Há orientações de pesquisa anatômicas em que se necessário, abandona-se a descrição funcional em favor da descrição histológica, para depois formular nova explicação funcional. Ramón y Cajal foi um forte adepto dessa postura, enquanto que, Golgi caminhava numa direção diametralmente oposta.

²⁹⁴ Mazzarello, 2010, p. 234.

²⁹⁵ Golgi, 1891.

²⁹⁶ O acoplamento ou conexão efática é uma forma de comunicação no sistema nervoso distinto do chamado sistema de comunicação direta (sinapses elétricas e químicas). Refere-se ao acoplamento de fibras nervosas adjacentes causado pela troca iônica entre as células ou mesmo o acoplamento das fibras como resultado da interação com um campo elétrico local. Acredita-se que em ambos os casos, a conexão efática possa influenciar a sincronização e tempo de ação do disparo do potencial de ação em neurônios. A mielinização é pensada como inibidor das interações efáticas (Hartline, 2008). O que está em jogo é a ideia de que a atividade elétrica gerada pelo tecido nervoso em determinados pontos possa influenciar a atividade do tecido nervoso circundante. No século XIX (Emil Du Bois-Reymond (1818-1896) e toda uma geração de fisiologistas) já sabiam que ao ‘queimar’ um nervo considerado primário poderia induzir a atividade de um nervo secundário adjacente. O fenômeno não foi quantitativamente examinado até meados da década de 1940. Em 1941, a neurocientista de origem grega (nascida no Cairo) Angélique Arvanitaki (1901-1983) explorou o problema e propôs o termo *ephapse*, designando-o como

percepção, mesmo que qualitativamente, de que um feixe de fibras possa induzir atividade em feixes adjacentes orientam fortemente uma interpretação fisiológica reticularista. Mesmo que se admita o caráter discreto dos elementos nervosos (sejam as células ou os nervos) em termos anatômicos, negar a interação fisiológica em conjunto não estava de acordo com o que se observava até início dos anos 1880.

Mazzarello aponta para a controvérsia entre Ramón y Cajal e Golgi no que diz respeito à maneira como o tecido nervoso se constitui estruturalmente, como uma reedição de um debate mais amplo circunscrito ao debate entre localizacionismo versus holismo. É nesse ponto que desvio minha análise da tese defendida por Mazzarello. Conforme examinei algumas das teses de autores frequentemente referenciados como representantes desse debate (Combe, Gall, Spurzheim entre outros, do lado localizacionista, e Flourens e Golgi do lado holista), não há muito que permita aceitar essa dicotomia localizacionismo versus holismo como visões diametralmente opostas e que orientaram os trabalhos aqui examinados.

Para Mazzarello, as primeiras propostas de contiguidade para a conexão entre as células nervosas, as de His e Forel, eram deliberadamente estáticas, baseados em pressupostos tão somente estruturais, não levando em conta problemas funcionais tradicionais aos campos de estudo do tecido nervoso. A teoria neuronal, tal como Ramón y Cajal a formulou, teria representado um salto em relação às anteriores²⁹⁷, pois, apresentava um caráter dinâmico da célula nervosa e de suas conexões. A lei da polarização dinâmica foi prontamente aceita, dada sua simplicidade²⁹⁸. Cito Mazzarello em outra de suas conclusões com as quais não concordo:

um fenômeno distinto da transmissão sináptica (Arvanitaki, 1942). O fenômeno da conexão efática tem sido explorado para descrever efeitos induzidos de alterações de campo ao longo da membrana celular (Faber & Korn, 1989; Jefferys, 1995; Anastassiou et al, 2011).

²⁹⁷ His e Forel não apresentaram sistematicamente uma teoria sobre a célula nervosa e suas conexões. O primeiro, a partir de estudos de embriogênese do tecido nervoso observou a individualidade celular, propondo a ideia de que não ocorreria anastomose nas células adultas e o segundo, a partir de estudos de patologia e anatomia lançou mão da hipótese da individualidade celular sem, no entanto, propor uma teoria com o nível de sistematização semelhante à proposta por Ramón y Cajal.

²⁹⁸ Mazzarello, 1999.

*A teoria do neurônio reconciliou a estrutura do sistema nervoso com o paradigma geral da teoria celular*²⁹⁹.

Creio que Mazzarello se refira ao paradigma geral da teoria celular no que diz respeito à individualidade celular na constituição dos tecidos. A ideia de que as células que compõem o tecido nervoso formam uma rede por meio da anastomose entre seus elementos (seja por anastomose dendrítica ou axonal), não implica em contradição com a teoria celular. A negação de que o tecido seja formado por células negaria a teoria celular, mas é importante ressaltar que nenhum desses modelos aqui examinados (reticularistas ou não) negam que o tecido nervoso seja formado por células, não se recusa a teoria celular. A questão que se colocava era quanto à conexão entre as células em estágio adulto dos organismos. A embriogênese do tecido nervoso de pequenos mamíferos, muito provavelmente, indicasse com anos de antecedência dos trabalhos de Ramón y Cajal a existência das células nervosas embrionárias. Um exemplo semelhante se dá no tecido ósseo, em que os osteócitos gerados a partir dos osteoblastos, que ocupam espaços na matriz óssea e por meio de canalículos trocam nutrientes. Em nenhum momento nas pesquisas de final do século XIX o tecido ósseo³⁰⁰ representou uma ameaça à teoria celular nem à orientação de pesquisa atômica nas ciências biológicas, da qual a teoria celular é tributária (aliás, a orientação de pesquisa atômica representa uma orientação de pesquisa conceitual de longa duração).

Ramón y Cajal observou que as células horizontais estão conectadas por anastomose. A microscopia eletrônica, desenvolvida no século XX, mostrou que as células horizontais fazem sinapse elétrica (gap junctions), fato em desacordo com a contiguidade anatômica do tecido nervoso. A natureza sincicial das células horizontais nos pequenos vertebrados é uma clara indicação das expansões fusiformes terminais dos seus axônios. As preparações com o método de Golgi destas estruturas terminais começaram a ser interpretadas como plexos. Cito Mazzarello:

²⁹⁹ Mazzarello, 2010, p. 244.

³⁰⁰ Lombard, 1881.

(...) as células nervosas são unidades fundamentais do tecido nervoso, entre um neurônio e outro há um espaço (sinapse), os neurônios são funcionalmente polarizados, e as projeções neuronais não são aleatórias, mas seguem um plano específico (princípio de conexão específica)³⁰¹.

8.5. O reticularismo anatômico de Golgi e Ramón y Cajal no nível celular

Em 1898 Golgi³⁰² descreve uma nova estrutura celular que chamou de *aparato reticular interno* (apparato reticolare interno). Uma das funções do aparelho reticular (aparelho ou complexo de Golgi³⁰³) descrito por Golgi é a participação na formação do acrossoma no desenvolvimento do esperma. Esta atividade foi elaborada antes do reconhecimento da organela.

Segundo Whaley³⁰⁴, o complexo de Golgi foi descoberto por Adolph von La Valette St. George (1831-1910) e descrito em publicações de 1865 e 1867. Após a publicação dos resultados de Golgi, Aldo Perroncito³⁰⁵ (1882-1929) conecta os resultados de Golgi com os de La Valette³⁰⁶ para emitir uma nova interpretação sobre a estrutura descrita pelos dois. O termo *dictyokinesis*, que descreve a cisão do aparelho de Golgi como um processo normal de reprodução celular e foi utilizado por Perroncito em 1910, descreve um processo que foi observado por Platner em 1889 nos espermátócitos

³⁰¹ Mazzarello, 2010, p.251.

³⁰² Golgi, 1898a; 1898b; 1899.

³⁰³ Józef Nusbaum (1859-1917), zoólogo e evolucionista polonês, em 1913 propõe a substituição da terminologia por Aparato de Golgi (em homenagem ao cientista italiano) e a retirada do termo retículo ou rede, pois, os resultados de sua equipe mostraram que, principalmente em células de invertebrados, a disposição da estrutura não necessariamente é de uma rede (Dröschner, 1998). Mesmo após a sugestão de Nusbaum e aceitação de parte da comunidade científica, o aparelho de Golgi continuou a ser referenciado como um retículo. Em um trabalho de 1915 sobre o papel fisiológico e patológico do aparelho de Golgi, Ramón y Cajal se refere à formação de um retículo, principalmente, na ontogênese das células estudadas (Ramón y Cajal, 1915).

³⁰⁴ Whaley, 1975.

³⁰⁵ Perroncito foi patologista assistente de Golgi na Universidade de Pavia. Fez cursos de patologia geral na Universidade de Cagliari, retornando a Pavia em 1922, quando sucedeu Golgi na cadeira de Patologia.

³⁰⁶ Perroncito, 1910.

de *Helix*³⁰⁷ e por Murray em 1898 no *Helix* e Anon. Whaley descreve alguns casos em que se considerava ser, o aparelho de Golgi, nada mais que um artefato proveniente da técnica de coloração com sais de prata (a suposta estrutura se formaria pela deposição do metal)³⁰⁸. Na figura 19 destacam-se alguns dos desenhos desses autores e na figura 20 duas imagens pelo método fotográfico desenvolvido por Golgi.

³⁰⁷ Gênero de gastrópodes (classe de moluscos) pulmonados da família heliadae que inclui alguns dos caracóis terrestres.

³⁰⁸ Whaley, 1975.

Figura 19: Série de desenhos sobre o aparelho de Golgi. **A:** La Valette (1867) chamou de *Kopfkappe*. Espermátócitos da cobaia examinada. O reagente utilizado deve ser iodo (Fonte: Dröscher, 1998, p. 427). **B:** Desenho de Nussbaum (1882) do que ele designou como *Nebenkern* ('além' ou para fora do núcleo) da célula pancreática da salamandra (Fonte: Dröscher, 1998, p. 427). **C:** *Nebenkern* do espermátócito da salamandra maculata. Fixado com ácido cromo-ósio-acético, por Platner (1889) (Fonte: Dröscher, 1998, p. 427). **D:** Desenho de Golgi da célula de Purkinje. Fixação com 3% de dicromato de potássio e 1% de ácido ósmico, impregnado com cerca de 1% de nitrato de prata. (Fonte: Golgi, 1898a, p. 62). **E:** Aparato reticular interno de uma célula do gânglio espinhal de um cavalo de 20 anos. Fixado em 3% de bicromato de potássio e 1% em ácido ósmico e impregnado com 0,75-1 % de nitrato de prata (Fonte: Golgi, 1899). **F:** Desenho do aparato de Golgi de células do gânglio simpático no cão adulto. Desenho feito pelo aluno de Golgi, Emilio Veratti (1872-1967), em 1899; somente após a confirmação de Veratti, Golgi publicou seus resultados (esse é de um estudo posterior) (Fonte: Dröscher, 1998, p. 427). **G:** Aparato de Golgi do *Lilium candidum* (espécie de lírio. Planta nativa da Europa mediterrânea). Obtida por Pensa (1910) pelo método fotográfico desenvolvido por Golgi (Fonte: Dröscher, 1998, p. 427). **H e I:** Observação sequencial do aparato de Golgi e sua fragmentação em simples dictossomas de espermátócitos da *paludina vivípara*. Explicações do desenho de acordo com Perroncito (1911): A:

núcleo; B: nucléolo; C: centróssoma; D: rede interna de Golgi; E: mitocôndrias (Fonte: Dröscher, 1998, p. 427).

Figura 20: Preparações de Golgi. **A:** Células do gânglio espinhal. Autor desconhecido. Provavelmente método fotográfico de Golgi. (preparação em posse do Instituto de Patologia Geral Camillo Golgi em Pavia). **B:** Células do gânglio espinhal do frango. Método fotográfico de Golgi. (preparação em posse do Professor Bortolami. Instituto de Medicina Veterinária, Universidade de Bolonha). (Fonte: Dröscher, 1998, p. 429).

Ramón y Cajal, em um trabalho de 1915, apresenta inicialmente uma revisão da literatura sobre a descrição embriológica do aparelho de Golgi. Ramón y Cajal menciona os resultados de Fañanás³⁰⁹ sobre a evolução do aparelho de Golgi nas células nervosas. Segundo Ramón y Cajal, esses resultados confirmaram os trabalhos de His, Lenhossék, Retzius, Held e outros sobre a embriogênese do neurônio. Conforme o que se conhecia sobre a embriogênese das células nervosas, afirmava-se que todo neurônio seguia quatro etapas em seu desenvolvimento, são elas: (1) Fase germinal: célula esférica, situada próxima a cavidade endimária e em vias de mitose; (2) Fase bipolar: nesta fase a célula não é capaz de proliferar e é dotada de duas expansões, radial externa e interna; (3) Fase monopolar ou neuroblasto de His: desapareção da expansão radial interna e transformação da externa em axônio; (4) Fase multipolar: aparição dos dendritos, tanto no soma como na porção inicial do axônio ou na prolongação central.

³⁰⁹ Fañanás, 1912a; 1912b.

Os estudos de Fañanás estabeleceram uma relação importante para cada uma dessas fases e a disposição do aparelho de Golgi. O correlato a cada fase da disposição do aparelho de Golgi descrito por Fañanás pode ser sintetizado da seguinte maneira: (1.1) Fase germinal: corresponde a uma disposição do aparelho de Golgi formado por cordões ou grânulos disseminados, sem tendência acentuada a concentração; (2.1) Fase bipolar: ocorre certo deslocamento dos grãos e bacilos que se dirigem na direção da expansão radial externa, preenchendo-a quase toda; (3.1) Fase monopolar ou do neuroblasto de His: corresponde a localização dos grumos e sua organização em rede até a formação do axônio, no ponto principal de origem dos dendritos; (4.1) Fase multipolar: esta fase se estabelece em torno do terceiro ou quarto dia (dependendo do neurônio examinado) e coincide com um aparelho de Golgi localizado no soma envolvendo o núcleo e que se prolonga aproximadamente ao longo da porção inicial de um ou vários dendritos (Fañanás chamou essas disposições de *monocornes*, *tricornes* e *caperuza*)³¹⁰.

Já nas fases jovens e adultas dos neurônios a rede formada (aparelho de Golgi) abandona quase por completo os dendritos, dirigindo-se ao soma, em torno do núcleo da célula. Fañanás destaca ainda que a região de origem do axônio permanece refratária ao avanço da rede formada. No final da década de 1910 praticamente já se tinha um consenso sobre a formação do aparelho de Golgi e que sua disposição, principalmente em momentos distintos da embriogênese, não necessariamente constituiria uma rede ou retículo. No entanto, na fase adulta da célula não se negava a formação de tal retículo, o que deveria ser de grande relevância no exame fisiológico e patológico dessa estrutura.

Ramón y Cajal em seus estudos sobre o aparelho de Golgi, tendo como base os resultados de Fañanás, assume em dado momento uma orientação reticularista. Essa orientação reticularista se expressa no nível anatômico. A ontogênese da célula nervosa demonstra a formação do aparelho de Golgi a partir de partes discretas (os cordões disseminados) e que não apresentam tendência à concentração. A formação do retículo constitui ponto de partida para a compreensão de algumas das funções atribuídas à estrutura em si. A relação entre a função secretora dos osteoblastos (células provenientes

³¹⁰ Fañanás, 1912b; Ramón y Cajal, 1915.

das células responsáveis pela síntese dos componentes orgânicos da matriz óssea) e o aparelho de Golgi somente se dá na consideração reticular do segundo.

Apesar de uma orientação reticularista no âmbito fisiológico no que se refere às funções do aparato de Golgi, Ramón y Cajal, Golgi e creio a maior parte da comunidade científica envolvida no tema em meados das primeiras décadas do século XX, reconheciam a possibilidade de alternância quanto a tratar do retículo ou de suas partes formadoras na estrutura em dado momento fisiológico do desenvolvimento, o que exige uma atenuação na ideia de classificação desses pesquisadores como filiados a posições duras de pesquisa quanto ao localizacionismo (no sentido geral do termo e que por um pensamento analítico, tão somente, se parte das estruturas elementares e componha, tanto anatômica quanto funcionalmente, o organismo) e holismo (com a noção de que a consideração do organismo em sua totalidade permite a compreensão do todo a partir do todo, recusando o processo de exame analítico que se propõe alternativamente ao holismo). Definitivamente, essas categorias esgotam a heurística do processo histórico. A título de encerramento dessa seção, cito Ramón y Cajal sobre variações fisiológicas possíveis do retículo de Golgi nas células caliciformes (célula encontrada nos epitélios das mucosas dos tractos respiratório e digestivo; são células glandulares polarizadas, ou seja, que secretam apenas em dada região da membrana celular) e em algumas células glandulares:

A possibilidade de que as células glandulares experimentem mudanças relacionadas com as fases do ato de secreção tem sido indicada no pâncreas e glândulas salivares por Negri, se bem que tenha confessado não ter encontrado modificações evidentes correlativas dos diversos momentos fisiológicos. Também Golgi se inclina pela afirmativa em seus estudos, confirmado por d'Agata, sobre as mudanças de situação do retículo dos corpúsculos caliciformes do estomago da rã. (...) na mama encontra-se o retículo em dois estados sucessivos: em fase de hipertrofia e em fase de desagregação e dispersão sob impulsos de gotas oleosas³¹¹.

³¹¹ Ramón y Cajal, 1915, p. 161.

9. Primeiros trabalhos de Santiago Ramón y Cajal com a histologia

9.1. Primeiros trabalhos (1880-1887)

Ramón y Cajal cultivou o estudo e fascínio pela histologia desde o primeiro contato que teve com preparações histológicas no momento em que cursava uma das disciplinas exigidas para a obtenção do título de doutorado em medicina em Madrid. Foi nessa disciplina que conheceu Aureliano Maestre de San Juan (1828-1890), autoridade máxima em histologia na Espanha na ocasião. Ramón y Cajal lembra em sua autobiografia como passou nas outras duas disciplinas (Análise Química e História da medicina) com certa dificuldade, atribuindo parte da responsabilidade ao fato de os professores seguirem um programa distinto do previsto pela universidade³¹². Considero importante esse percurso pela primeira década de investigação de Ramón y Cajal para entendermos a maneira como ele tratou temas diversos no campo da histologia e como foi formando-se no campo da pesquisa.

O discurso apresentado por Ramón y Cajal ao que hoje chamamos banca de defesa do título consta de oito páginas e foi apresentado no dia 26 de junho de 1877 sob o título de *Patogenia da inflamação*. Ele não apresentou nenhum resultado experimental, justificando a escolha do tema devido à grande quantidade de trabalhos sobre outros assuntos desenvolvidos por cientistas renomados. Em seu discurso, faz uma revisão histórica da literatura e da maneira como a inflamação tem sido tratada no ocidente, retomando considerações de Hipócrates e Galeno até obras mais atuais surgidas no século XIX. Ele identifica relações de permanência sobre o conceito de inflamação, tanto no discurso antigo (Hipócrates e Galeno) como em autores do século XIX anteriores a Virchow. Virchow representará um ponto de inflexão no conhecimento do processo inflamatório, sem, no entanto, apresentar uma solução da questão de forma

³¹² Ramón y Cajal, 1954; 2006a.

satisfatória segundo o julgamento de Ramón y Cajal³¹³.

A inflamação, nesses autores, se caracterizava por quatro elementos: calor, rubor, inchaço e dor. O problema inicial nas propostas desses autores, apontado por Ramón y Cajal, se expressa na preferência que alguns autores atribuíam a cada um desses sintomas. Galeno via o calor como sintoma central, enquanto outros elegiam o rubor, outros o inchaço e dessa maneira não se obtinha unidade na consideração do processo inflamatório por meio dos sintomas. Outro problema destacado por Ramón y Cajal era a difícil distinção de um processo inflamatório de uma hiperemia (aumento da quantidade de sangue circulante em determinado local devido ao aumento de vasos sanguíneos) que não tivesse como causa uma inflamação³¹⁴.

Seguindo a revisão bibliográfica, Ramón y Cajal destaca a proposta de Sigismond François Jaccoud (1830-1913), para quem a inflamação tem início na estase vascular e termina na exsudação (o conceito de exsudato tratado aqui é o de matéria resultante do processo inflamatório tão somente, pois Jaccoud não conhecia a natureza química dessa matéria). Essa concepção tendo como referência a vascularização da região inflamada e a formação do exsudato foi muito aceita pelos médicos da escola médica de Viena³¹⁵. Um problema que se põe a essa concepção se refere aos tecidos onde não há ou tem muito pouca vascularização (córnea, cartilagem, tendões, epitélio). Devido a essa limitação na teoria, Ramón y Cajal irá empreender uma série de experimentos nos anos seguintes e que serão publicados os resultados em um artigo de 1880 no *El diário católico*, em que analisa a inflamação em alguns tecidos vascularizados, no pulmão da rã, na córnea do coelho e na cartilagem. Nesse artigo Ramón y Cajal se posiciona a favor da ideia geração espontânea dos leucócitos observados no local da inflamação, contrário à tese de migração dos leucócitos ao local da inflamação. O próprio Ramón y Cajal, em sua autobiografia, irá lembrar-se desse episódio como um período de imaturidade nas conclusões acerca dos resultados experimentais.

Em sua obra de 1846, Waller (1814-1870) defende que há saída de corpúsculos

³¹³ Ramón y Cajal, 2001.

³¹⁴ Idem.

³¹⁵ Idem, p. 03.

através das paredes intactas dos vasos³¹⁶, ideia concordante com a expressada em 1867 por Cohnheim, que fez inúmeros experimentos no mesentério e córnea da rã e que Ramón y Cajal toma partido a seu favor em um artigo de 1880.

A defesa da migração dos leucócitos ao local da inflamação teve como partidários histologistas de renome, como Ranvier e Alfred Vulpian (1826-1887), este último, famoso neurologista e patologista francês. A dificuldade na observação da migração dos leucócitos em toda sua extensão alimentava a defesa contrária a essa tese. Os defensores da geração espontânea dos leucócitos no local da inflamação consideravam como efeito de ilusão de óptica as observações que pretendiam visualizar o trânsito dessas células.

O que nos interessa em nosso exame não é nos determos em um episódio da história da Imunologia, mas sim, examinarmos a partir de alguns trabalhos selecionados, o percurso de formação de Ramón y Cajal no estudo dos tecidos e suas conexões em um período anterior aos seus estudos exclusivos sobre o tecido nervoso. Vale lembrar as palavras de Nageotte, quando de sua aula inaugural no curso de Histologia geral no Collège de France em dezembro de 1912, para quem o estudo do sistema nervoso, pressupõe necessariamente, o conhecimento dos outros tecidos e sua organização³¹⁷.

Em uma série de artigos publicados entre os anos 1880 e 1884 com o intuito claro de divulgar as descobertas histológicas, Ramón y Cajal (em alguns desses artigos utilizava o pseudônimo de Doutor Bactéria) defendia um papel central à célula nervosa no conjunto do organismo (em um artigo intitulado *As maravilhas da histologia*, Ramón y Cajal se referia à célula nervosa como sendo a mais nobre raça dos elementos orgânicos), porém, não atribuía uma condição meramente secundária aos outros tecidos. O que o fascinava realmente era a extensão da teoria celular e seus pressupostos, apesar do reconhecido papel atribuído ao protoplasma como unidade essencial dos organismos vivos a partir da década de 1870.

Para Ramón y Cajal, a teoria celular proposta por Schleiden e Schwann não havia sido substituída pela então chamada teoria protoplasmática. As prerrogativas de uma

³¹⁶ Waller, 1846.

³¹⁷ In: Berthoz, 2005, p. 249.

teoria, com pequenas variações se adequavam a outra, o que Ramón y Cajal considerava inadequado era a manutenção do termo célula, já que o mesmo não designava o que era verdadeiramente a unidade dos seres vivos, ou seja, o protoplasma³¹⁸.

Apesar do objeto da histologia se concentrar na formação, constituição e conexão entre os tecidos, tentava-se derivar de observações experimentais comportamentos complexos, não somente no nível sistêmico, mas mesmo do organismo inteiro. O protoplasma, como elemento fundamental dos seres, possuía uma característica fundamental, a irritabilidade. San Juan a chamou de princípio elementar³¹⁹. Dessa maneira, a irritabilidade é um princípio, enquanto que a sensibilidade (objeto da fisiologia) é uma função, portanto, secundária e efeito da primeira.

9.2. Histologia de tecidos não nervosos

Nos anos seguintes, Ramón y Cajal empreenderá uma série de estudos sobre tecidos diversos que serão publicados entre os anos 1886 e 1888 (ano da publicação de seus primeiros estudos sobre o sistema nervoso). Farei menção a alguns desses trabalhos aqui, direcionando o exame para a preocupação premente nesses trabalhos, que se refere à organização dos tecidos e a conexão entre as células que os compõem.

Cito abaixo uma descrição de Ramón y Cajal da conexão entre as células que formam os prismas do cristalino, em que se confirma nos prismas superficiais ou nucleados um retículo protoplasmático e que se torna perceptível quanto mais superficial estiverem as fibras.

Este quadro fibrilar parece reticulado e suas malhas estão dirigidas no sentido longitudinal [Ramón y Cajal está se referindo a batráquios e mamíferos], embora, em certas espécies (aves), carecem de orientação dispondo-se em apertada malha³²⁰.

³¹⁸ Ramón y Cajal, 1883.

³¹⁹ Maestre de San Juan, 1885, p. 197.

³²⁰ Ramón y Cajal, 1886a, p. 199-200.

A comprovação de formação ou não de estruturas reticuladas nas formações teciduais constitui lugar comum para estes histologistas de final do século XIX, que fazendo uso dos aperfeiçoamentos nas técnicas microscópicas e de coloração de tecidos, se debruçavam nesses emaranhados de células. Vale a pena citar que nas conclusões de Ramón y Cajal a respeito da textura do cristalino, no artigo acima citado de 1886, o mesmo admitia anastomose entre alguns tipos de célula, entre elas, as células nervosas.

(...) todas as formações celulares do ectoderma se caracterizam por uma disposição anastomosada de seus protoplasmas (células nervosas, células malpighianas, células da mucosa lingual)³²¹.

Em outra nota de laboratório sobre o tecido ósseo, Ramón y Cajal recusa a interpretação de Ranvier de que os dutos que ligam as células pela matriz extracelular sejam anastomoses entre elas³²². Mais à frente na mesma nota, ele admite anastomose entre algumas células do tecido ósseo (os osteoblastos, células do tecido ósseo responsáveis pela produção de matéria extracelular e que se isolam durante o processo de calcificação da matriz óssea dando origem a outras células, os osteócitos, na região ocupada pelos osteoblastos que formam canais ligando os osteócitos com vasos sanguíneos)³²³.

Há uma série de outras publicações de Ramón y Cajal nesse período³²⁴ em que sua descrição tornaria a tarefa árdua e fora dos propósitos dessa pesquisa. Farei menção apenas aos trabalhos sobre a fibra muscular, pois há uma tese defendida por Gordon Shepherd de que a solução do problema sobre a unidade motora teria servido de arcabouço para a proposta da contiguidade do tecido nervoso³²⁵.

Ramón y Cajal publica uma série de quatro artigos em 1887, sendo que um deles, publicado em francês, reúne as principais conclusões incluídas nos demais sobre a

³²¹ Idem, p. 205.

³²² Ramón y Cajal, 1887a.

³²³ Junqueira, 2004, p. 136.

³²⁴ Ramón y Cajal, 1886b; 1887b.

³²⁵ Shepherd, 1991.

estrutura da fibra muscular³²⁶. A tese de Shepherd de que a problemática envolvendo a fibra muscular teria sido fundamental para o desenvolvimento da teoria neuronal, devido à similaridade na ideia de retículo entre a fibra muscular e o tecido nervoso, é razoável, porém, considero pouco provável que identificar o problema da continuidade ou não no tecido muscular tenha sido tão central para a solução com relação ao tecido nervoso. A partir do exame dos trabalhos histológicos de Ramón y Cajal, é possível afirmar que a organização tecidual era a pedra de toque desses histologistas de final do século XIX. Conhecer a organização dos tecidos e, conseqüentemente, se havia continuidade ou não entre as células que os compunham, era uma orientação geral e, nesse sentido, a fibra muscular não oferecia algo novo aos histologistas em termos de como olhar os problemas da organização tecidual.

Acredito que a unidade motora e não apenas a fibra muscular, por sua relação física com o tecido nervoso oferecia uma barreira a ser transposta, e dessa maneira a célula nervosa, conforme se referia Ramón y Cajal como sendo *a raça mais nobre entre os elementos orgânicos*, ofereceria ao conhecimento da histologia a descrição da maneira como o tecido nervoso se constitui nas conexões entre as células³²⁷.

Ramón y Cajal ingressa no mundo científico no final da década de 1870 (obtem o título de doutorado em 1877) e encontra no universo da pesquisa nas ciências médicas o paradigma protoplasmático. Se o protoplasma é a propriedade manifesta do vivo, mais fundamental que a célula, então se faz necessário entender a maneira como se organizam as distintas células na formação dos diversos tecidos, uma vez que o conhecimento mais íntimo do protoplasma deveria esperar, pois as técnicas de investigação não permitiam conhecer o que Ramón y Cajal chamou de *os segredos da organização*, segredos esses

³²⁶ Ramón y Cajal, 1887c; 1887d; 1887e; 1887f.

³²⁷ A confirmação da individualidade celular na fibra muscular e, posteriormente, no tecido nervoso pode ser considerado como os últimos tecidos a terem sua estrutura mais bem descrita, mas ressalto que mesmo para os histologistas que pressupunham a anastomose entre as células, não estava em jogo confirmar o estatuto científico da teoria celular. Em meados da década de 1860 em diante, os debates sobre o estatuto da teoria celular se referiam, na sua grande maioria, aos componentes celulares e ao processo de multiplicação celular e não à relação entre as células na constituição dos tecidos diretamente. Ver: Baker, 1953; 1954; Teulón, 1983.

que eram provenientes do conhecimento do interior protoplasmático³²⁸. Cito Ramón y Cajal:

*(...) o descobrimento das leis a que obedece essa matéria [protoplasma] em suas variadas condições de existência será a maior conquista da humanidade; um passo imenso dado na via da concepção mecânica do mundo, cujo legítimo resultado há de ser a transformação de todos os problemas de qualidade em questões de quantidade*³²⁹.

A dificuldade manifestamente aceita em se conhecer as ‘entranhas’ do protoplasma jogavam o problema da organização para um nível acima, ou seja, a organização celular na composição dos tecidos. Era nesse terreno, o da conexão entre as células, que Ramón y Cajal se formaria inicialmente e se destacaria, em particular, nos estudos que empreendeu sobre o sistema nervoso a partir do final da década de 1880, apresentando uma síntese daquilo que marca as fundações da neurociência moderna.

É importante fazer alusão ao papel que Aureliano Maestre de San Juan teve na formação do jovem histologista Ramón y Cajal. Maestre de San Juan é figura importante em nossa análise devido à importância que tem para a formação da chamada escola histológica espanhola³³⁰. Foi o primeiro catedrático a ser nomeado na Espanha para uma cátedra de Histologia normal e patológica, dando início a uma geração de brilhantes histologistas. Ramón y Cajal, após retornar em 1875 de Cuba, onde serviu como médico militar e contraiu malária, que o fez ser dispensado, retomou seus estudos a fim de obter o título de doutor e tentar uma carreira acadêmica, conforme desejo de seu pai. A obtenção do título de doutor nas universidades espanholas exigia, além de um discurso sobre tema de escolha do candidato, a aprovação em três disciplinas. Ramón y Cajal cursou Análise Química, História da medicina e Histologia geral. Essa última era ministrada por Maestre de San Juan e marca o primeiro contato de Ramón y Cajal com preparações histológicas, o que segundo o próprio Cajal recorda em uma autobiografia, o

³²⁸ Clarke & Kasten, 1983.

³²⁹ Ramón y Cajal, 1880a, p.306.

³³⁰ Santander, 2002.

deixou encantado com a beleza das preparações³³¹.

Ramón y Cajal foi fortemente influenciado por Maestre de San Juan em seus primeiros anos de estudo da histologia, mesmo depois de encontrar em Ranvier uma referência para suas futuras pesquisas em técnicas histológicas. Em seu *Tratado elementar de histologia normal e patológica*, Maestre de San Juan aponta como fronteira entre as ciências exatas e as ciências orgânicas o conhecimento dos princípios imediatos e a passagem do nível químico ao biológico. Usa para ilustrar sua ideia um exemplo: o sangue é constituído pela combinação de muitos princípios imediatos (água, albumina, fibrina etc) e a separação desses princípios é feita por meios físicos. Após essa separação física ocorre a separação feita pelo químico. A transição daquilo que não pode ser separado (reduzido) ao universo da química seriam os princípios imediatos do orgânico. Mais à frente na caracterização dos princípios imediatos, San Juan admite a fronteira como sendo o protoplasma.

Muito das considerações de Ramón y Cajal em 1880, em seus textos de divulgação da histologia em periódicos, tais como, *La clinica*, guardam semelhança com as ideias de Maestre de San Juan e Beale³³² (1870) acerca da teoria protoplasmática.

Jean Nageotte (1866-1948), a quem Ramón y Cajal faz inúmeras referências em seus trabalhos, foi um grande entusiasta dessa visão organicista no início do século XX. Nageotte conhecia muito bem os trabalhos de Ramón y Cajal por intermédio de Azoulay, tradutor da obra máxima de Ramón y Cajal para o francês em 1909 (tomo I) e 1911 (tomo II). Nageotte em uma de suas aulas no curso de Histologia Geral sobre o mapa do córtex cerebral no Collège de France no ano de 1912, defendeu que no curso da filogênese, o sistema nervoso teria monopolizado certas funções do organismo, fazendo com que progressos em outros domínios acarretariam modificações no sistema nervoso como um todo, uma vez que ele estaria sujeito às mesmas variações evolutivas que outros tecidos. Tem-se como corolário dessa concepção que a compreensão do sistema nervoso por meio de suas conexões não pode excluir a compreensão das conexões dos

³³¹ Ramón y Cajal, 1954.

³³² Beale, 1870.

demaís sistemas do organismo³³³. É nesse cenário que Ramón y Cajal iniciará seus trabalhos histológicos antes de se dedicar quase que exclusivamente ao sistema nervoso.

O ano de 1877 marca o início da trajetória de Ramón y Cajal. Período em que se torna professor auxiliar interino na Faculdade de Medicina de Zaragoza e trabalha com Aureliano Maestre de San Juan. Dois anos depois, em 1879, Ramón y Cajal assumirá a direção do museu de anatomia de Zaragoza³³⁴. Segundo Santarén, esses foram os primeiros contatos de Ramón y Cajal com a histologia. Foi também a primeira vez que Ramón y Cajal pode entender as dificuldades associadas ao estudo do tecido nervoso.

O sistema nervoso se incluía dentro dos tecidos compostos, definido como um conjunto de fibras e corpos celulares colocados em meio de uma massa de tecido conjuntivo. As fibras nervosas, ou tubos nervosos constituíam quase exclusivamente a substância branca com que as células nervosas, também chamadas corpúsculos ganglionares, se descreviam na substância cinzenta, misturadas com as fibras, razão pela qual a substância cinza se denominava também substância ganglionar³³⁵.

O testemunho de Santarén faz referência à confusão que havia a respeito das terminações das fibras nervosas na periferia, uma vez que se acreditava serem cada vez mais finas quanto mais se aproximavam da periferia, confundindo-se com o tecido do órgão correspondente. Outro ponto confuso na descrição histológica do sistema nervoso nos anos 1880 se refere aos órgãos dos sentidos. Para a membrana nervosa do olho (retina), se descreviam nove camadas de estrutura incerta. Com relação ao conhecimento das terminações nervosas nos órgãos da audição e olfato, a situação era ainda mais crítica. Conheciam-se fenômenos fisiológicos, tais como polarização e limitação dos reflexos ou fenômenos de inibição, porém, as explicações dos mesmos não eram satisfatórias no nível tecidual, que dirá celular.

³³³ Nageotte apud Berthoz, 2005.

³³⁴ Roy, 1999.

³³⁵ Santarén, 2006, p.29-30.

A orientação fisiológica que prevalecia na segunda metade do século XIX era fortemente devedora de modelos circulares, uma vez que as grandes funções orgânicas eram explicadas por representações fechadas e cíclicas; os aparelhos circulatório, digestório, urinário, mas, sobretudo, o circulatório, serviam de estímulo a propostas de circunscrever a esse universo explicativo o sistema nervoso. Dessa maneira, existiriam centros no sistema nervoso que obedeceriam igualmente a um mecanismo circular, fechado e por sua vez auto-suficiente. Do centro à periferia, a informação nervosa circularia em um sistema similar ao sanguíneo. Para sustentar essa hipótese seria necessário demonstrar a existência de um substrato material que permitiria o fluxo da informação nervosa, mesmo que a natureza dessa informação permanecesse um mistério. A função de sustentação, atribuída às células da glia ou neuroglia, apareceu como candidata a resolver essa contenda, atuando tão somente como um equivalente ao tecido conjuntivo, só que específico para o tecido nervoso. O tecido nervoso, tanto na porção central como periférica, por meio da ‘colagem’ propiciada pelas células da glia, formava algo análogo a tubos e condutores em uma instalação elétrica. Vimos que a analogia com modelos elétricos se instaura desde os trabalhos de Galvani no final do século XVIII e início do XIX. Esse caminho levava à proposição de um modelo reticular do sistema nervoso inequivocamente.

9.3. A orientação de pesquisa anatômica de Santiago Ramón y Cajal

Em 1887 Ramón y Cajal visitou Luis Simarro³³⁶ e conheceu a técnica de Golgi. Ramón y Cajal morava em Valência³³⁷ nesse ano e estudava o sistema nervoso há cerca de um ano. Estava reunindo imagens para seu livro de histologia, quando resolveu visitar

³³⁶ Parellada, 2007.

³³⁷ Ramón y Cajal morou em Valência entre os anos de 1884 e 1887 e uma curiosidade a cerca dessa estadia é que se interessa pelo estudo experimental do hipnotismo. Estudos sobre sonambulismo artificial e fenômenos de sugestão, feitos na França por Charcot, Liébeault, Bernheim, Beaunis entre outros, eram chamados por ‘psicologia mórbida’ e comumente associados ao mesmerismo de finais do século XVIII. Apesar da desconfiança nesses estudos, Ramón y Cajal se refere a esses pesquisadores como pessoas habituadas a observações exatas. Vale lembrar ainda que Ramón y Cajal fez uso da hipnose para aliviar sua mulher de dores pós-parto em duas ocasiões.

Simarro para recolher tais imagens. De volta a Valência, Ramón y Cajal inicia uma série de estudos do cerebelo utilizando o método de Golgi. Modifica o método de Golgi. As peças extraídas do nitrato de prata eram submetidas a um novo tratamento com bicromato para novamente serem impregnadas com prata. A modificação do método originário desenvolvido por Golgi parece simples, no entanto, os resultados foram muito bons e praticamente constantes, o que com o método original nem sempre era possível. O método de impregnação com a prata proporcionava a coloração de fragmentos muito pequenos do tecido nervoso; com sorte, 10% no máximo de células da amostra eram impregnadas com clareza³³⁸. Se o uso da técnica de dissociação mecânica, desenvolvido por Deiters, comprometia a integridade física do tecido, uma vez que era extremamente difícil fazer a separação de porções de células sem que se perdessem elementos constituintes do tecido, o método de impregnação com a prata exigia o estudo de grande quantidade de cortes para se poder observar³³⁹ a estrutura e suas conexões de maneira completa.

Os anos dedicados ao estudo da histologia de tecidos diversos deram a Ramón y Cajal amplo conhecimento nas técnicas de microscopia vigentes e da ciência histológica geral. Uma outra característica adquirida na trajetória pelo estudo da histologia que se acrescenta à maneira como Ramón y Cajal pensou o tecido nervoso é a de uma orientação de pesquisa anatômica. A orientação de pesquisa anatômica adquirida por Ramón y Cajal no estudo da histologia não exclui uma concepção dinâmica dos tecidos, ao contrário, encontra sentido quando à descrição da estrutura segue-se a explicação funcional.

³³⁸ Isso é devido a uma limitação do método de coloração com sais de prata, e não um problema limitante das técnicas no final do século XIX. Para uma descrição desse condicionante da técnica nos dias atuais ver: Oglio, A. D. et al. *Método de Golgi*. In: Bittencourt & Elias, 2007, pp. 33-56.

³³⁹ A observação se assemelha a de um quebra cabeças, onde cada corte compõe uma peça indicando o caminho das vias no sistema nervoso. Observar tais vias em cortes do tecido nervoso adulto constitui verdadeiro suplício devido à complexidade do emaranhado de células e suas prolongações. Um procedimento que Ramón y Cajal adotou e que lhe foi de grande ajuda foi a observação de cortes em fetos, animais recém nascidos, de alguns dias de vida e adulto. A montagem desse quebra cabeça atende apenas a questões estruturais. A explicação funcional a partir de dados anatômicos constitui outra instância do problema.

Uma diferença significativa da orientação de pesquisa anatômica de Ramón y Cajal para uma orientação de pesquisa fisiológica se expressa pela premência no conhecimento da estrutura em relação a função. A descrição estrutural deve orientar e anteceder a explicação funcional. Há momentos em que Ramón y Cajal se refere à fisiologia como uma ciência teórica em detrimento da anatomia como ciência empírica³⁴⁰.

Apesar da admiração que Ramón y Cajal devotou aos trabalhos de Ranvier (Ramón y Cajal se referia ao *Traité Technique d'histologie* (1875) de Ranvier como sua bíblia científica), a forte orientação fisiológica que o desenvolvimento da histologia sofreu na França justifica a atribuição a Ranvier como sendo um dos fundadores dos estudos de histofisiologia, enquanto que uma tentativa de classificação do trabalho de Ramón y Cajal mais se adequasse a histoanatomia, ou simplesmente, histologia geral, tal como seu desenvolvimento no início do século XIX a partir de um ramo da anatomia.

A orientação de pesquisa estrutural que atribuo a Ramón y Cajal é confirmada quando o cientista espanhol se debruça sobre dois problemas fisiológicos de muita importância no século XIX, quais sejam as ações reflexas e a constituição da unidade motora, consequentemente, da constituição do tecido muscular. Nesses dois problemas a orientação histo-anatômica de Ramón y Cajal foi fundamental para a maneira como abordou a questão. Conforme disse acima, essa orientação não implica em uma visão estática do orgânico. A articulação entre estrutura e função adquire completude quando examinada à luz da compreensão evolutiva dos elementos constituintes. Isso inclui o exame celular individualmente considerado, dos tecidos e mesmo das estruturas macroscópicas do sistema nervoso.

Poderia-se afirmar que essa pesquisa confirma a tese de William Coleman de que o século XIX nas ciências biológicas é expresso pela tríade forma, função e transformação, como se essa tríade representasse orientações de pesquisa nas disciplinas circunscritas ao campo da Biologia³⁴¹. Sob certo aspecto sim, diria que os resultados que

³⁴⁰ Ramón y Cajal, 2006.

³⁴¹ Coleman, 1983.

chego ao analisar a formação dos conceitos constituintes da teoria neuronal não discordam da tese de Coleman. No entanto, Coleman parece considerar cada elemento da tríade algo mais do que chamo de orientações de pesquisa, diria mais adequado até designá-los por programas de pesquisa independentes entre si.

A independência entre a forma, função e transformação como organizadores e orientadores da pesquisa ao longo do século XIX talvez seja um ponto em que não haja total concordância entre a tese de Coleman e a tese defendida por mim. Enquanto para Coleman, os trabalhos no campo da Biologia seguiam designações rígidas orientados pelo conceito de forma, função ou transformação, a maneira como concebo as orientações de pesquisa permitem o intercambio entre si, em alguns casos resultando em espécie de híbridos (refiro-me exclusivamente ao domínio metodológico) indistinguíveis. Considero a orientação de pesquisa anatômica em Ramón y Cajal um exemplo disso. Apesar da forte orientação anatômica na ciência histológica praticada por Ramón y Cajal, sua compreensão do tecido nervoso no nível evolutivo³⁴² pressupõe o elemento transformacional mais que a estrutura; aliás, a estrutura e função são derivadas da condição de transformação (veremos que essa condição de transformação se expressa pelo conceito de plasticidade). Por isso o conceito de plasticidade é central na teoria neuronal.

Uma maneira de atenuar essa discordância entre a tese de Coleman e a minha (não que seja necessário atenuar) é admitir que os três grandes temas da Biologia do século XIX, conforme ele faz referência, sejam tratados como conceitos orientadores de longuíssima duração, mas aí enfraqueceria a necessidade de associar esses temas ao século XIX. Forma, função e transformação são conceitos superestruturais em que se esvazia a heurística do processo histórico, uma vez que podem ser utilizados como uma forma do conhecimento histórico aplicado a qualquer recorte que se faça³⁴³.

³⁴² Ramón y Cajal considerava que um dado fenômeno orgânico expresso na ontogênese e filogênese alcança no segundo nível, o evolutivo, maior estabilidade que as formas de expressão dadas na ontogênese. Algumas das formas de se adentrar a ontogênese de dado fenômeno é via o conhecimento da estrutura (anatomia e histologia), função (fisiologia) ou disfunção fisiológica (patologia).

³⁴³ Não acho que Coleman trate esses temas dessa forma, porém, creio ser difícil a saída disso que considero um labirinto.

10. O reflexo

10.1. Considerações gerais

Os estudos sobre o fenômeno do reflexo marcam um ponto importante no que se refere ao caminho percorrido até o estudo da unidade motora. Shepherd³⁴⁴ considera que a resolução do problema referente à constituição da fibra muscular foi fundamental para se encaminhar o olhar para a unidade do tecido nervoso. A história dos estudos sobre a ação reflexa não é recente, no entanto, vou me restringir a alguns trabalhos a partir da segunda metade do século XVIII até o final do século XIX³⁴⁵.

No século XVIII, a relação entre os nervos e músculos assume papel central nas explicações orgânicas. Na tentativa de distinguir anatômica e fisiologicamente fibras nervosas de fibras musculares, Haller lança mão dos conceitos de irritabilidade e sensibilidade.

(...) Ao atribuir a sensibilidade aos nervos e a irritabilidade aos músculos, Haller esperava estabelecer anatômica e fisiologicamente a diferença entre fibras nervosas e fibras musculares, conferindo a força do movimento orgânico a uma propriedade inerente à matéria orgânica³⁴⁶.

A determinação de quais partes do corpo são sensíveis e quais são irritáveis deve ser derivada da experimentação, postula Haller. Na tese halleriana, as características de movimento e sensação definem aquilo que possa se conhecer da essência do ser vivo.

³⁴⁴ Shepherd, 1991.

³⁴⁵ Para um estudo histórico mais amplo sobre o tema sugiro a obra de Franklin Fearing (1930). ***Reflex Action: A study in the history of physiological psychology***. Já a formação do conceito de reflexo na ciência moderna farei alusão, quando não às fontes primárias, aos trabalhos de Canguilhem, 1955; 2000; 2012.

³⁴⁶ Russo, 2002, p. 44.

São, portanto, conceitos centrais na teoria de Haller³⁴⁷.

Marisa Russo, em sua tese de doutoramento, considera que William Harvey (1578-1657) foi um dos primeiros a falar na separação possível entre uma forma de sensibilidade independente do *sensorium commune* (cérebro). No exercício 57 de seu *On generation* Harvey afirma³⁴⁸:

*(...) muitos animais são dotados tanto de sentido como de movimento sem ter um sensorium commune ou um encéfalo, tais como, minhocas, lagartas de vários tipos, crisálidas etc, assim também certas ações naturais ocorrem no embrião e até mesmo em nós sem o controle do cérebro e uma certa sensação ocorre sem consciência*³⁴⁹.

A ideia de inventariar um conjunto de movimentos que não dependam da influência dos centros corticais será mais bem explorada no século XIX nos estudos sobre os movimentos reflexos. Uma das vias de ataque à teoria de Haller se deu em função de sua insistência em diferenciar as partes sensíveis e insensíveis a partir da ausência ou presença de inervação. A dificuldade no século XVIII em se determinar com precisão onde terminam exatamente as ramificações nervosas afastava os pesquisadores dessa hipótese. Nesse cenário se debatiam a possibilidade de inervação de determinadas estruturas, tal como, o debate sobre se a dura-máter é ou não inervada. A tese recorrente aceitava o movimento da dura-máter, enquanto que Haller se opôs a essa tese. Admitir o movimento da dura-máter significaria apoiar a permanência de um sistema de movimento em que o cérebro funciona como uma glândula produtora dos espíritos animais e a fibra muscular se anastomosa com a fibra nervosa atendendo a essa função glandular do cérebro.

A controvérsia entre Haller e Robert Whytt (1714-1766) sobre o movimento involuntário serve-nos de exemplo da importância que a questão referente à ação reflexa

³⁴⁷ Idem.

³⁴⁸ Harvey, W. *On animal generation*. In: *The works of William Harvey*. London: Sydenham Society, 1817. (pp. 169-520).

³⁴⁹ Idem, p. 433.

tem no debate científico já na segunda metade do século XVIII. Whytt se opõe à tese de que o movimento do corpo poderia ser algo puramente mecânico. Em seu *An essay on the vital and other involuntary motions of animals* de 1751, Whytt apresenta a ideia de reflexo como um conceito fisiológico. Na seção primeira de sua obra diz:

Uma certa influência ou poder, que procede originalmente do cérebro e da medula espinhal, e que depois se localiza nos nervos, e por intermédio destes é transmitido para os músculos, é a causa imediata de sua contração, ou, pelo menos, necessária para esta. A verdade disso está acima de qualquer dúvida razoável, pelas convulsões e paralisias que atingem os músculos, quando a medula cerebral, o bulbo raquidiano e a medula espinhal são perfurados, ou de qualquer outra forma irritados ou comprimidos; bem como pela observação de que os animais perdem o poder de mover seus músculos logo que o nervo ou os nervos a ele ligados são fortemente comprimidos, cortados, ou de qualquer forma destruídos. Disso é possível dar muitos exemplos: mas nos limitaremos a mencionar um, que é muito forte e indiscutível, de forma que não pode admitir qualquer dúvida. Quando se corta o nervo recorrente de um lado da laringe, a voz se torna notavelmente mais fraca; quando se cortam os dois nervos, se perde inteira e irremediavelmente, isto é, o animal perde todo o poder para movimentar os músculos que servem para aumentar ou diminuir a abertura da glote³⁵⁰.

A analogia usada por Whytt para explicar que a premência do cérebro como fonte de sensação e movimento se baseia em observações de casos clínicos, tais como a ideia de que pequenas inflamações nas membranas do cérebro causariam a loucura ou mesmo uma compressão causando paralisia ou apoplexia. Para Whytt, a ocorrência de inflamação ou compressão semelhante em outros órgãos não causa esses mesmos sintomas, o que indica ser o cérebro a sede da vida mental³⁵¹. A causa imediata da contração dos músculos se deve, segundo Whytt, ao *poder nervoso*³⁵². Whytt descarta

³⁵⁰ Whytt Apud Boring & Herrnstein, 1971 [1751], p. 348.

³⁵¹ Boring & Herrnstein, 1971.

³⁵² A noção de poder pode ser considerada em relação de sinonímia com o conceito de força física. Em outros autores (Haller, Prochaska e mesmo Darwin em seu livro *A expressão das emoções no homem e*

também a possível influência do sangue arterial como causa do movimento muscular. A principal função do fluxo sanguíneo para o movimento é de nutrição e regulação da temperatura. Um experimento relativamente simples e que demonstra tal resultado é dado quando se obstrui o fluxo das artérias ao músculo e se observa sua ação motora enfraquecer gradualmente, mas não cessar, enquanto que, se os nervos ligados ao músculo são interrompidos, a ação muscular se interrompe por completo.

O princípio de que a intensidade de um estímulo gerará uma resposta com a mesma intensidade pode ser deduzido sem o uso da experimentação. Whytt somente chama atenção ao fato de tal princípio não ser confundido quando se trata de constituições distintas de nervos. Essa é uma questão que será objeto de inúmeros trabalhos ao longo do século XIX. Uma vez que há estímulos sensoriais distintos (visual, auditivo, tátil entre outros), a constituição anatômica e fisiológica dos nervos deve dar conta dessas variações.

Dois anos antes da publicação de Whytt, em 1749, David Hartley (1705-1757) publica suas observações acerca da ação voluntária e involuntária. Hartley explica o processo de recepção dos estímulos e a resposta motora por vibrações motoras. Cito Hartley:

A fim de permitir o aparecimento disso [contração muscular], será correto distinguir as vibrações motoras, ou as que descem pelos nervos dos músculos em suas fibras. (...) Em primeiro lugar, devemos pensar que as vibrações sensoriais que são excitadas nos órgãos externos, e sobem para o cérebro, quando chegam, em sua ascensão, às origens dos nervos motores, à medida que sobem do mesmo tronco, plexo ou gânglio, atingindo os nervos sensoriais, separam uma parte de si mesmas em cada uma dessas origens, até os nervos motores; essa parte, ao agitar as pequenas partículas das fibras musculares, segundo a maneira explicada, as excita à contração³⁵³.

nos animais) aparece o termo *força nervosa* referindo-se ao mesmo arcabouço fenomênico que o descrito pela expressão *poder nervoso*. Para uma discussão sobre o conceito de força na Física ver a obra de Max Jammer *Concepts of force: a study in the foundation of dynamics*. New York: Dover Publications, 1999.

³⁵³ Hartley Apud Boring & Herrnstein, 1971 [1749], p. 342.

Na proposta das vibrações motoras de Hartley podemos supor uma concepção anatômica do sistema de fibras nervosas e motoras em analogia com um sistema físico de cordas. Uma vez que a fibra, tanto nervosa como muscular, é a instância última da análise anatômica na segunda metade do século XVIII, é natural que os modelos explicativos do movimento voluntário e involuntário façam referência à relação entre a fibra nervosa e a muscular. Tanto o caso de Whytt como de Hartley se encaixam nos modelos mecânicos do sistema nervoso disponíveis no período³⁵⁴.

10.2. O Princípio de associação e a explicação dos movimentos do corpo

A proposta de Hartley³⁵⁵ concebe a transferência dos movimentos involuntários aos voluntários e o caminho inverso. Adotando um princípio de associação (Hartley é mais conhecido na história da psicologia como um dos primeiros a propor um modelo semifisiológico para os movimentos por associação)³⁵⁶. Hartley entende que as sensações se baseiam em vibrações no interior de um sistema de fibras nervosas.

O princípio associativo proposto por Hartley prevê a possibilidade de associação entre sensações e ideias, ideias e ideias e sensações, ideias e movimentos. As sensações podem ser consideradas em associação quando suas impressões se dão no mesmo instante ou em instantes contíguos sucessivamente. Dessa maneira, Hartley distinguiu duas formas de associação, uma sincrônica e outra sucessiva.

Na seção 2 do capítulo primeiro da primeira parte, Hartley afirma na proposição nove que as vibrações sensoriais, ao se repetirem, criam na substância medular do cérebro uma disposição para subunidades vibracionais (Hartley denominou de

³⁵⁴ Carlson & Simpson, 1969.

³⁵⁵ A principal obra de Hartley em que está exposta toda sua teoria é a *Observations on man, his frame, his duty, and his expectations* publicada originalmente em 1749. Há uma edição de 1791 (New York: Johnson & Church-yard, 1791) dividida em três volumes, sendo que a obra original divide-se em duas partes. Utilizei nesse exame uma edição de 1801 publicada pelos mesmos editores de 1791 em volume único. Há trechos da primeira parte reunidas em Boring & Herrnstein (1971) que se referem especificamente à explicação do movimento voluntário e involuntário pelo princípio de associação.

³⁵⁶ Boring, 1929.

vibratiúnculos tais subunidades). As vibrações propagadas pelos nervos criam ideias e acompanham sensações. Sobre o substrato anatômico desse processo Hartley afirmou:

*Aparentemente, algum movimento deve ser excitado na substância medular durante cada sensação e esse movimento precisa ser vibratório. Portanto, como algum movimento precisa também ser excitado na substância medular durante a presença de cada ideia, esse movimento não pode deixar de ser vibratório. Se não fosse assim, como poderia decorrer da vibração original que acompanha a sensação, da mesma forma que a ideia procede da sensação?*³⁵⁷

A passagem é muito elucidativa em mostrar como Hartley centraliza na medula espinal o registro de cada impressão. Seu modelo vibratório de funcionamento do sistema nervoso, apesar de possuir pouco conteúdo empírico, afirma a antecendência das vibrações em relação às ideias e sensações, tendo como princípio funcional a excitação da substância medular. Ainda na primeira parte de seu livro, na proposição doze, Hartley garante a possibilidade da passagem de ideias simples às ideias complexas por meio de associações. Um dos exemplos apresentados por Hartley é o seguinte: consideremos uma sensação A que esteja frequentemente associada com B, C, D etc. Em alguns momentos A estará associada com B, em outros com C e assim por diante. Quando A é apresentada isolada e causa B, C, D, e etc, todas ao mesmo tempo, ou seja, as associará umas com as outras, desde que atendam à condição de pertencer a diferentes regiões da substância medular. Hartley diz que, caso duas ou mais pertençam à mesma região (na condição de não existir conjuntamente em suas formas distintas), A provocará algo intermediário entre elas.

A ideia de associação por contiguidade explicaria, segundo Hartley, como os movimentos automáticos passam ao controle voluntário e esses ao automático. Na proposição 21 Hartley apresenta a maneira como os movimentos voluntários e semivoluntários podem ser deduzidos da associação. A distinção entre movimentos não

³⁵⁷ Hartley Apud Boring & Herrnstein, 1971 [1749], p. 429.

se dá apenas em voluntários e involuntários, para Hartley há uma gradação entre esses dois níveis, admitindo, por exemplo, o que ele designou por movimentos semivoluntários³⁵⁸.

A validação da proposição 21 se dá na interrogação que se deve fazer sobre as ligações obtidas em cada movimento automático em associação com outros movimentos, ideias ou sensações, de forma que dependam deles. Cito Hartley:

*Depois que as ações, que são mais perfeitamente voluntárias, se tornaram tais por um conjunto de associações, podem, por outro, tornar-se dependentes dos menores movimentos, sensações, ideias que a mente praticamente não observa, ou de que sequer está consciente; e que, portanto, dificilmente pode lembrar um momento depois da ação. Disso decorre que não apenas a associação converte ações automáticas em ações voluntárias, mas as voluntárias em automáticas.*³⁵⁹

Hartley considera que a extrapolação da amplitude de sua teoria é válida, apesar do que considera ser um caráter puramente fictício no que concerne à validade do princípio de associação. Em outro momento, Hartley se refere à associação como doutrina e não princípio, o que a coloca no mesmo nível da teoria das vibrações, advinda da mecânica. A teoria das vibrações, dessa forma, explicaria todos os movimentos automáticos originais, enquanto que a associação explicaria os voluntários e secundariamente automáticos.

Há duas maneiras de explicar o conjunto total de movimentos, dirá Hartley, por vibração nos nervos e por associação. Hartley propõe que se deduza a associação da doutrina vibracional, assim podem-se explicar todas as sensações, ideias e movimentos dos animais a partir das vibrações das pequenas partículas da medula. Como primeiro corolário, Hartley atribui ao cérebro e não à medula espinal ou aos nervos, o centro onde se localiza a alma, na medida em que dirige os movimentos voluntários.

Já no segundo corolário, Hartley se opõe à tese de Stahl e seus seguidores, para

³⁵⁸ Hartley, 1801.

³⁵⁹ Hartley Apud Boring & Herrnstein, 1971 [1749], p. 344.

quem o movimento voluntário é o movimento primário nos animais. Para Hartley, os movimentos são inicialmente automáticos e vão gradualmente se tornando voluntários³⁶⁰. O conceito de *arco reflexo* somente será criado no século XIX³⁶¹, mas, uma vez que Hartley admite ser o movimento involuntário o movimento primário no organismo, é necessário determinar a posteriori, dentre os movimentos automáticos, qual antecede na escala animal.

Uma personagem importante nos estudos de reflexologia na virada do século XVIII para o século XIX foi George Prochaska³⁶² (1749-1820). Especificamente sobre o processo reflexivo, Prochaska entende ser ele decorrente da *força nervosa* (vis nervosa). Na seção oito do capítulo primeiro de sua dissertação, Prochaska expõe sua teoria de como as funções nervosas são explicadas pelo conceito de *força nervosa*. Defende o abandono do método cartesiano na investigação da natureza e se refere ao método indutivo como único capaz de oferecer um conhecimento seguro da natureza. Cito Prochaska sobre essa questão:

(...) Newton designava a causa misteriosa da atração física pelo termo vis attractiva, observou e rearranjou seus efeitos e descobriu as leis do movimento e assim é importante atuar com referência as funções do sistema nervoso; poderíamos chamar de causa latente na polpa dos nervos, produzindo seus efeitos, e que ainda não foram determinados, a força nervosa. Vamos organizar os seus efeitos observados, que são as funções do sistema nervoso, e descobrir suas leis; assim seremos capazes de fundar uma doutrina verdadeira

³⁶⁰ Esse é um ponto importante em nosso percurso, pois, a condição primária dos movimentos involuntários será considerada como a estrutura matriz, no caso do arco reflexo, de todos os outros movimentos. Os autores examinados mais à frente (Hall, Sechenov e Ramón y Cajal) manterão e ampliarão essa ideia.

³⁶¹ Canguilhem defende que o século XIX não contribuiu na conceitualização do reflexo, mas apenas retificou o conceito criado por Thomas Willis (Canguilhem, 1955). Defendo que, mesmo não apresentando algo novo para o conceito de reflexo, é no século XIX, principalmente a partir dos trabalhos de Marshall Hall (1790-1857), que o conceito de reflexo deixa de ser mais um dos fenômenos fisiológicos associados ao movimento e assume o estatuto de princípio biológico (Clarke & Jacyna, 1987).

³⁶² Os resultados do trabalho de Prochaska encontram-se na dissertação *On the functions of the nervous system*. A obra consultada aqui foi publicada em 1851 em Londres pela Sydenham Society em conjunto com *The principles of physiology* de John Augustus Unzer (a parte referente ao trabalho de Unzer não foi examinada).

*e útil, que sem dúvida, trará nova luz, e de caráter elegante à arte médica. O ilustre Haller já havia utilizado a expressão vis nervosa, ao designar um agente que, empregado aos nervos, excitava a contração muscular, mas o célebre e engenhoso Unzer jogou luz maior sobre o assunto, pois, embora continue a utilizar o termo espíritos animais para que possa conveniente e compreensivelmente melhor se expressar, como ele mesmo afirma, todo seu sistema é completo sem eles [espíritos animais]*³⁶³.

Prochaska defendia que a recepção sensorial e a expressão motora tinham um ponto de convergência e que se davam em uma região determinada do sistema nervoso, o *sensorium commune*. Na teoria de Haller, o *sensorium commune* é considerado como sinônimo de cérebro. Para Prochaska, o *sensorium commune* permanece como uma espécie de área integradora, mas não se restringe apenas ao cérebro. Outra novidade que surge com seu trabalho é que a relação entre a recepção do estímulo e a resposta motora é controlada por leis naturais e não pela vontade. Isso garante a independência dos movimentos automáticos em relação aos movimentos voluntários.

A força nervosa é uma propriedade inerente à região da medula, no entanto, afirma Prochaska, é necessário o estímulo para que se dê a ação no nervo da força nervosa. O estímulo possui duas naturezas, que Prochaska chamou *estímulos do corpo* e *estímulos da mente*³⁶⁴. Por um princípio isomórfico³⁶⁵, as operações do sistema nervoso são proporcionais à *força nervosa* (*vis nervosa*) e ao estímulo (*vis stimuli*). A força nervosa encontra-se nos nervos independentemente do cérebro. Dessa maneira, não mais

³⁶³ Prochaska, 1851, p.380.

³⁶⁴ Idem.

³⁶⁵ Por princípio isomórfico entendo que a intensidade equivalente de dado estímulo se expressa na resposta motora seguida. O princípio isomórfico é um princípio psicofisiológico, não constitui uma escola de pensamento da psicologia, apesar de ser tratado separadamente em alguns manuais de psicologia dando impressão de um sistema independente. Na segunda metade do século XIX apareceram alguns trabalhos organizando e justificando esse princípio, em Prochaska não há tal tentativa. Para interesse em alguns desses trabalhos de sistematização do princípio de isomorfismo recomendo a leitura de: Ewald Hering, *Zur Lehre vom Lichtsinne* (Wien, 1878), pp. 74-80; Georg Elias Muller, *Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen*. Zeitschrift für Psychologie, 10, 1-4 (1896); Max Wertheimer, *Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung*. Zeitschrift für Psychologie, 61, 247-250 (1912); Wolfgang Köhler, *Die physische Gestalten in Ruhe und in stationären Zustand*. (Brunswick: Vieweg, 1920), pp. 189-193. Todos foram traduzidos por Don Cantor para a coletânea organizada por Boring & Herrnstein, 1971.

se concebe uma ação à distância dos espíritos animais em casos de animais com a cabeça decepada e que continuam a ter movimentos nos membros inferiores.

Na relação percepção-resposta, Prochaska afirma que as impressões externas atingem os nervos sensoriais e são transmitidas até sua origem e, por leis desconhecidas, são refletidas aos nervos musculares da mesma maneira que é transmitida ao músculo. Essa região central, onde ocorre a reflexão/transmissão entre o nervo sensorial e o nervo motor é o *sensorium commune*. Para Prochaska, o *sensorium commune* encontra-se em várias regiões do sistema nervoso, estendendo-se do bulbo raquidiano (medula oblonga) aos pedúnculos do cérebro e do cerebelo e também em partes do tálamo e da medula espinhal. É coextensivo com a origem dos nervos. Essa ideia de áreas centrais e não mais um centro, também é um ponto específico na teoria de Prochaska, pois, permite explicar a existência de movimento em partes do corpo separadas do centro cerebral³⁶⁶. Apesar do modelo explicativo de Prochaska permitir autonomia diante de um centro gerenciador dos movimentos unicamente no cérebro, sua teoria não se separou das antecessoras no que se refere à origem do movimento voluntário. Prochaska concebia dois tipos primários de movimento: (1) movimento voluntário ou animal e (2) movimento involuntário. As ações voluntárias dependeriam do controle livre da alma. Somente a partir da década de 1830 que o conceito de reflexo será modificado e assumirá um papel centralizador nos estudos de reflexologia.

10.3. Marshall Hall e o conceito de arco reflexo³⁶⁷

³⁶⁶ O *sensorium commune* já foi considerado para diversas regiões do sistema nervoso. Algumas mais conhecidas foram: O corpo caloso, por Bontekoe, Lancisi e De La Peyronie; os corpos estriados, por Thomas Willis; a glândula pineal, por Descartes; o centro oval, por Vieussens; a *medulla fornicata* que cerca a cavidade dos ventrículos, por Boerhaave; a medula oblonga, por Mayer e Metzger. (Boring & Herrnstein, 1971; Boring, 1929).

³⁶⁷ Para os dados biográficos de Hall consultei duas obras principais: Manuel, D. E. **Marshall Hall 1790-1857**. Amsterdam-Atlanta: Editions Rodopi, 1996; e sua biografia escrita por sua esposa Charlotte Hall, **Memoirs of Marshall Hall by his widow**. London: New Burlington Street, 1861. Na leitura da biografia escrita por Charlotte, saltamos os três primeiros capítulos por se referirem à infância e adolescência de Hall e assim, por uma questão de economia de tempo, me detive nos capítulos quatro ao oitavo, que se referem especificamente ao trabalho científico do biografado. Das obras de Marshall Hall, consultei: Hall, M. Memória segunda: A verdade sobre a medula espinhal e o sistema excito-motor dos nervos. In: **Memoirs on the nervous system**. London: Gilbert & Piper, 1837. (pp. 43-108); Hall, M. O sistema

Marshall Hall (1790-1857) foi educado em Edimburgo e mudou-se em 1825 para Londres com o objetivo de estudar medicina. Interessou-se pelo estudo da etiologia e também pela ideia de classificação. Hall trabalhou primeiramente com o sistema circulatório onde questionou a existência de finos capilares dentro dos tecidos. Quando Hall estudava temas gerais de fisiologia, nas primeiras décadas do século XIX, os estudos da fisiologia do sistema nervoso se constituíam como temas duros da pesquisa.

Na introdução da segunda parte de suas memórias sobre o sistema nervoso³⁶⁸, Hall apresenta seu objetivo de demonstrar o desenvolvimento de um grande princípio fisiológico, que possui a especial função fisiológica, patológica e terapêutica da parte verdadeiramente espinhal e do sistema excito-motor dos nervos. Esse princípio atua, segundo Hall, em todas operações e ações que eram designadas por simpático (*sympathetic*) e que regulam todas funções de ingestão e excreção na economia animal. Hall se refere à confusão que tal princípio tem gerado na literatura em relação ao conceito de sensação e ação voluntária. Algumas vezes ambos são tratados como sinônimos. Outra designação se refere à ideia de movimento instintivo.

Na seção três, referente à influência da sensação na indução do movimento, Hall afirma já na primeira proposição (proposição 63) que não há qualquer relação imediata entre sensação e movimento. Há duas maneiras que as sensações influem no movimento, são elas: por volição e emoção. A influência da sensação em induzir uma emoção e conseqüentemente um movimento é pouco compreendida, embora a visão, por exemplo, de um objeto desagradável induzindo estados de desgosto, possa ser provado, segundo ele, ter como causa os estados emocionais.

Hall apresenta a divisão que impera da distribuição do sistema nervoso em

cerebral, senciante ou voluntário (capítulo 1). In: *On the diseases and derangements of the nervous system*. London: Baillière, 1841. (pp. 16-38); e Hall, M. *On the reflex function of the medulla oblongata and medulla spinalis*. Philosophical Transactions of London. 1833 [1832]. (pp. 635-665). Este último trabalho encontra-se nas *Memoirs on the nervous system*, mas optei pela versão original, sem, no entanto, fazer qualquer cotejamento entre os dois textos.

³⁶⁸ A obra é composta em forma de proposições e pequenas considerações discorrendo sobre as mesmas quando o autor julga necessário. Essa estrutura permite saltos de proposições que mais interessem a essa pesquisa sem a perda, comumente exigida em uma análise estrutural da obra.

cérebro-espinhal e ganglionar. Essa divisão não permite a distinção do sistema cérebro-espinhal que, segundo Hall, é o que torna necessário que se faça sua devida caracterização. Hall apresenta uma distribuição do sistema nervoso que julga mais adequada: (1) o cerebral, ou senciente e voluntário; (2) o verdadeiramente espinhal, ou excitor-motor e (3) o gangliônico, ou nutriente e secretor.

Figura 21: Na imagem da esquerda, Hall representa o sistema cerebral, compreendendo os nervos sencientes e voluntários. Na imagem da direita, estão representados os excito-motores da inspiração e no ato do vômito. (Fonte: Hall, M. *Memoirs on the nervous system*. London: Gilbert & Piper, 1837, p. 124).

Cito Hall na proposição 133 sobre a anatomia do sistema excito-motor:

*Na anatomia do sistema excito-motor há uma rica mina a ser explorada! Na investigação, dois modos podem ser utilizados: dissecação e experimentação*³⁶⁹.

Na proposição seguinte (proposição 134), Hall estabelece o sistema excito-motor como um princípio no estudo fisiológico dos movimentos no organismo. Todas as partes do sistema nervoso estariam dotadas desse poder excito-motor (*excito-motory power*). A divisão entre as funções cerebrais, espinhais e ganglionares responderiam a duas grandes funções, as de preservação do indivíduo e de propagação da espécie.

O conceito de reflexo antes de Hall caracteriza-se por ser um fenômeno fisiológico que se associa ao conjunto de movimentos do organismo. Em Hall, assume a condição de princípio biológico fundamental. Hall introduz o termo arco-reflexo em termos anatômicos, diferenciando-o de outros movimentos musculares.

A expressão *círculo nervoso*, proposta por Charles Bell (1774-1842) em 1811, foi considerada pouco apropriada por Hall, uma vez que se designava no sentido de um fenômeno muscular e não como fenômeno nervoso (sensório-motor). A lei de Bell-Magendie³⁷⁰, também conhecida como lei das raízes dos nervos espinhais, propunha um sistema circular em que o estímulo advindo do órgão sensorial pelas raízes dorsais

³⁶⁹ Hall, 1837, p. 78.

³⁷⁰ Charles Bell (1811) descobriu que excitando diretamente a raiz ventral da medula espinhal ocorriam convulsões nos músculos das costas e quando excitava a raiz dorsal não acontecia nada aparentemente. Bell supôs que a raiz dorsal tem função sensorial, enquanto que a raiz ventral possui função motora. Onze anos depois, François Magendie (1783-1855) publica suas *Expériences sur les fonctions des racines des nerfs rachidiens*, no Journal de Physiologie expérimental et pathologique, 1822; (p. 276-279). Magendie obteve os mesmos resultados que Bell, porém, seus experimentos foram mais precisos. Magendie utilizou venenos e estimulação elétrica nos nervos. “*Repeti e variei tais experimentos com diferentes espécies de animais; os resultados que acabei de descrever foram verificados em todos os casos, tanto para os membros anteriores quanto para os posteriores. Estou continuando esta pesquisa. (...) Atualmente, para mim é suficiente dizer aqui, positivamente, que as raízes anteriores e posteriores dos nervos que saem da medula espinhal tem funções diferentes; que os posteriores parecem ligar-se especificamente à sensibilidade, enquanto que os anteriores parecem, sobretudo ligados ao movimento.*” Magendie, 1822.

seguia o caminho até as raízes ventrais que inervariam determinado conjunto de músculos. A concepção desse sistema proposto inicialmente por Bell tinha como substrato a resposta muscular ou ausência dela de acordo com a secção relacionada com determinado conjunto de nervos. Outra ideia de Bell que Hall recusou foi a de *sensação muscular*, preferindo o uso do termo tônus muscular, diferenciando assim de outras formas de sensação.

Para Hall, a noção de nervos sensoriais de qualquer tipo constitui outro equívoco de Bell. O conceito de energia específica dos nervos, geralmente atribuído a Johannes Müller (1801-1858), pode ser parcialmente atribuído a Bell em 1811, vinte e sete anos antes de Müller propor tal ideia.

*Devo apresentar razões para acreditar que os órgãos externos dos sentidos têm a matéria dos nervos adaptada para receber certas impressões, enquanto os órgãos correspondentes do cérebro são ativados pela excitação externa*³⁷¹.

Conceitualmente, pouco se modificou desde a ideia das energias específicas dos nervos e o correspondente histológico dos receptores específicos das células especializadas em cada modalidade sensorial, proposto no século XX.

Hall denominou o sistema nervoso espinhal de diastáltico. Segundo ele, Prochaska utilizou o termo reflexo de maneira vaga, exigindo para si o mérito de ter utilizado pela primeira vez uma ideia completa da ação diastáltica da *força nervosa* (*vis nervosa*), termo utilizado por Haller. Como Hall propõe demonstrar a veracidade da *força nervosa* atuando na medula espinhal e nos nervos musculares? Ele descreveu um experimento em que, ao decapitar um cágado ou uma tartaruga, e se, posteriormente, a medula espinhal desnudada for irritada por uma agulha ou pela passagem de corrente galvânica, mover-se-ão as extremidades posteriores e anteriores. Se aplicar a mesma irritação na mesma região de tal centro nervoso, provocará indubitavelmente os mesmos

³⁷¹ Bell, 1964 [1811].

movimentos³⁷².

Hall menciona também outros exemplos, tais como o fechamento da pálpebra irritada após a decapitação do animal, o movimento na borda da laringe, o fechamento do esfíncter do ânus. Esse princípio descrito pelo sistema excito-motor se constitui como a força dinâmica que dirige o conjunto de funções de ingestão e excreção na economia animal.

Após os trabalhos de Hall, a reflexologia despertou o interesse de muitos cientistas alemães e ingleses. Fisiologistas como William Carpenter (1813-1885) e Wilhelm Griesinger (1817-1868) se dedicaram ao tema. Para Griesinger, Hall errou ao separar a noção de sistema excito-motor dos nervos cérebro-espinhal e vegetativo³⁷³. A alocação do conceito de reflexo de um fenômeno, entre outros, fisiológico de movimento para o posto de princípio biológico deve muito aos trabalhos de Marshall Hall, porém, a tese de Hall sofrerá críticas com respeito a sua concepção de reflexo como um fenômeno puramente mecânico, sem qualquer relação com o mental.

Segundo Clarke e Jacyna (1987), Leys Fried em sua obra de 1976 (*Alison versus Hall*) examinou esse problema da ausência da mente na concepção de reflexo proposta por Hall. Segundo Fried, uma corrente da fisiologia inglesa, de acordo com as ideias de Hall viam na explicação mecânica do reflexo e nos atos da mente duas classes distintas de ação. Dessa maneira, conseguiriam manter em níveis distintos os atos psíquicos da experimentação fisiológica, sem se comprometerem com questões que consideravam de ordem metafísica e, portanto, de outra esfera que não a da ciência experimental.

Cientistas como Carpenter e, em particular, Richard Dugard Grainger (1801-1865), adotaram uma posição aproximadamente comparativa com o reflexo espinhal, acreditando que o poder do reflexo (*reflex power*) da medula espinhal teria sido demonstrado por Hall quando o mesmo formulou leis simples e precisas, semelhante ao ocorrido na Física com Newton e a lei da gravitação. O termo “poder” é utilizado por esses fisiologistas em analogia com o conceito de força física.

³⁷² Hall, 1841.

³⁷³ Sobre a formação do conceito de sistema nervoso vegetativo (autônomo) no século XIX ver o capítulo 7 de Clarke & Jacyna (1987).

Em um trabalho de 1837, Grainger afirma a existência de um princípio universal de movimento dos corpos organizados³⁷⁴. Na introdução de seu livro, Grainger insiste na importância para a fisiologia de princípios que permitam ir de leis simples a leis complexas. Ainda na introdução, seguindo uma orientação de pesquisa anatômica, apresenta como objetivo a detecção, via anatomia, do poder reflexo e como opera o mesmo.

Para esses cientistas das primeiras décadas do século XIX, o conceito de reflexo ocupou o lugar de vacância reivindicado pela fisiologia como princípios orientadores da pesquisa fisiológica, conforme necessidade manifestada por Grainger na introdução de seu livro. Dessa maneira, o potencial do conceito de reflexo forneceu a chave para o entendimento unificado da concepção de função nervosa nos organismos³⁷⁵.

Esse deslocamento do conceito de reflexo não foi considerado por Canguilhem em sua pesquisa sobre a formação do conceito de reflexo, onde ele afirma que o século XIX nada ofereceu de novo ao conceito de reflexo. Não me oriento na busca da formação do conceito moderno de reflexo (para tal deveria retornar ao século XVII como o fez Canguilhem). O que mais interessa aqui é o papel que assume o conceito de reflexo nas primeiras décadas do século XIX nas ciências da vida, principalmente, na obra de Marshall Hall. A importância do fenômeno do reflexo aumentou com a proposta das unidades celulares que compõem o tecido nervoso (os neurônios) e suas conexões, podendo ser descritas com clareza as vias de formação dos reflexos.

10.4. O Conceito de reflexo no nível histológico: a necessidade das ligações entre as células nervosas na constituição do movimento reflexo

No percurso que tracei para entender a maneira como se configura o conceito de reflexo em meados do final do século XVIII até a segunda metade do século XIX, considero importante salientar que os estudos sobre os movimentos reflexos avançaram

³⁷⁴ Grainger, 1837.

³⁷⁵ Clarke & Jacyna, 1987.

até o nível tecidual, mesmo antes das evidências empíricas que permitiram explicar, pelas ligações entre as células, a estrutura do movimento reflexo. Ivan Sechenov (1829-1905) representa, em relação aos estudos de reflexologia um ponto de inflexão, pois, foi um dos primeiros fisiologistas a falar na necessidade do conhecimento das ligações entre as células nervosas para se compreender o movimento reflexo em sua completude anatomo-fisiológica.

Ainda quando aluno de medicina, Sechenov estudou a influência da intoxicação alcoólica sobre o organismo. Como tema de tese de doutoramento, desenvolvida no laboratório de Hopper-Seyler, Sechenov examinou o conteúdo alcoólico no ar expelido, a expulsão de CO₂ pelo animal intoxicado e a influência do álcool na temperatura do corpo. No inverno entre os anos 1857 e 1858, continuou seus estudos no laboratório de Funke, em Leipzig, onde estudou a influência do álcool sobre o metabolismo da proteína e sobre a função dos sistemas nervoso e muscular.

Shaternikov em uma breve biografia sobre Sechenov³⁷⁶, menciona um período de trabalho no outono de 1862 em Paris no laboratório de Claude Bernard em que Sechenov conheceu o famoso fisiologista francês. Neste período estudou os centros nervosos que inibem os movimentos reflexos. Os resultados foram publicados sob o título *‘Estudos fisiológicos relativos aos mecanismos de inibição da atividade reflexa da medula espinhal no cérebro da rã’*.

Em Viena no ano de 1863, Sechenov escreveu um trabalho ainda sobre o mesmo tema que pesquisou na França, e submeteu a publicação sob o título de *‘Uma tentativa de estabelecer as bases fisiológicas dos processos psíquicos’*, mas o trabalho foi objeto de controvérsia no departamento de censura na Rússia, por ser considerado contrário aos bons costumes, sendo posteriormente publicado sob o título *‘os reflexos do cérebro’* (examinei uma edição cubana de 1965 desta obra em que Sechenov apresenta os resultados de seus estudos sobre os movimentos reflexos).

Em linhas gerais, as proposições centrais derivadas das pesquisas de Sechenov no que se refere aos movimentos voluntários e involuntários são: (1) todos os movimentos

³⁷⁶ Sechenov, 1965.

conhecidos em fisiologia como voluntários são movimentos reflexos no sentido mais restrito da palavra; (2) o traço saliente da atividade normal do cérebro é a desproporção entre a excitação (estímulo) e o efeito (movimento); (3) a atividade reflexa do cérebro é mais extensa do que a da medula espinhal.

Em suas notas autobiográficas, Sechenov afirma que já em sua tese de doutoramento em 1860 encontram-se duas dessas ideias gerais. São elas: (1) todos os movimentos que em fisiologia se chamam voluntários são rigorosamente reflexos e (2) o caráter mais geral da atividade normal do cérebro (expresso pelo movimento) é a desproporção entre a excitação e a ação e o movimento produzido pela mesma. A primeira proposição é considerada por Sechenov evidente, enquanto que a segunda necessita de esclarecimento.

Logo na introdução de seu livro *os reflexos do cérebro*, Sechenov apresenta seu objetivo central, entender pela via fisiológica as leis da atividade psíquica. O pressuposto metodológico adotado por Sechenov era o de que a atividade psíquica do homem se exprime em manifestações externas. A diversidade infinita das manifestações exteriores da atividade cerebral se reduzem, nesse modelo, a um só fenômeno, o movimento muscular. O objetivo de Sechenov é o de compreender as leis que regem a expressão do comportamento. Para ele essas leis são fisiológicas.

Entremos no mundo de fenômenos que surgem na atividade do encéfalo. Geralmente, as pessoas dizem que esse mundo abrange toda a vida psíquica, e hoje, com maiores ou menores restrições, quase todos aceitam essa idéia³⁷⁷.

A consideração fundamental que justifica a compreensão fisiológica das atividades psíquicas se dá no fato de que toda a multiplicidade de manifestações externas da atividade do cérebro pode, em última instância, ser vista como o fenômeno do movimento muscular. Dessa forma, todas as manifestações externas derivadas da atividade nervosa podem ser examinadas em atribuição ao movimento muscular.

³⁷⁷ Sechenov Apud Boring & Herrnstein, 1971 [1863], p. 378.

Uma vez que os movimentos musculares se dividem em voluntários e involuntários, Sechenov inicia seu exame pelo estudo da medula espinhal e os movimentos involuntários. Cito Sechenov:

*(...) se as impressões chegam inesperadamente, o único centro nervoso que participa do reflexo é o centro nervoso que liga os nervos sensoriais e os motores*³⁷⁸.

Os movimentos involuntários se dividem em três classes, a primeira classe é composta pelos reflexos de animais decapitados, movimentos durante o sonho e condições em que o cérebro é considerado inativo. À segunda classe pertencem os movimentos involuntários em que o fim do ato está aproximadamente debilitado em relação ao seu começo, Sechenov chama essa segunda classe de movimentos involuntários retidos. A terceira classe se dá com os movimentos involuntários cujo fim é reforçado (movimentos decorrentes do medo e prazer sexual são exemplos dessa classe de movimentos). A terceira classe se caracteriza por casos em que a intervenção do fator psíquico no reflexo não modifica a natureza deste, por exemplo, sonambulismo, embriaguez e delírio febril.

Experimentos em que se decapitam rãs e as submete a inúmeros estímulos independentes de áreas corticais eram muito utilizados já no século XVIII. A respeito do mecanismo desses movimentos, Sechenov apresentou a seguinte hipótese:

*(...) fibras nervosas sensitivas ligam a pele à medula espinhal; da medula até os músculos se estendem nervos motores, enquanto que na medula mesma os nervos das duas classes se unem mediante células nervosas. A integridade de todas as partes deste mecanismo é absolutamente necessária para que se cumpra o fenômeno descrito*³⁷⁹.

A excitação do nervo sensitivo se reflete sobre o nervo motor. Estes movimentos são, dessa maneira, de caráter maquinal. Para Sechenov, existem no cérebro mecanismos

³⁷⁸ Idem, p. 380.

³⁷⁹ Sechenov, 1965, p. 76.

que inibem os movimentos reflexos. Ele faz referência aos trabalhos de Edward Weber em que se demonstrou que a excitação do nervo vago, que inerva entre outros órgãos, o coração, não somente aumenta a atividade do mesmo mas também o paralisa. Essa ação descrita acima se deve ao fato de que os nervos terminam não diretamente no tecido muscular do coração, mas nos gânglios nervosos que estão localizados no tecido das paredes do coração.

A sequência de atos que constitui o movimento reflexo, ou simplesmente reflexo, é descrita por Sechenov da seguinte maneira: excitação do nervo sensitivo, excitação do centro medular que liga o nervo sensitivo ao nervo motor e, posteriormente, excitação deste último expresso pela contração do músculo. A condição para que um movimento seja considerado reflexo é a de que emane de maneira clara da excitação do nervo sensitivo e que tal processo seja involuntário.

Na ausência do cérebro (exemplos em que se decapita o animal), a medula espinhal produz sempre movimentos quando se excita um nervo sensitivo. Essa condição de independência da medula em relação ao cérebro é uma evidência, segundo Sechenov, do funcionamento maquinal dos movimentos associados à medula. Apesar de conceber os movimentos reflexos como um sistema automático, Sechenov não concebe como um sistema fechado em si. Cito Sechenov sobre a noção de excitação progressiva dos nervos sensoriais.

*(...) se a excitação do nervo sensitivo superar todas as outras suportadas anteriormente, provocará de uma maneira fatal, em todas as condições possíveis, movimentos reflexos, portanto, involuntários*³⁸⁰.

Para evitar qualquer conclusão precipitada, não usarei o conceito de plasticidade para me referir ao sistema proposto por Sechenov, no entanto, podemos perceber que não se trata de um sistema fixo em que os movimentos reflexos já se encontrem inventariados no organismo, apesar de Sechenov conceber a ideia de um movimento

³⁸⁰ Idem, p. 80.

basal, comum a todos os demais executados pelo organismo. Na passagem acima em que o autor se refere ao aumento progressivo da excitação em determinado nervo, há uma ideia pressuposta de adaptação ao novo estímulo, quando o mesmo é maior do que o habitual. Sechenov afirma que no primeiro caso, em que o estímulo é o esperado, o valor da excitação aumenta instantaneamente a partir do zero, já no segundo caso, não somente aumenta, mas é superior ao que o órgão sensitivo conhecia e, conseqüentemente, esperava da experiência precedente.

Sechenov não apresenta uma explicação convincente a esse fenômeno, mas sugere que a noção de fadiga do nervo pode atender a tal propósito. Um exemplo dessa explicação pode ser dado pela ideia de fadiga. Por exemplo, a fadiga do nervo auditivo no caso de uma pessoa que ao ouvir repetidamente um determinado ruído, que outrora a assustava, não mais tenha o mesmo efeito pela habituação ao mesmo. A explicação se dá pelo hábito. Para o caso de um cérebro ileso, sem fraturas, Sechenov entende que há duas possibilidades de movimentos involuntários quanto ao centro nervoso em questão. Uma é quando a excitação é repentina, nesse caso, o movimento se dá unicamente por intermédio do centro nervoso que liga o nervo sensitivo com o nervo motor. No segundo caso, ao se esperar a excitação, a atividade de um novo mecanismo agrega-se ao fenômeno. O objetivo é reter o movimento reflexo. Quando esse mecanismo, em força, ultrapassa o estímulo, o movimento reflexo não se consolida.

Sechenov descreve uma série de experimentos³⁸¹, em que fortaleceu a ideia de que existe no corpo animal influências nervosas pelas quais os movimentos involuntários são deprimidos. Ele atribuiu ao cérebro o papel de inibidor dos movimentos reflexos.

Um conceito orientador das pesquisas de sechenov diz respeito às razões fisiológicas para se admitir a existência, no cérebro, de mecanismos de retenção dos movimentos reflexos. Para ele, toda a resistência a uma excitação sensorial consiste na relação entre os mecanismos que refreiam os movimentos reflexos. É necessário explicar estes mecanismos.

Apesar da pouca adequação empírica, Sechenov lança mão de uma hipótese sobre

³⁸¹ Boring & Herrnstein, 1971.

as ligações intranervosas e a explicação do mecanismo do reflexo, afirmando o seguinte:

Como os elementos de que estamos falando [as fibras nervosas primárias e as células nervosas] são invisíveis a olho nu, o problema só pode ser resolvido por um estudo microscópico da medula espinhal; infelizmente, o microscópio – que prestou tantos serviços ao estudo do corpo animal – parece ser impotente para a solução do nosso problema: até o presente não foi capaz de mostrar a forma da ligação entre as células nervosas. Portanto, a ciência aceita a existência dessa ligação, não como um fato provado, mas como uma necessidade lógica. Sem o auxílio de ligações intranervosas seria impossível explicar o mecanismo do reflexo mais simples³⁸².

A descrição que fornece Sechenov do ‘caminho’ percorrido pela informação no caso do reflexo em um animal decapitado apresenta uma estrutura onde a necessidade lógica na existência das ligações entre as células do tecido nervoso pode ser derivada. O sistema maquinal do movimento reflexo para cada ponto da pele está constituída pelo nervo cutâneo que penetra na medula espinhal e termina na célula dos cornos posteriores; esta célula está ligada a outra célula, disposta na metade anterior da medula e forma com ela o que Sechenov chamou *centro reflexo*. Um feixe motor parte da última célula e vai até o músculo.

Conforme aumenta a intensidade do estímulo, a resposta se propaga a outros conjuntos de músculos, no caso em que o cérebro está inativo. Cito Sechenov sobre a modulação da resposta motora a partir de sensações psíquicas, tais como, o medo:

(...) o medo é próprio tanto do homem como do último dos organismos animais mais elementares, cuja vida, a nossos olhos, é puramente instintiva. Por conseguinte, o medo é um fenômeno instintivo. A sensação de medo nasce no cérebro, e ela é consequência fatal da excitação súbita de um nervo sensitivo, o mesmo que o movimento reflexo é consequência do susto. Entre estas três atividades de um mecanismo único existe uma relação de causalidade. O fenômeno começa pela excitação do nervo sensitivo, prossegue

³⁸² Sechenov Apud Boring & Herrnstein, 1971 [1863], p. 387.

*pela sensação de susto e termina por um violento movimento reflexo*³⁸³.

No caso do medo ser derivado de uma resposta no nível medular, Sechenov pensou que a excitação deveria se dirigir ao cérebro, uma vez que as sensações conscientes são devidas unicamente às áreas corticais. Um dos experimentos sobre a determinação das áreas corticais na sensação de medo é a ablação de um dos hemisférios cerebrais e a observação posterior da perda de comportamentos típicos de quando o animal está com medo.

O inverso, a sensação de medo amplificando a resposta pode ser observado em um experimento simples. Tomando uma rã e pondo-a em água a 17 ou 18 graus centígrados e posteriormente a colocando em água gelada (apenas as patas traseiras), observa-se a reação violenta, pois, segundo Sechenov, ocorreu a amplificação da resposta motora pela sensação de medo.

É necessário enfatizarmos o papel que o conceito de sensação possui e opera como uma espécie de modulador do movimento involuntário. Outros movimentos reflexos que Sechenov entendeu serem de mesma natureza do apresentado pela rã na água gelada são os de síncope e de congelamento, pertencendo à mesma categoria do que ele chamou de movimentos reflexos reforçados.

Em casos em que a sensação de prazer modula o movimento ocorre situação semelhante. Ocorre a estimulação do nervo sensitivo seguido da atividade central (origem da sensação de prazer) e por último a contração muscular. A multiplicidade de comportamentos fez com que algumas interpretações fossem consideradas em associação com aparatos distintos que explicassem tal situação. Sechenov se opôs a essa posição. Dizia ele que no caso de uma pessoa faminta e que o odor da comida gere uma sensação agradável, uma vez saciada a fome, o mesmo odor lhe seria desagradável. Se considerarmos mecanismos distintos para cada situação, pensava Sechenov, deveríamos considerar três aparatos distintos somente para o exemplo do odor da comida. Melhor seria supor a existência de um sistema primário e que o mesmo possa ser modulado para

³⁸³ Sechenov, 1965, p. 91-92.

cada situação. Cito Sechenov.

(...) é mais simples admitir que o caráter da sensação muda segundo o estado fisiológico do centro nervoso. (...) suponhamos que a parte central do aparato que parte do nariz pelos nervos olfativos, receptores de odor dos alimentos, se encontre em estado tal que os reflexos procedentes destes nervos possam colocar principalmente em ação os músculos do riso. É natural que neste caso a excitação dos nervos olfativos provoque um sorriso de alegria. Se ao contrário, o estado deste centro é tal que os reflexos não podem manifestar-se nos músculos que fazem baixar os ângulos da boca, o odor dos alimentos fará aparecer a mímica da tristeza. Suponha agora que o primeiro estado do centro corresponde ao caso de uma pessoa que tem fome, e que o segundo seja o de uma pessoa que já comeu, e tudo se explica dessa forma³⁸⁴.

Sechenov se refere ao *estado do centro nervoso* como determinante para a amplificação ou não das ações involuntárias moduladas pelo cérebro. O pensamento de Sechenov caminha por uma orientação evolutiva. Para o pesquisador russo, todos os movimentos instintivos nos animais, sem exceção, objetivam a conservação do indivíduo (somente os instintos sexuais têm por finalidade a conservação da espécie). Sechenov, em seu livro *Os reflexos do cérebro*, insiste em considerar a necessidade de se conhecer a real natureza das ligações entre as células nervosas.

Uma alternativa para o problema foi pensada colocando-o de outra maneira. Considere que os elementos reflexos estão todos associados entre si regularmente, de maneira que não fiquem na medula espinhal células nervosas que não estejam vinculadas a outras. Em síntese, os elementos reflexos se agrupariam segundo: (1) a associação das células nervosas entre si por meio de seus prolongamentos; (2) o enlace de certos elementos reflexos do organismo com mecanismos centrais isolados dos outros e situados no bulbo (Sechenov não descarta a possibilidade de outros centros nervosos).

Em uma série de experimentos com rãs decapitadas, concluiu pela importância de

³⁸⁴ Idem, p. 98.

todos movimentos reflexos e, em alguns casos, tal utilidade chega a ponto de se considerar, ao menos em aparência, que os movimentos automáticos possuam um caráter de movimento razoável.

Uma vez inventariado os movimentos reflexos a partir de movimentos fundamentais, Sechenov dirige sua análise aos movimentos voluntários. Uma dificuldade apontada pelo pesquisador russo em relação aos estudos sobre os movimentos voluntários é a dificuldade de experimentação, principalmente quando comparado com a gama de opções experimentais no estudo dos movimentos involuntários. Em linhas gerais, os estudos de Sechenov sobre os movimentos voluntários visam demonstrar que: (1) uma atividade humana deste gênero (voluntário) se decompõe em reflexos que nascem de uma excitação sensorial, para continuar sob a influência de um ato psíquico determinado e acabar em um movimento muscular; (2) em condições exteriores e interiores determinadas, ou seja, que dado um certo meio ambiente da ação e um estado fisiológico determinado, a mesma excitação sensorial provoca necessariamente os outros dois elementos do fenômeno e sempre no mesmo sentido.

Uma característica inicial importante dos movimentos voluntários é que não há nervos motores ou músculos distintos dos envolvidos no movimento reflexo puro. Sechenov apresenta-nos suas conclusões sobre o exame do movimento voluntário na forma de negação ou aceitação de proposições. Apresentarei algumas de suas conclusões que mais interessem à presente pesquisa. A primeira que visito se refere à afirmação de que não tenha excitação sensorial na base de um movimento voluntário. Sechenov acrescenta também, caso a resposta seja afirmativa, o porque estaria mascarado na forma típica desse fenômeno?

A resposta a essa questão deve ser dada, segundo Sechenov, analisando casos fundamentais e depois os mais complexos. Examinando o processo visual, conclui por uma série de processos que se desenrolam durante o desenvolvimento de uma representação visual completa. Entende que ocorrem nesse processo três etapas, as quais designou por primeiro reflexo, segundo reflexo e terceiro reflexo. No primeiro reflexo ocorrem, sequencialmente, a impressão luminosa, sensação luminosa vaga, o movimento

dos músculos motores e acomodadores do olho; no segundo reflexo, por sua vez, há a ação da luz contínua e a sensação clara, seguida do movimento dos braços e das pernas; o terceiro reflexo se dá quando a mão encontra o objeto visto, seguido da impressão tátil e sensação tátil, e depois o movimento do braço e de apreensão do objeto.

Dentre as associações sensitivas, as da visão e audição (associação óptico-acústica) têm um papel importante no desenvolvimento. Sechenov defende que as sensações de todos os órgãos dos sentidos combinam-se entre si de várias maneiras, porém, sempre por meio de sucessivos reflexos. O conceito de *fadiga do nervo* era já conhecido quando Sechenov realizou seus experimentos. Apesar do abandono do léxico, parte do conteúdo semântico do conceito permanecerá na neurofisiologia no século XX para explicar o período refratário no potencial de ação.

Outro exemplo apresentado por Sechenov em favor de sua tese da formação dos movimentos voluntários a partir da composição de movimentos reflexos anteriores se dá na faculdade analítica do ouvido em decompor tons musicais. Sechenov se refere a esse exemplo como oferecendo o mesmo problema do exemplo da visão e que pode ser observado no enlaçamento das fibras nervosas do nervo auditivo.

Na teoria de Sechenov, quando se refere aos movimentos voluntários, a memória assume papel de destaque, englobando todos os reflexos psíquicos, começando pelos mais simples para em seguida terminar pelos que se associaram durante todo o dia de atividade da pessoa. Na exposição sobre a forma elementar da memória, Sechenov recorre a um processo semelhante ao do reflexo. Ele entende que o processo é inativo. Em alguns momentos parece indicar certa circularidade no argumento sobre os processos de memória, na medida em que a memória explica a associação de todos reflexos psíquicos e ela mesma é de ordem psíquica.

Outra proposição muito examinada por Sechenov se refere a como a sensação luminosa, por exemplo, conserva sua forma real, ou seja, que a cor verde permaneça verde, o círculo permaneça círculo ou o triângulo permaneça triângulo e assim sucessivamente. Cito Sechenov:

(...) A sensação de círculo ou de triângulo deriva, como já sabe o leitor, de que diferentes pontos de um círculo ou de um triângulo excitam distintos feixes nervosos. Por conseguinte, é preciso, para que se produza aquele fenômeno, somente que dita excitação se conserve em todos estes feixes. Isto é precisamente o que ocorre, dado que, segundo as leis físicas, a excitação não se transmite de uma fibra ativa a uma fibra vizinha que esteja em repouso. Com respeito à conservação da cor verde na forma de rastros, qualquer que seja a concepção fisiológica que professe o leitor sobre a percepção das cores, ou seja, supondo a existência de fibras nervosas distintas para a cor verde ou que não admita diferença, senão, no processo mesmo da estimulação nervosa correspondente à distinção física dos raios luminosos de diversas cores, neste caso, a conservação nada mais é do que a continuação da excitação real, porém, em grau muito mais fraco³⁸⁵.

Sechenov qualifica de memória espacial a retenção visual e puramente tátil, e memória temporal a auditiva e muscular. O princípio de associação é compreendido por Sechenov como uma série ininterrupta de encadeamentos entre o final de um ato reflexo e o começo do seguinte. Como o final de um ato reflexo é sempre um movimento e necessariamente é acompanhado de uma sensação muscular, dessa maneira, a associação, do ponto de vista da relação com as atividades nervosas centrais, se caracteriza como uma sensação contínua.

10.5. Estudos de Santiago Ramón y Cajal sobre a medula espinhal

Dado o cenário apresentado até aqui sobre o problema das ações reflexas e a importância que essa questão teve para a compreensão das relações entre o sistema nervoso e o organismo, Ramón y Cajal avançou no que Sechenov havia deixado. Para Ramón y Cajal o ato reflexo constitui um fenômeno de grande importância no conjunto das funções orgânicas, seguindo uma tradição que remonta a Marshall Hall. A explicação deste fenômeno deve derivar da propriedade fundamental do protoplasma, a irritabilidade.

³⁸⁵ Idem, p. 165-6.

*(...) veja como é o ato reflexo o mais geral e primitivo da matéria orgânica, o plano mais elementar e simples das funções da vida, que se confunde, nos graus inferiores da organização, com a irritabilidade e sensibilidade inconsciente, e se especifica e aperfeiçoa, conforme se complicam e diferenciam os aparatos encarregados do referido ato, nos passos mais elevados da animalidade*³⁸⁶.

Ramón y Cajal no artigo de 1881, em que discute os atos reflexos, pretende fazer uma descrição biológica dos reflexos com a intenção de se opor ao que chamou de filosofia do inconsciente, defendida principalmente por Karl Robert Eduard von Hartmann (1842-1906). Hartmann publica em 1868 um livro com o título *Filosofia do inconsciente*. Apesar de Hartmann derivar suas teses de dados científicos, Ramón y Cajal discorda categoricamente da tentativa de Hartmann em garantir critérios exclusivos ao humano na série animal. Uma vez aceita a teoria do protoplasma, afirma o cientista espanhol, é corolário pressupor diferenças apenas de grau entre os organismos, assim, a ideia de consciência, tão cara a algumas correntes filosóficas, deve ser entendida a partir da gradação entre as diferentes espécies. Ramón y Cajal não aceita a ideia de que o homem é único na escala zoológica a possuir consciência. Deve-se atribuir, em graus distintos, consciência a outros animais.

O fenômeno do reflexo, entendido a partir do trabalho de Marshall Hall como um princípio biológico e, conseqüentemente, inventariado em níveis distintos, indo das ações automáticas às voluntárias exigiu uma explicação fisicalista para todas suas modalidades. Essa posição foi defendida, entre outros, por Ramón y Cajal. A explicação dos fenômenos de reflexo à luz da teoria neuronal permitirá a Ramón y Cajal assentar o fenômeno em uma escala de desenvolvimento, tanto na ontogênese quanto na filogênese, e servirá na presente pesquisa como um exemplo, talvez o mais elucidativo que possa ser apresentado, de como a adaptação evolutiva acompanha até os rincões da morfologia celular, conforme acreditava Ramón y Cajal. Embora o conceito de plasticidade aplicado

³⁸⁶ Ramón y Cajal, 1881, p. 265.

às conexões entre as células nervosas não seja explorada nesse capítulo em detalhes, podemos ver que tal conceito já estava se forjando na obra de alguns pesquisadores³⁸⁷, inclusive, décadas antes de Ramón y Cajal estudar o fenômeno. Para tal propósito, façamos uma apresentação descritiva dos trabalhos de Ramón y Cajal acerca da estrutura da medula espinhal e das principais vias envolvidas nos fenômenos do reflexo.

No plano de descrição dos centros nervosos³⁸⁸ concebido por Ramón y Cajal, tais centros se compõem de duas tramas ou substâncias de aspecto e coloração distintas, a substância branca e a cinzenta. Na formação da substância branca entram os tubos nervosos medulados e os corpúsculos neuróglícos de longas prolongações. A substância cinzenta se forma da agregação de células nervosas mescladas de tubos e corpúsculos neuróglícos de curtos prolongamentos. Ramón y Cajal afirmou que a maneira mais precisa e completa para entender a textura geral da substância cinzenta, e sua unidade, é considerando que todo centro ou foco nervoso resulta do entrecruzamento de quatro fatores (os elementos constituintes do foco em questão). Esses elementos são: (1) os neurônios de axônio longo com a soma de suas expansões dendríticas; (2) os neurônios de axônio curto e suas arborizações completas, tanto dendríticas como nervosas; (3) as ramificações dos colaterais nascidos em tubos nervosos da substância branca vizinha; e (4) as arborizações nervosas terminais dos neurônios de axônio longo (sensorial, motor voluntário, de associação entre outros).

As variações quanto à forma, tamanho, número e modo de associação de cada região da substância cinzenta exige uma descrição em particular de cada centro nervoso. Cito Cajal sobre a representação de cada foco gangliônico:

Representa cada centro ou foco nervoso uma estação de emenda e de associação complicada, entre duas ordens de condutores: os sensitivos e sensoriais que fornecem a

³⁸⁷ Na seção anterior, embora eu não tenha utilizado o conceito de plasticidade para me referir ao pensamento de Sechenov, creio ter apresentado evidências suficientes da possibilidade de se referir à concepção de Sechenov das ações reflexas como sendo tributária de certa plasticidade em sua estrutura.

³⁸⁸ Refiro-me a centros nervosos concebidos por Ramón y Cajal a todos centros constituintes do sistema nervoso. Nesse momento examinarei mais em detalhes a medula espinhal, mas é importante não considerarmos apenas a medula e o cérebro como centros nervosos na formulação cajaliana.

*comoção nervosa; e os motores que a propagam ao aparato locomotor e glandular correspondente*³⁸⁹.

Ramón y Cajal considera um percurso lógico o marcado pela exposição das partes constitutivas do foco nervoso (dada, nessa ordem, pelos neurônios sensitivos, motores e intermediários). Farei uma exposição geral sobre o que se conhecia sobre a medula espinhal na última década do século XIX (não farei correções à descrição da medula espinhal em função do que se conhece hoje, manterei as informações tal como obtidas nas fontes da pesquisa), principalmente, a partir da síntese apresentada por Ramón y Cajal em seu livro *Histologia do sistema nervoso*, para depois aprofundarmos a análise da explicação dos movimentos reflexos à luz da teoria neuronal.

A medula espinal é um cordão de cor branco, alojado no raquis e estendido desde o buraco occipital até a segunda vértebra lombar (homem). Examinado exteriormente, a medula espinhal apresenta dois sulcos médios, um anterior retilíneo, profundo, dentro do qual penetra uma dobra da pia mater e outro posterior superficial, cujo fundo se encontra ocupado por um septo vertical de células epiteliais. Tais sulcos dividem a medula em duas metades laterais, semicilíndricas e simétricas.

Lieut-Colonel Sabine³⁹⁰, apresenta uma resenha do livro de Jacob Lockhart Clarke (1817-1880) *Researches into the structure of the Spinal Cord*, espécie de coletânea, publicada em 1850, de inúmeros trabalhos de Clarke sobre a estrutura da medula espinhal, em que se examinou ao microscópio as relações entre os nervos espinhais e os centros nervosos respiratórios. Sabine apresenta a descrição do núcleo torácico posterior (coluna de Clarke) e que recebeu o nome de seu descobridor e que aparece nessa publicação³⁹¹.

Clarke também descreveu a substância cinzenta medular a partir de uma divisão em cornos anterior e posterior. Sobre as fibras da substância cinzenta, afirma que são do tipo tubular e com pequeno diâmetro. Caracterizam-se em dois tipos em função da

³⁸⁹ Ramón y Cajal, 1899a, p. 281.

³⁹⁰ Sabine, 1850.

³⁹¹ Gusmão & Ribas, 2009.

direção, um transversal e outro longitudinal. Clarke, inclusive, determinou o diâmetro das fibras da substância cinzenta, obtendo um valor aproximado de $8,3 \times 10^{-5}$ de uma polegada. Observou também mudanças na forma da substância cinzenta examinando a medula de baixo para cima. A massa posterior é gradualmente dividida em duas, enquanto que a substância gelatinosa³⁹² é interrompida na linha média (ver figura 22).

Figura 22. Esquerda: Desenho de Clarke de 1859 reproduzido por Rexed (1964), representando o corno dorsal da matéria cinzenta da medula espinal. Rexed chama atenção para as numerosas fibras nervosas longitudinais na região ventral da substância gelatinosa de Rolando (Fonte: Rexed, 1964, p. 63). **Direita:** Desenho esquemático, proposto em 1964 por Rexed das lâminas da matéria cinzenta da medula espinal no quinto segmento lombar do gato adulto. A substância de Rolando (lâmina II) encontra-se na parte superior da figura (Fonte: Rexed, 1964, p. 60).

No que se refere à conformação interna da medula e fazendo uso de métodos quaisquer de coloração, afirma Ramón y Cajal, se observa de maneira bem delimitada a formação da substância branca, que ao invés do que ocorre no cérebro, constitui um

³⁹² Clarke se refere à substância gelatinosa de Rolando, descrita pelo anatomista italiano Luigi Rolando (1773-1831) em 1809. Em 1964, em um número especial no periódico *Progress in brain research*, Rexed (Rexed, 1964) propõe uma divisão esquemática e mais precisa da substância cinzenta medular, dividindo-a em lâminas, numeradas de I a X, no sentido dorsoventral. O corno posterior é composto pelas lâminas de I a IV. A substância de Rolando corresponde à lâmina espinal II.

grosso córtex periférico; já a substância cinzenta, situa-se no centro em torno de um delgado condutor. Esse condutor é o resquício da cavidade medular primitiva e é designado pelo nome de epêndima. Essa descrição no último quarto do século XIX já era bem aceita pela comunidade científica.

Ao redor da medula, encontra-se intimamente aderida a substância branca e se nota a membrana pia-máter, portadora de vasos destinados à nutrição do dito centro. Cada corno da substância cinzenta compreende vários territórios nem sempre limitados. A distinção desses territórios feita por Ramón y Cajal atribui uma área compreendida pelo corno anterior muito mais extensa que a ocupada pelo corno posterior.

A área do corno posterior é longa e estreita, singularmente nas regiões cervical e dorsal. Nela se compreende: (1) a substância gelatinosa de Rolando (figura 23, item ‘a’ em destaque), espécie de tampa ou limbo arciforme de aspecto finamente granular que cobre o vértice do corno posterior; (2) a cabeça ou vértice do corno posterior, território de forma ovóide, situado imediatamente diante da substância de Rolando e ponto geral de confluência das células colaterais do cordão posterior; (3) a base do corno posterior, território pouco limitado, continua com a região do vértice do corno dorsal e, adiante, com o foco cinzento intermediário; (4) a coluna vesiculosa de Clarke, massa celular de secção arredondada, vizinha da comissura posterior e cordão posterior, e somente bem deslindada na região dorsal e porção superior da lombar. Ramón y Cajal afirma:

Por último, a substância cinzenta intermediária ou zona de união dos dois cornos, encerra duas regiões que convém distinguir: a zona cinzenta central correspondente ou anel que rodeia o epêndima; e uma massa cinzenta, de secção ovóide, mais ou menos prolongada no sentido antero-posterior, localizada no ponto de união de ambos cornos, porém, mais próximo do posterior que do anterior. Este foco toma o nome de foco cinzento intermédio; extenso na região cervical, se estreita muito na dorsal, aplicando-se à porção externa e anterior da coluna de Clarke. Este foco é o ponto de transito da maior parte das fibras do fuso sensitivo-motor³⁹³.

³⁹³ Ramón y Cajal, 1899a, p. 285.

Figura 23: Esquema apresentado por Ramón y Cajal da medula cervical humana, em que se observa a divisão de regiões da substância cinzenta e da substância branca. A: raízes anteriores; B: raiz posterior; C: fascículo de Burdach; D: fascículo de Goll; E: porção ventral do trato posterior; F: zona marginal de Lissauer; G: fuso piramidal cruzado; H: trato de Flechsig; I: fascículo de Gowers; J: sistema do corno posterior; K: foco cinzento intermediário; L: fascículo intermediário; M: vias curtas do fascículo anterior; N: trato de Türk; O: trato comissural; P: comissura branca ou anterior; R: comissura cinza ou posterior – a, substância de Rolando (lâmina II de Rexed); b, vértice do corno posterior; c, núcleo basal interno; d, núcleo basal externo; e, substância cinzenta ou gelatinosa central; f, núcleo cinzento intermediário; g, núcleo do trato anterolateral; h, núcleo motor externo; i, núcleo motor interno; j, núcleo cinzento comissural. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 284).

Com o objetivo de destacar a via piramidal e a via sensitiva, Ramón y Cajal ilustrou em vermelho a primeira e em azul a segunda.

A região lombar se reconhece facilmente pela escassez da substância branca, pela falta e aspecto arredondado dos cornos, entre os quais a posterior é curta, quase semicircular, recordando por seu aspecto e largura, a disposição característica da época embrionária.

Tanto na região lombar inferior como na cervical faltam, conforme afirmou Ramón y Cajal, a coluna de Clarke, porém, nestas regiões se mantém um território formado por pequenas células homólogas da coluna de Clarke, que Ramón y Cajal chamou de *foco basal interno* (figura 23, c). Existe uma zona media, alargada desde o cordão posterior ao epêndima, de limites incertos, pouco desenvolvida no homem, porém, bem desenvolvida nos animais (principalmente cães e gatos) e que Ramón y Cajal nomeou de *foco comissural posterior*.

10.6. Considerações fisiológicas sobre a medula espinhal baseadas na teoria neuronal

Para Ramón y Cajal, apesar de toda complexidade estrutural, a medula espinhal possui apenas a função de transporte das correntes sensitivas e motoras. A partir da descrição estrutural da medula espinhal apresentada por Ramón y Cajal no primeiro volume de sua obra magna *histologia do sistema nervoso*, o mesmo conclui que a medula não representa outra coisa além de um ponto de concorrência e articulação de quatro espécies de neurônios. Os neurônios são: (a) neurônio sensitivo primário, as células ganglionares raquidianas; (b) neurônios sensitivos secundários e terciários, ou sejam, os corpúsculos funiculares diretos e cruzados da substância cinzenta medular; (c) neurônio motor primário ou corpúsculo radicular anterior; (d) neurônios motores secundários, representados tanto por elementos piramidais da zona motora do cérebro, formadores da via piramidal, como pelas células de Purkinje do cerebelo (as células dos gânglios centrais do cerebelo), que continuam com as fibras cerebelosas descendentes de Marchi.

Partindo do princípio de polarização dinâmica, Ramón y Cajal entende que o provável caminho das correntes nervosas na medula, apesar da complexa rede, é formado por neurônios que se decompõem em duas correntes ou canais, de direção constante e que convergem em um mesmo foco, o neurônio motor. Estes canais são o sensitivo ou periférico, com origem na pele, mucosas, músculos, tendões entre outros. Uma vez chegado o estímulo à medula espinhal pelas raízes posteriores, se divide em três, podendo alcançar as células motoras pelo que Ramón y Cajal chamou de *atalho das células colaterais reflexo-motoras* (vias curtas ou diretas). O caminho mais longo é representado pelos elementos funiculares (vias medianas), ou pelo caminho mais longo que supõe a complicada cadeia representada pela seriação e articulação dos neurônios sensitivos primários, as células sensitivas centrais (nascidas no núcleo dos tratos de Burdach e de Goll), e as células piramidais do cérebro, com seus axônios descendentes progenitores da via piramidal.

A outra corrente é a *motriz voluntária* (expressão cunhada por Ramón y Cajal), iniciada na zona motora do cérebro, ponto de terminação das fibras sensitivas centrais, podendo subir aos corpúsculos motores da medula por dois caminhos: o direto ou via curta, representado pelo sistema piramidal da medula formado por axônios das células piramidais do cérebro e o indireto ou via descendente cérebro-ponte-cerebelo-medular, formado pelos colaterais desta via piramidal, as células da ponte constitutivas do pedúnculo cerebeloso médio, os corpúsculos de Purkinje e os gânglios cerebelosos centrais, cujos axônios engendram a via descendente medular de Marchi.

Estas duas correntes principais não são em absoluto independentes. Continua a via sensitiva com a motora no nível do córtex cerebral, ponto mais culminante do arco excito-motor e lugar de onde se dá a percepção sensitiva e se forja o impulso motor.

Sobre a corrente sensitiva, Ramón y Cajal afirma o seguinte:

Cada sentido vem a ser, fisiologicamente considerado e reduzido a sua expressão mais simples, um feixe de condutores dispostos para recolher às distintas tonalidades, assim como as intensidades ou amplitudes de um modo de movimento (ondulação luminosa,

sonora entre outras)³⁹⁴.

Ramón y Cajal conjectura a possibilidade de existência na pele de um aparato complexo, organizado para re-coletar tanto as diversas intensidades como as qualidades variadas de um estímulo. Ele alude aos experimentos de Blich e Goldscheider³⁹⁵ que provam ser a pele sensível a distintas modalidades de movimento. Para o calor, por exemplo, possuem duas variedades de fibras nervosas correspondentes a duas gradações

³⁹⁴ Idem, p. 510.

³⁹⁵ Não examinei a obra de Blich e Goldscheider. No livro de Roselyne Rey (Rey, 2012; especificamente o capítulo 6) há uma boa descrição da teoria da somação de Goldscheider. Cito uma longa passagem em que Rey descreve a proposta de Goldscheider: *Os esforços feitos na primeira metade do século XX para confirmar esse mosaico de pontos específicos e para encontrar correspondências estritas entre estruturas histológicas e sensação não chegaram a resultados positivos. (...) Ele [Goldscheider] admitia de fato uma distribuição em mosaico de pontos que correspondiam a sensações particulares, de calor, de frio, de pressão e de dor, constituindo uma espécie de rede com zonas de forte densidade onde os pontos formavam agregados e zonas quase vazias. Goldscheider propunha uma interpretação completamente diferente. Sua atenção tinha sido atraída por três tipos de fatos: inicialmente, um dado patológico, que é a exacerbação da dor durante a aplicação repetida de um estímulo, por exemplo, térmico, e sempre desproporcional à intensidade do estímulo. Esta hiperalgesia, sensibilidade aumentada da dor, não parecia poder explicar-se somente no nível do receptor, mas colocava em jogo um processo de acúmulo, agindo no nível das estruturas centrais, medula e encéfalo. Em segundo lugar, tinha observado que uma pressão feita sobre a pele com uma ponta de alfinete provoca em alguns locais, inicialmente, uma sensação de pressão, depois, após um breve intervalo, uma sensação de dor: este atraso no aparecimento da dor, que era também constatado pela coincidência de duas espécies de receptores diferentes no mesmo local, mas implicava um efeito secundário, supondo aqui, ainda, a transmissão pelo sistema nervoso central. (...) nas pequenas áreas formadas por uma série de 'pontos de pressão', representando, conseqüentemente, uma superfície intermediária sem pontos, ele tinha observado fenômenos estranhos de conversão da sensação de pressão em sensação de dor, mesmo quando o aumento de grau de pressão não era discernido, assim como situações de transição: fora dos pontos de pressão propriamente ditos. (...) Qual explicação dar para essa dupla constatação, de um lado a impressão de pontos especificamente ligados a um tipo de sensação, de outro lado observações clínicas e experimentais que tornavam impossível uma interpretação em termos de receptores específicos? Para Goldscheider, os nervos 'táteis' podem revestir três modalidades diferentes, as cócegas, o tato e a dor; a sensação de cócegas seria a resposta mecânica normal ao mais fraco estímulo, a sensação específica das fibras nervosas táteis, podendo, com um aumento de intensidade, dar nascimento a uma impressão de picada e, para além dela, de dor. A diferença entre as sensações provinha não de receptores diferentes, mas da bifurcação das fibras nervosas em seu trajeto da periferia ao centro, aquelas que conduzem às cócegas ou à picada indo em direção ao feixe posterior da substância branca, aquelas da dor transitando pela substância cinzenta da medula, mais precisamente, pelos cornos posteriores. (...) Sobre o fato da sensação de pressão ser de uma ordem diferente, e de não se transformar necessariamente em sensação de dor, Goldscheider evocava então a existência de fibras táteis especiais que, levemente excitadas, dariam também nascimento à sensação de cócegas e, em função do aumento da intensidade, à pressão e à dor, seguiriam a mesma especialização dos trajetos na medula.* (Rey, 2012, p. 269-70).

(quente e frio).

Os experimentos de Blich e Goldscheider indicam também, segundo Ramón y Cajal, que o tegumento cutâneo contém fibras especiais destinadas a recoletar os estímulos dolorosos e outros consagrados às impressões táteis. Ramón y Cajal conclui que a estrutura em questão representa três sentidos correspondentes a três qualidade fundamentais de movimento: calor ou movimento oscilatório dos átomos; choque mecânico não periódico, que tem certo aspecto, podendo ser comparado ao ruído da impressão acústica; e um certo movimento fisicamente ignorado, mas conhecido por aspectos subjetivos, a impressão de dor.

Um problema inicial posto ao se examinar o mecanismo de impressão das terminações periféricas se refere a fixar os aparatos sensitivos correspondentes a cada modo de movimento. Dessa maneira, a questão que se colocava era quais seriam as terminações térmicas, táteis e as de dor? Ramón y Cajal afirmou que, em um primeiro momento, parece que a comparação da distribuição desses aparatos de terminação, com os pontos de pressão, calor, frio e dor, determinados pelos fisiologistas, deveriam fornecer a chave do problema.

As conclusões, no entanto, são débeis. Uma hipótese provável é que se justifique pela natureza tátil de alguns corpúsculos da derme e epiderme (célula de Merkel, Meissner, Krause, Pacini, genitais e meniscos táteis de pelos e epiderme).

Com relação às terminações térmicas e de dor, Ramón y Cajal considera que as hipóteses se formem por exclusão devido à dificuldade do problema. Dessa forma, tais modalidades sensitivas ficariam a cargo das inúmeras ramificações intra-epidérmicas da pele e das mucosas. Um fator importante que sustenta essa interpretação se apoia no estudo da morfologia do aparato sensitivo terminal. Todos os aparatos sensitivos destinados a estímulos de pressão, tais como os corpúsculos de Merkel, Pacini, Meissner entre outros, apresentam certa adaptação morfológica e de orientação favorável à coleção de estímulos (extensas superfícies de impressão por estiramento e enrolamento do condutor, orientação perpendicular dos ramos da arborização com relação ao sentido da pressão).

Seguindo o mesmo argumento apresentado para os receptores de pressão e pela ausência dessas adaptações morfológicas, Ramón y Cajal se inclina a atribuir sensibilidade térmica e de dor as terminações nervosas intra-epidérmicas. Esta hipótese tem a seu favor, também, a ausência de todo aparato protetor e a superficialidade destas ramificações (*na córnea quase se tocam em plena a superfície*, diz Ramón y Cajal).

Ao invés do que ocorre nos órgãos táteis, as terminações térmicas e de dor parecem sair ao encontro do estímulo, orientando-se perpendicularmente à superfície exterior. Ramón y Cajal insiste que nem a fisiologia nem a patologia fornecem dados suficientes para o esclarecimento da função particular de cada elemento terminal. Deve-se deixar a cargo da fisiologia o cuidado de determinar a localização dos aparatos sensitivos correspondentes a estas impressões.

Analizando as terminações nervosas cutâneas, Ramón y Cajal apresentou algumas interpretações fisiológicas sobre a morfologia do aparato nervoso múltiplo: (1) nas terminações nervosas táteis (corpúsculos de Meissner, Pacini, Merkel, discos tácteis, ramificações sensitivas do coração), os ramos da arborização terminal estão orientados de preferência no sentido perpendicular ao estímulo. Esta circunstância confirma plenamente a condutibilidade transversal dos ramos nervosos terminais, assim como de seus filamentos axiais. Quando o aparato terminal oferece um só ramo (corpúsculo de Pacini), este se encontra também paralelo à superfície de impressão. Ramón y Cajal considera que, baseado nisso, o protoplasma dos ramos terminais sofre durante a impressão um apertamento positivo, gerando a descarga pela transformação de movimento mecânico;

(2) a sensibilidade ou capacidade de impressão do aparato sensitivo guarda proporção com a extensão e riqueza das ramificações da arborização nervosa terminal. Tal enunciado (Ramón y Cajal se refere a esse enunciado como uma lei), diz Ramón y Cajal, fornece a chave para a compreensão dos enrolamentos de muitas arborizações (corpúsculos de Meissner, genitais etc), e permite estabelecer uma escala graduada de impressionabilidade, dos poucos sensíveis corpúsculos de Pacini e Krause até os representados pelas genitais;

(3) à igualdade de extensão da superfície impressionante, o aparato terminal será tanto mais sensível, quanto mais superficial. Os aparatos registradores de grande pressão encontram-se em zonas profundas da pele ou em partes mais internas (corpúsculos de Pacini residentes no tecido conectivo subcutâneo, nos músculos e tendões), enquanto os órgãos sensitivos organizados para impressionarem por fricção e contatos mais delicados encontram-se sob a superfície da pele, nas fronteiras dos epitélios (corpúsculos de Krause das mucosas, órgãos de Meissner, de Merkel etc). A razão deste arranjo poderia ser considerada como se cada aparato de pressão estivesse organizado para receber somente uma certa quantidade de estímulo, passada tal quantidade ocorreria a fadiga do nervo. Ramón y Cajal cita Ruffini³⁹⁶, para quem uma escala de aparatos táteis, graduada por profundidades e capacidades de impressão, corresponderia a uma série progressiva de pressões. A chamada sensação de cócegas poderia muito bem ressaltar da excitação exclusiva e sucessiva de uma série de corpúsculos táteis mais superficiais ou mais sensíveis;

(4) cada aparato receptor sensitivo ou arborização nervosa intra-epidérmica produzirá, qualquer que seja o número de impulsos simultaneamente recebidos, uma impressão única. Os aparatos em cujo interior se ramificam duas fibras meduladas de origem diversa (corpúsculo de Timotew, certos corpúsculos genitais complexos), poderão transmitir simultaneamente duas impressões de intensidades diversas, pois serão proporcionais à capacidade de impressão de cada ramificação nervosa integrante. Ao contrário, os órgãos terminais inervados por ramos de um tubo comum funcionariam sinergicamente, gerando uma unidade de impressão;

(5) as cápsulas, o líquido intercapsular e a matéria granulosa semi-sólida em que estão as arborizações terminais destituídas de mielina, constituem disposições destinadas a apagar a excessiva atividade da impressão (estímulo), difundido rapidamente a toda a superfície impressionante. Dessa forma, os corpúsculos de Pacini que são protegidos por numerosas cápsulas, seriam menos sensíveis às pressões que os corpúsculos de Krause

³⁹⁶ Angelo Ruffini (1864-1929). histologista e embriologista italiano. Ruffini foi um pioneiro nos estudos de gastrulação em anfíbios.

ou de Meissner, que são rodeados não mais do que por uma ou duas camadas de tecido conectivo endotelial. Ao contrário, as arborizações sensitivas do endocárdio e pericárdio, isentas de qualquer aparato protetor, deveriam possuir grande impressionabilidade;

(6) a sensibilidade diferencial (distância mínima necessária para apreciar como distintas duas impressões simultâneas), estará em razão direta do número de tubos nervosos e, por conseguinte, do de aparatos terminais independentes ou de arborizações nervosas separadas, residentes em uma extensão dada da pele. A existência de fibras de dor independentes das térmicas e de pressão é admitida por fisiologistas e patologistas em função dos resultados dos experimentos de Goldscheider. Outro ponto a favor dessa hipótese é a presença na medula de vias separadas para excitações de dor.

Uma outra hipótese que havia, e que Ramón y Cajal considerou razoável, é a de que as fibras sensíveis ou de dor nada mais são, em sua maior parte, que as térmicas superexcitadas, ou seja, estimuladas até a desorganização ou próximo disso (traumatismos, queimaduras, excitações elétricas fortes, compressões violentas por inflamação). Ramón y Cajal descreveu alguns argumentos a favor da segunda hipótese; em síntese o argumento propõe o seguinte: (a) para que os nervos de dor entrem em ação é necessário uma violenta excitação, o que não ocorre em nenhum aparato terminal já que todos funcionam na presença de estímulos moderados; (b) a causa exterior pode atuar sobre qualquer porção do trajeto do nervo, ainda que este corresponda ao do ramo interno ou radicular, o que parece indicar que não existe nenhum aparato terminal diferenciado para a captação dos estímulos de dor; (c) embora as observações anatomo-patológicas (ação de narcóticos, afecções medulares) indiquem que, em algumas situações, a dor pode ser suprimida, persistindo a sensibilidade tátil, não parece provado que a analgesia vem acompanhada sempre da persistência da sensibilidade térmica; (d) toda fibra sensorial, dinamicamente considerada, é um aparato analítico, ou seja um instrumento organizado para escolher somente, em condições normais, um modo de movimento (onda luminosa, sonora, calor, movimento mecânico); disso resulta muito estranho que tenha uma categoria de fibras sensoriais, as de dor, que em condições excepcionais, escolham todo tipo de excitações, com algumas extremamente intensas

(excitação térmica, mecânica, elétrica, química, traumática); (e) todas as mucosas que, como a bucal, esofágica estomacal e retal, possuam sensibilidade a dor, a tem igualmente sensibilidade térmica; (f) segundo se sabe até o momento, afirmou Ramón y Cajal, toda fibra sensitiva energicamente estimulada por dor, qualquer que seja sua modalidade funcional (exemplos são os fusos de Kühne, aparatos de pressão em condições ordinárias e que produzem dor durante as câimbras), responde ao estímulo.

Em síntese, Ramón y Cajal pensa ser razoável considerar que toda fibra sensitiva, nascida nos gânglios raquideos ou craniais, é suscetível de gerar duas impressões: a ordinária ou específica, correspondente a sua tonalidade particular, a qual é gerada por estímulos moderados e específicos; e a extraordinária, que Ramón y Cajal chamou *impressão de desorganização*, causada por toda classe de estímulos destrutores e que representa algo como um alarme com que se avisa à consciência, cuja desintegração físico-química se inicia.

A passagem da excitação sensitiva pelos gânglios raquídeos foi descrita por Ramón y Cajal em função da origem do estímulo advindo da arborização terminal e que vai até os gânglios. Uma vez chegado à bifurcação da expansão principal dos corpúsculos monopolares, marcha diretamente ao ramo interno para penetrar na medula espinhal, segundo o caminho mais curto. O soma e a expansão principal não participariam, portanto, na condução. Ou participariam em grau menor que as prolongações consideradas.

A existência de várias classes de fibras sensitivas torna necessário a representação por uma célula monopolar especial que se encontre no gânglio raquídeo para cada modalidade distinta. Cito Ramón y Cajal sobre sua hipótese direta da excitação do ramo periférico ao central.

Como dificuldade a nossa hipótese da marcha direta da excitação desde o ramo periférico ao central tem chamado Lugaro a atenção sobre o grande volume do soma dos corpúsculos ganglionares raquideos, volume excessivo que parece dar a entender que o espongionplasma e grumos cromáticos do soma exercem positiva influência sobre a

*produção e transmissão de onda sensitiva*³⁹⁷.

Ramón y Cajal considera pouco provável que o soma intervenha de maneira direta na produção e propagação da *onda sensitiva*. As condições de influência do soma sobre o volume do corpo da *célula raquídea* e a ação trófica recíproca do corpo celular e suas prolongações são estáveis. O exame das diversas células nervosas com relação as suas conexões e estrutura demonstram que o soma oferece notável volume em dois casos: 1º Quando o neurônio recebe por seu corpo numerosas arborizações (células de Purkinje, células motoras, células ganglionares); e 2º Quando os dendritos e o axônio alcançam diâmetros consideráveis, uma vez que existe certa proporcionalidade entre a massa de espongíoplasma e o diâmetro de apêndices celulares. Ramón y Cajal faz referência ao fato do soma do corpúsculo monopolar sensitivo exibir um grande volume. Sobre as atividades tróficas do soma celular, cito Ramón y Cajal:

*(...) o soma goza de atividades tróficas, cujo subtractum enigmático, todavia pode hipoteticamente referir-se ao suco celular, núcleo e grumos cromáticos. (...) é evidente que este subtractum será tanto mais rico, quanto mais robusto e ramificados sejam as expansões cujo trofismo deva reagir, ou em outros termos, em proporção da soma total do protoplasma transmissor dendrítico e nervoso*³⁹⁸.

Ramón y Cajal explica dessa maneira o grande volume ostentado por toda célula provida por expansões robustas e muito ramificada e a pouca quantidade apresentada por aquelas que, semelhante aos grãos do cerebelo, bipolares da retina, contém poucos, delgados e curtos apêndices. Uma ideia corrente no período defendia que tal trofismo seria recíproco e cruzado, em que expansões influenciariam no soma e este nas expansões.

Para garantir de forma compreensível as atividades celulares expostas até o momento, Ramón y Cajal admitiu que para todo neurônio dois aparatos de função

³⁹⁷ Ramón y Cajal, 1899a, p. 514.

³⁹⁸ Idem, p. 515.

distinta deveriam existir: o aparato de condução desempenhado pelas fibrilas e acaso também pelo suco celular, aparato especialmente diferenciado para realizar a função imposta ao neurônio pela divisão do trabalho; e o aparato trófico ou químico-nutritivo, simbolizado pelo núcleo, suco celular e grumos cromáticos, e cujas atividades comuns a toda célula viva são desempenhados solidariamente pelos diversos segmentos do protoplasma nervoso.

A transmissão à medula de correntes recolhidas pelo corpo e o glomérulo da célula dos *gânglios raquídeos* pode ser interpretada pelo que se conhece sobre a corrente sensitiva de origem periférica que as raízes posteriores transportam à medula via outros impulsos recoletados pelo soma e glomérulo da expansão principal.

A origem desses impulsos é apontada por Ramón y Cajal como podendo ter várias opções, no entanto, ainda desconhecidas. A suposição de que algumas das arborizações pericelulares a que foi feito referência, emanam de axônios brotados nos gânglios simpáticos, podendo-se conjecturar que mediante as mesmas, se estabeleceria um laço de união entre o sistema sensitivo inconsciente ou simpático e o cérebro medular ou consciente. Márquez³⁹⁹ explica o mesmo fenômeno pela emenda estabelecida entre o simpático e as células sensitivas, as convulsões de origem visceral nos infantis.

Experimentos de final do século XIX provaram a existência no gânglio simpático cervical, assim como no torácico e abdominal, de fibras centrípetas cuja excitação provocaria a ação dos seguintes centros: vaso motor do bulbo, depressor ou de suspensão dos movimentos cardíacos e o espinhal de Budge (medula lombar). Ramón y Cajal insiste ainda que, apesar dos resultados positivos nos experimentos fisiológicos, tais temas ainda carecem de comprovação anatômica.

10.7. A explicação dos atos reflexos conforme a teoria neuronal

³⁹⁹ Márquez, M. *Algunas aplicaciones de las nuevas ideas sobre la estructura del sistema nervioso*. Madrid: Ciência Moderna 4, 1897. (pp. 456-459). [Este artigo não consta na bibliografia, pois, não pude consultá-lo na íntegra. Tive acesso apenas a uma microfotografia das duas primeiras páginas].

O impulso nervoso que chega do gânglio pela raiz posterior e ganha o cordão dorsal, se divide em duas correntes, de igual ou desigual intensidade: a ascendente e a descendente. Como partem colaterais da haste dos ramos de bifurcação do radicular sensitivo, a onda nervosa se propagará ao longo destas para penetrar na substância cinzenta e será transmitida às células motoras e funiculares.

A corrente se propaga na ramificação do axônio como no caso da corrente sanguínea. Ramón y Cajal defende a necessidade de se formular uma regra para a compreensão da transmissão da onda no arco reflexo, já que a energia das ondas circulantes pelo axônio e colaterais é proporcional ao diâmetro dos condutores.

Há motivos para suspeitar que a substância que medeia a arborização terminal dos colaterais, corpo e dendritos das células nervosas, não são tão boas condutoras como o protoplasma nervoso, mas que oferecem certa resistência, e que tal resistência pode ser observada no retardamento da passagem da onda nervosa, resistência que somente é vencida quando a tensão da corrente alcança na arborização nervosa um certo limiar. Isto explicaria porque o retardamento na marcha da corrente reflexa é tanto maior quanto mais neurônios entram na cadeia de condução. Cito Ramón y Cajal sobre os atos reflexos em geral:

Chamam os fisiologistas atos reflexos aos movimentos involuntários coordenados ou não, provocados pelo estímulo das terminações sensitivas. Neste domínio da fisiologia, como em muitos outros, a nova doutrina estrutural da medula [Ramón y Cajal se refere à teoria neuronal] se mostra singularmente luminosa, permitindo compreender facilmente a marcha da corrente em toda classe de reflexos, assim como as leis empíricas que as regem, leis que representam, de certo modo, meras consequências dos princípios de morfologia e conexões dos neurônios medulo-ganglionares⁴⁰⁰.

Ramón y Cajal menciona também o fato de ter sugerido em 1890 os primeiros esquemas referente ao caminho das correntes desde a raiz sensitiva à motora (ver figuras

⁴⁰⁰ Ramón y Cajal, 1899a, p. 518.

24, 25 e 26). Quando me refiro à ação reflexa, segundo a formulação de Ramón y Cajal, é importante destacar que há ações reflexas em níveis distintos. Cada nível ou ação reflexa se refere a um processo adaptativo e pode ser observado em distintos organismos na série animal, o que possibilita inventariar cada estrutura relacionada a cada modalidade de reflexo em termos evolutivos. O reflexo mais fundamental é o que Ramón y Cajal chamou de *reflexo monolateral circunscrito* (figura 24). Esse reflexo ocorre em um músculo ou pequeno grupo de músculos por uma ligeira excitação de uma zona sensitiva circunscrita. O reflexo patelar, o abdominal (reto do abdômen), o cremastérico (o músculo cremaster se insere no escroto e age suspendendo o testículo), o pupilar, palpebral, são exemplos desse reflexo.

Na produção destes reflexos estão envolvidos somente dois neurônios (sensitivo e motor), enlaçados pelos colaterais sensitivo-motores, que representam a via mais curta e ampla entre a pele e os músculos, pois, conforme afirmou Ramón y Cajal, estes ramos brotam não muito longe da bifurcação dos radiculares. A partir dessa explicação, Ramón y Cajal diz não ser estranho a rapidez desse tipo de reflexo. No esquema representado na figura 24 se demonstra a passagem e repartição do impulso nervoso. A excitação centrípeta, que se supõe de pouca intensidade, é absorvida quase por inteiro pelas colaterais longas, fibras robustas cuja espessura é maior que a dos ramos terminais ascendente e descendente. Destas células colaterais, a corrente aborda as células motoras, de onde se dividirá em corrente principal, que se propagará diretamente pelo axônio até o músculo correspondente, e a corrente acessória que desaguará a favor dos colaterais motores iniciais em outros corpúsculos motores do mesmo foco.

Figura 24: Esquema descritivo da trajetória das correntes nos reflexos monolaterais circunscritos. a: colaterais reflexo-motores; b: colaterais curtas; d: células motoras; G: gânglio raquídeo; P: pele; M: músculos; S: arborização simpática pericelular. Os sentidos da corrente são indicados pelas flechas. (Fonte: Ramon y Cajal, 1899a, p. 519).

Outra modalidade de reflexo é o *reflexo monolateral difuso* (figura 25). Os experimentos fisiológicos de meados do final do século XIX ensinam que quando a excitação sensitiva é mais enérgica ou reiterada, em vez de um movimento localizado em um ou poucos músculos, se obtém uma reação motora com característica protetora ou defensiva e que recai em um grande número de músculos do mesmo lado. Nesse movimento há o emprego de três neurônios: sensitivo, funicular e motor. Para explicar

este movimento, se supõe que a corrente aferente alcança no neurônio sensitivo a energia suficiente para derivar eficazmente pelos colaterais finos ou curtos.

Figura 25: Esquema em que Ramón y Cajal demonstra o caminho percorrido pela corrente nos reflexos monolaterais difusos. A: célula ganglionar raquídica; B: células motoras; C: células funiculares. (Fonte: Ramon y Cajal, 1899a, p. 520).

A terceira categoria de reflexo proposta por Ramón y Cajal se refere aos *reflexos cruzados circunscritos e difusos* (figura 26). Quando o estímulo periférico alcança uma energia maior, o reflexo resulta bilateral, “interessando” aos mesmos músculos (lei de simetria). Se o reflexo bilateral é difuso, a corrente sensitiva aportada pelos radiculares se bifurca. Uma parte atua provavelmente nas células motoras de seu lado, por intermédio dos neurônios funiculares ascendentes e descendentes, e a outra passará ao longo das células comissurais até os neurônios motores do lado oposto.

Sobre os reflexos de grande longitude ascendente e descendente, Ramón y Cajal considerou que, quando a excitação sensitiva chega ao máximo, propaga-se o reflexo aos músculos da cabeça e das quatro extremidades, difundindo-se o movimento de preferência no sentido ascendente (lei de irradiação). Este reflexo se explica da mesma maneira que o anterior.

Os movimentos reflexos, particularmente os difusos, oferecem um caráter teleológico marcado, ou seja, representam ações coordenadas que conspiram de um modo harmônico à satisfação das necessidades da vida (exemplos são comportamentos de fuga, comer, defesa, homeostase etc). Cito Ramón y Cajal:

Esta perfeita congruência dos reflexos obriga-nos a supor que os neurônios funiculares ou sensitivos de segunda ou terceira ordem não estejam dispostos ao acaso, mas sim que constituem sistemas divergentes que, partindo de um ou poucos neurônios sensitivos, poderiam levar a excitação recolhida por estas em um ponto circunscrito da pele até um considerável número de músculos⁴⁰¹.

⁴⁰¹ Idem, p. 521-22.

Figura 26. Esquerda: Esquema destinado a mostrar o caminho das correntes nos reflexos cruzados. A: raiz anterior; B: raiz posterior. (Fonte: Ramon y Cajal, 1899a, p. 521). **Direita:** Esquema descrevendo o caminho da corrente na via sensitiva tátil e nos movimentos voluntários. A: via piramidal; B: células motoras; C, D: células sensitivas; E: núcleo do trato de Burdach; F: núcleo do trato de Goll; G: via sensitiva central; H, I: via tálamo-cortical. (Fonte: Ramon y Cajal, 1899a, p. 529).

A espécie e grau de complicação da resposta motora se encontram automaticamente reguladas por quatro fatores, são eles: (1) a intensidade da excitação cutânea; (2) a espécie de fibra sensorial impressionada; (3) a quantidade de neurônios sensitivos “interessados” na recepção e; (4) o grau de excitabilidade ou de resistência das diversas vias pelas quais deve passar a onda nervosa.

Os reflexos até aqui examinados e que tiveram sua interpretação feita à luz da teoria neuronal, possuem focos medulares e bulbares, no entanto, há os centros reflexos superiores adjacentes no nível cortical, os quais são responsáveis por coordenar a ação dos centros inferiores, intervindo de maneira direta em todos os movimentos corporais.

Para Ramón y Cajal, a existência desses centros corticais não tem nada que ver com a impossibilidade da medula espinal e o bulbo em realizar tais movimentos. Vejamos algumas de suas considerações sobre a origem dos reflexos e como se coloca essa questão.

Os reflexos se distinguem por sua origem em duas classes: reflexos instintivos ou inatos e reflexos adquiridos. À primeira categoria pertencem todos os atos coordenados que executam os animais sem prévia educação com essa facilidade criada por uma organização acabada e preestabelecida (pressão, deglutição, sucção, defecação, tosse, vômito, reflexo pupilar, reflexo de acomodação etc). Estes reflexos supõem enlaces seguros e amplos entre determinadas espécies de neurônio, provavelmente originados na época fetal ou nos primeiros meses de vida.

Sua invariabilidade e caráter hereditário obrigam-nos a pensar que são o resultado de uma longa história de adaptações plásticas do sistema nervoso às mais urgentes necessidades defensivas do organismo, adaptação que deve ter começado já nos primeiros passos da série filogenética.

Ramón y Cajal afirma ser uma verdade dada pela experiência, que todo impulso sensitivo recolhido na periferia é suscetível, quando alcança certa energia, de subir ao córtex (na região motora), de onde, mediante a atividade específica das células piramidais se converte em sensação. Dos caminhos seguidos ao longo do eixo cérebro-espinhal pelas diversas excitações (tátil, sentido muscular e tendinoso, térmica, de dor etc), somente se conhece de maneira apropriada os impulsos táteis (figura 26, à direita).

O arco-reflexo cerebeloso constaria dos seguintes neurônios: sensitivo ou periférico, sensitivo de segunda ordem, ou célula da coluna de Clarke, motor de segunda ordem ou célula de Purkinje do cerebelo (gerador da via descendente de Marchi do cordão antero-lateral), e a célula motora de primeira ordem. Apesar de Ramón y Cajal não tratar aqui exclusivamente dos centros cerebelosos, afirma que em todo movimento reflexo é preciso a ação coordenadora do cerebelo, a qual se produz e mantém automaticamente, enquanto que, iniciada a contração muscular, são estimuladas as terminações nervosas dos fusos de Kühne.

É crença geral entre a comunidade de fisiologistas e patologistas no final do século XIX a concepção de que a excitação dolorosa marcha primeiramente do cordão posterior à substância cinzenta, e desta ao longo de um neurônio funicular, ao cordão lateral do lado oposto, cuja parte mais anterior formaria uma via ascendente prolongada até o cérebro. Essa é a explicação corrente em meados do final do século XIX para a corrente nervosa de dor ou termo-dolorosa. Antes de direcionar o exame para a unidade motora (próximo capítulo), reproduzo a hipótese alternativa para o problema dada por Ramón y Cajal:

Comecemos por supor que os corpúsculos coletores de excitações de dor pertencessem às chamadas vias sensitivas curtas de Marie, e que na condução crucial intervem de modo principal, se não exclusivo, os colaterais sensitivos cruzados da comissura posterior. Isto suposto, a corrente passará primeiramente desde as radiculares posteriores às colaterais sensitivas comissurais; estas que, como se sabe, se ramificam no corno posterior do lado oposto, propagarão o estímulo aos neurônios funiculares do cordão lateral, pelo qual subirá a corrente até o bulbo, de onde deve existir alguma emenda que permita remontar-se ao cérebro, pois, não há que esquecer que toda degeneração ascendente provocada por uma hemissecção medular cessa antes do bulbo ou no bulbo mesmo. Esta emenda poderá ser a oliva bulbar? Terá lugar na massa cinzenta subjacente ao ramo descendente do trigêmeo, o qual toca quase no gânglio do cordão de Burdach? Acaso este é o último foco? Impossível responder a estas perguntas sem o risco de cair em hipóteses totalmente arbitrárias⁴⁰².

⁴⁰² Idem, p. 530.

11. A unidade motora

11.1. Proposição da teoria neuronal no contexto dos estudos sobre a unidade motora

A proposta da unidade anatômica do tecido nervoso apresentada por Ramón y Cajal é comumente associada aos seus primeiros trabalhos sobre o tecido nervoso, que se inicia com a publicação de uma série de artigos sobre a estrutura dos centros nervosos em aves em 1888⁴⁰³. Os primeiros trabalhos de Ramón y Cajal ao longo da primeira metade da década de 1880 (ver capítulo 9) sobre a gênese da inflamação e migração dos leucócitos, as fibras musculares, o tecido ósseo e sobre os condutores plasmáticos da cartilagem hialina propiciaram o germe da visão estrutural e conexionista⁴⁰⁴ que marcará os trabalhos posteriores de Ramón y Cajal.

Ramón y Cajal em suas incursões pela parasitologia e histologia de tecidos não nervosos, consolidou e aperfeiçoou uma orientação anatômica⁴⁰⁵ que via no estudo das

⁴⁰³ DeFelipe, 2007; Finger, 1994; 2000; Shepherd, 1991.

⁴⁰⁴ O uso do termo conexionismo aqui nada tem de semelhante à corrente filosófica que propõe abordagem de fatores cognitivos. Uso o termo, na ausência de um melhor, no sentido de uma orientação anatômica direcionada à compreensão das conexões estruturais no estudo histológico. Visão conexionista pode aqui assumir o lugar de antítese de uma visão atômica, ou seja, as conexões no tecido deverão revelar a natureza da unidade biológica do tecido estudado e não o conhecimento isolado das células que compõem o tecido examinado.

⁴⁰⁵ Coleman estruturou sua análise histórica do desenvolvimento da Biologia no século XIX (Coleman, 1983) baseando-se em três pilares que orientaram as pesquisas na área (já mencionados): a forma, função e transformação. Em seu exame, considerou que o sistema nervoso responde a parâmetros que exigiriam uma atenção destacada das demais e, portanto, abdicou de estudá-lo. Recorrer ao consagrado problema forma-função em biologia já se tornou um lugar comum e certamente permite ser deslocado em qualquer análise temporal dos processos biológicos, atendendo mais às expectativas do analista do que a compreensão dos processos históricos em si, conforme abordei no final do capítulo 9. No intuito de esvaziar o mínimo possível a relação forma-função nessa análise, entendo que a orientação anatômica atribuída a Ramón y Cajal o localiza em um grupo ao qual a visão é predominantemente não fisiológica. Não fisiológica no sentido de que o conhecimento da estrutura permite ao pesquisador formular modelos teóricos de funcionamento da mesma, nunca o contrário. Um modelo explicativo que contrarie a observação da estrutura deve ser abandonado ou reformulado de tal maneira que concorde com os dados da observação da estrutura (estrutura anatômica). A objetividade dada pela observação da estrutura deve orientar a compreensão da função, nesse sentido a anatomia precede a fisiologia. Essa é a visão de

conexões a maneira mais fidedigna de confirmação da teoria neuronal e consequentemente a compreensão dos processos fisiológicos subjacentes à estrutura anatômica do tecido. Devido a esse recuo naquilo que entendo ser a gênese da teoria neuronal (uma gênese da teoria neuronal fora do sistema nervoso, uma vez que esse recuo é anterior à incursão de Ramón y Cajal no estudo do sistema nervoso).

11.2. A unidade motora

Em seu segundo artigo⁴⁰⁶, publicado em 1881 no periódico *El diário católico* em Zaragoza, Ramón y Cajal utilizou dois métodos de coloração frequentemente utilizados: o cloreto de ouro e o nitrato de prata ordinário. Explorou a terminação das fibras nervosas sobre os músculos estriados dos batráquios (rãs). Ramón y Cajal destaca, já nas considerações iniciais, a importância de se esclarecer a relação entre o nervo e o músculo, ou conforme a denominação atual, a unidade motora. Lança mão de três questões condutoras da pesquisa: Que sabemos do modo como se enlaçam o músculo e o nervo? Qual a natureza da chamada placa nervosa terminal, desse aparato complicado, ponto de união entre dois órgãos unidos pela *solidariedade* de suas funções, e que conservam os passos mais elevados da escala animal, traços visíveis de seu antigo parentesco? Há fusão, continuidade da substância entre ambos elementos, como sucede nas células neuromusculares, ou o vínculo é mais estreito e se reduz à mera relação de justaposição e contiguidade? As três questões encerram a compreensão estrutural do que a fisiologia chamava de unidade motora. As questões exigem respostas que vão da estrutura anatômica (como se configura a conexão entre o nervo e o músculo) à filogenia (a terceira questão é respondida pelo exame embriológico da formação da placa motora, pressupondo que a ontogênese sirva de acesso ao conhecimento da filogênese, um conceito recapitulacionista). A segunda questão deriva diretamente da primeira, já que se

Ramón y Cajal com respeito à relação entre forma e função. Veremos ao longo do capítulo que essa posição não enfraquece a importância da compreensão funcional do organismo.

⁴⁰⁶ Ramón y Cajal, 1881b.

refere à explicação funcional do que se conhece sobre a estrutura anatômica da unidade motora (primeira questão).

A preparação do nitrato de prata recomendada por Cohnheim apresenta certa fragilidade segundo Ramón y Cajal⁴⁰⁷. Em 300 preparações aproximadamente, Ramón y Cajal obteve apenas duas aceitáveis do gastrocnêmio e uma ruim do peitoral cutâneo. A reclamação quanto ao procedimento de Cohnheim é conhecida antes de Ramón y Cajal a utilizar. Aparece uma crítica na tese de doutoramento de um jovem fisiologista português contemporâneo de Ramón y Cajal⁴⁰⁸. Ramón y Cajal dá a seguinte descrição da dificuldade do método:

*(...) os núcleos musculares e fascículos conectivos; e, especialmente, as células estreladas anastomosadas de natureza conjuntiva que na rã se constituem em camadas e acúmulos em todos os interstícios orgânicos, formam, ao impregnar-se em união com as ramificações nervosas, figuras tão complicadas e labirínticas que nada, por sagaz que se lhe imponha, é capaz de decifrar*⁴⁰⁹.

Outro ponto que gera dúvida quanto à validade do método é o procedimento anterior à impregnação em que se separam as fibras por dissociação mecânica (já vimos

⁴⁰⁷ As imagens obtidas com o procedimento de Cohnheim não são muito boas, além do que se obtém uma amostra muito reduzida para análise, o que torna o método demasiado improdutivo. Entre os músculos da rã que se examinou, havia a preferência pelo estudo do gastrocnêmio (é comum o uso de rãs em experimentos e estudos da fisiologia muscular até os dias atuais, uma vez que tais procedimentos são relativamente simples; a preparação gastrocnêmica atende a estudos da excitação do músculo esquelético). As fibras que compõem o músculo gastrocnême são breves e boas para o preparo, permitindo uma boa observação das terminações nervosas. Para separar as fibras musculares, Cohnheim as arranca em grupos com uma pinça e as dissocia em um suporte com soro sanguíneo. Depois submete a ação de uma solução de nitrato de prata durante alguns instantes. O músculo adquire uma coloração e consistência leitosa que se torna escura após a exposição à luz. O tempo de exposição à luz dependerá da concentração da solução de prata. O nitrato de prata colore de negro avermelhado a substância muscular e em branco os nervos e terminações nervosas. O problema é que no período de reação decorrente da ação do sal de prata, a impregnação se estende para além dos nervos e terminações, uma vez que vasos sanguíneos e linfáticos são abundantes no tecido muscular.

⁴⁰⁸ Abreu, Eduardo de (1855-1912). *Histologia do tubo nervoso e das terminações nervosas nos músculos voluntários da rã*. Coimbra: Imp. da Universidade, 1881. Eduardo de Abreu reclama da dificuldade em se obter boas preparações seguindo as recomendações de Cohnheim (p. 102-103). Ramón y Cajal leu a tese de Abreu antes de iniciar seus estudos do músculo estriado da rã.

⁴⁰⁹ Ramón y Cajal, 2006b, p. 59.

o quão incerto é esse método). Ramón y Cajal, após apontar as falhas no método frequentemente utilizado (procedimento de Cohnheim), apresenta uma alternativa. Faço uma descrição desse procedimento e na sequência farei considerações a respeito do mesmo. Optei por apresentar os resultados de Ramón y Cajal com o máximo de detalhe descritivo, principalmente para o leitor não familiarizado com a literatura sobre o tema.

O músculo peitoral cutâneo (Ramón y Cajal estudou esse músculo além do gastrocnêmio) nas rãs se constitui de fibras curtas, paralelas e diáfanas. Esse músculo, em rãs pequenas, é tão fino e delgado que pode facilmente confundir-se com alguma divisória de celulose ou aponeurose (terminações ou origens musculares). Geralmente consta de dois ou três planos de fibras em sua borda interna e de três ou quatro na externa. Está situado por debaixo da região peitoral entre as massas musculares e a pele. Por debaixo e diante se insere no tegumento que cobre a parte anterior do tórax, e por detrás e acima, no esterno e nas aponeuroses abdominais. A distribuição nervosa deriva do plexo braquial, por um só filete com 10 a 12 tubos nervosos, e o qual penetra pela borda grossa ou axilar. A parte superior do músculo fornece algumas células colaterais e termina por uma dicotomia para perder-se nas últimas fibras da borda interna. O peitoral cutâneo está revestido de endotélio, já a parte mais profunda está coberta de tecido conjuntivo. Uma vez feita a descrição do ‘caminho’ para se chegar ao músculo, deve-se seccionar parte dele e transportá-lo até uma lamina, onde será feita a dissecação.

Ramón y Cajal submeteu o músculo à ação de uma gota de um líquido composto de parte de ácido acético cristalizável e 2/3 de água destilada.

O ácido não deve empapar as bordas da preparação, porque esta se desprenderia do cristal, nem deve atuar mais de três minutos sobre o músculo, sobre a pena de alterar profundamente e modificar os tubos e terminações nervosas. (...) o músculo se submeterá à ação de uma dissolução de nitrato de prata a 1 por 10. O preparado adquirirá um aspecto leitoso⁴¹⁰.

⁴¹⁰ Idem, p. 62.

Se a preparação for bem sucedida, apresentará sobre um fundo amarelo escuro os tubos nervosos incolores, mostrando os cruzamentos corretamente desenhados e as arborizações terminais pálidas destacando-se sobre as fibras musculares energicamente impregnadas. Por outro lado, se a preparação adquire uma coloração uniformemente amarela e não se distinguem as terminações nervosas, provavelmente o ácido foi utilizado muito concentrado ou exposto por tempo demais. Uma mostra da perícia de Ramón y Cajal na preparação histológica pode ser obtida pela descrição da qualidade e efeito de três reagentes de prata utilizados em inúmeros estudos: (1) nitrato de prata em meio ácido: proporciona imagens negativas. Pode ser preparado misturando uma parte de ácido acético a três de dissolução de prata a 10%; (2) em meio neutro as imagens obtidas são negativas. Colore, especialmente, as matérias intercelulares e colágenos; (3) em meio alcalino as imagens são positivas. Prepara-se com duas gotas de amoníaco a uma dissolução de nitrato de prata a 20% (figura 27).

Figura 27: A figura a esquerda (com a numeração 2 no artigo original de Ramón y Cajal) foi uma das raras preparações que Ramón y Cajal obteve aplicando o nitrato de prata neutro preconizado por Cohnheim. Nela, não se vê mais do que simples silhuetas da terminação. A imagem do meio (número 3) foi obtida com o procedimento proposto por Ramón y Cajal com o uso do nitrato de prata neutro com acidificação preliminar do músculo. A imagem da direita (número 4) foi obtida com o uso do nitrato de prata alcalino. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006b, p. 92).

O músculo foi examinado com uma ampliação de 100 vezes. A desproporção entre fibras nervosas e musculares é explicada por Ramón y Cajal em função das ramificações das primeiras, gerando consequentemente maior número de conexões.

(...) cerca do centro, estendido desde a borda axilar ao esterno do músculo, cruzando perpendicularmente sua direção, abundantemente ramificado em seu trajeto, se descobre o tronco nervoso destinado a distribuir-se em todas as fibras musculares, e que consta de não mais do que 14 a 20 tubos com mielina. Esta desproporção entre o número de filamentos nervosos originários e o de fibras musculares (o número passa de 300) se explica satisfatoriamente tendo em conta que cada fibra nervosa é suscetível de ramificar-se e prover de terminações nervosas muitos fascículos musculares primitivos⁴¹¹.

A descrição acima dada por Ramón y Cajal pode ser observada nas figuras 27 e 28. Na sequência, Ramón y Cajal admite a existência de anastomose nas ramificações nervosas. O tronco nervoso termina por uma dicotomia na borda mais delgada do músculo peitoral cutâneo (figura 29), após incorporar em sua trajetória vários ramos importantes.

⁴¹¹ Idem, p. 65-66.

Figura 28: B, tubo de mielina dividido em Y; a: tubo progenitor; b: disco de soldadura da estrangulação; c: faixa negra situada no extremo cônico superior do axônio; d, e: tubos engendrados. C: fibra dividida em três ramos medulares divergentes; a: tubo gerador; b: disco de soldadura dobrado e apresentando uma crista correspondendo à convergência das fibras produzidas; c: axônio de uma fibra engendrada; d: axônio do tubo gerador (ampliação 600/1). (Fonte: Ramón y Cajal, 2006b, p.92).

Figura 29: Representação de um cordão nervoso que se ramifica na superfície do músculo, ao que cruza transversalmente. Na parte esquerda da figura se vê o epitélio do nervo grosseiramente impregnado. Podem ser observados tubos medulares com seus estreitamentos, cruzes impregnadas por prata, divisões

dos tubos e sua separação do nervo para terminar independentemente. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006b, p.92).

Figura 30: Músculo peitoral cutâneo da rã do lado esquerdo. Observação no estado fresco (ampliação 10/1). Distingue-se o nervo que se reparte no músculo com seus ramos principais. A: ramo destinado aos fascículos axiais; B: Direcionada às zonas medias; C: anastomose aparente entre dois fascículos nervosos; D: outra anastomose muito frequente próxima da dicotomia terminal do cordão; E: borda axial do músculo peitoral; H: Dicotomia terminal, em cujo nível são muito abundantes as arborizações. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006b, p. 92).

Na escolha dos cortes a serem estudados, Ramón y Cajal dava preferência ao que chamou de *território muscular* que oferecesse maior número de arborizações terminais pálidas com ramos de onde partam tubos de mielina destinados à nutrição desses músculos. Há a distinção entre o conjunto da distribuição nervosa em cada fibra muscular como uma estrutura complexa, separada em três porções distintas, a saber: (1) ramos mães: tubos grossos de mielina destinados a uma fibra muscular e ponto de partida de toda distribuição nervosa; (2) ramos infantis ou filhos: fibras de duplo contorno ou medulares, mais delgadas e que derivam das primeiras; (3) fibras pálidas:

sem mielina, que nascem geralmente das extremidades dos ramos filhos (infantis) para formar a arborização terminal.

Com respeito aos ramos mães, Ramón y Cajal as descreve como fibras musculares em que, frequentemente, os terminais nervosos são derivados de um maior número desses ramos e que se originam de distintas porções nervosas. Neste último caso seria mais correto considerar a terminação nervosa não como única, mas sim como uma multiplicidade, já que cada ramo mãe possui uma distribuição independente sobre a mesma fibra.

As fibras pálidas (Ramón y Cajal também as designa tão somente de arborizações) constituem as últimas ramificações dos ramos filhos e são tênues filamentos desprovidos de mielina, de contorno quase invisível nas preparações examinadas em estado fresco, porém, se destacam com grande exatidão e vigor nos músculos nitrados. O diâmetro dessas fibras diminui muito pouco na direção de suas terminações e possui três milésimos de milímetro em média. Sua extensão oscila em limites amplos. As fibras pálidas mais longas podem chegar a 0,15 mm ou mais, ao passo que as mais curtas não excedem 0,08 mm. Medindo a extensão do conjunto da arborização pálida, de um extremo a outro, se obtém uma dimensão que oscila entre 0,2 mm e 0,3 mm, de maneira que as fibras musculares de três milímetros de extensão (conjunto da distribuição nervosa) podem chegar à décima ou duodécima parte da extensão dos feixes.

Ramón y Cajal diverge da literatura com respeito à existência de uma placa terminal na rã, semelhante à placa de Rouget (expressão utilizada pelos histologistas para designar a placa motora). Pela origem, abundância e configuração dos ramos pálidos da arborização, Ramón y Cajal distinguiu quatro espécies principais de terminações: (1) terminação digitiforme, em que cada tubo de mielina dá lugar à formação de um filamento pálido de primeira ordem, não ramificado, que na união de seus semelhantes, originários de outros ramos filhos, se junta à parte do fascículo em direção paralela a este último; (2) terminações ramificadas: são as que oferecem uma ou várias fibras pálidas de primeira ordem, divididas em pequenos filamentos (de segunda

ordem), curtos e delgados; (3) terminações reticulares ou anastomosadas. Segundo o próprio Ramón y Cajal, os histologistas resistiam a aceitar anastomose em arborizações terminais.

São esses feixes anastomosados (diziam alguns pesquisadores), aparências devidas à superposição e cruzamento de fibras pálidas como alguns creem? Não nos atreveríamos a assegurá-lo; diremos não obstante que em umas dez preparações que mostravam anastomose, em seis ao menos, o enlace dos ramos se mostrava com tal vigor e limpeza, que dificilmente se atribuiria ao resultado a mera casualidade de impregnação⁴¹².

A anastomose de fibras pálidas foi observada com o método de prata utilizado por Ramon y Cajal e nunca com o cloreto de ouro (método bastante utilizado). Quando se apresenta anastomose, são nos ramos de primeira e segunda ordem, nunca nos de terceira ordem. (4) terminações peniformes são formas bastante raras. Constam de uma haste terminal muito longa, sem divisões dicotômicas, quase retilíneas e que dos lados emergem pequenos e breves ramos de segunda ordem, com incidências variáveis.

⁴¹² Idem, p. 75.

Figura 31: Esquerda: um feixe muscular do gastronêmio, impregnado pelo método de Cohnheim. Nele se vê a silhueta de um tubo nervoso que serve de ponto de partida para a arborização terminal. a: fibra medular; b: ramificação de uma fibra pálida; c: núcleo na continuidade de uma haste do que aparece como um engrossamento elipsoidal. **Direita:** uma arborização terminal anastomosada obtida pela nitratação ácida em um fascículo do músculo peitoral cutâneo. a: ramo mãe; b: ramo filho; c: axônio visível no eixo de arranque da arborização pálida, demonstrando que nem tudo que aparece pálido na terminação deve entender-se como ramificação simples do axônio; d: fibra pálida independente; e: fibras anastomosadas da arborização; f: núcleos dessas arborizações; g: fibras terminais; h: membrana de Henle em continuação com o contorno do ponto inicial da arborização. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006b, p. 92).

Seguindo seus experimentos sobre as terminações nervosas no músculo estriado da rã, Ramón y Cajal insistiu no estudo detalhado da arborização acima descrita, agora tão somente revelados pela nitratação por prata. As bainhas de Henle⁴¹³, Schwann⁴¹⁴ e a região isolada de mielina acabavam no começo das primeiras fibras da arborização. Ramón y Cajal investigou orientado pela seguinte questão: como e em que lugar preciso terminam? Segundo Ranvier⁴¹⁵, o filamento do eixo no nível do ponto em que é abandonado pela mielina, perfura o sarcolema (membrana plasmática das células do tecido muscular), e a bainha de Henle dos ramos filhos se confundem com a membrana do músculo.

Ramón y Cajal afirma que um estudo detido deveria mostrar que as considerações de Ranvier constituem um caso excepcional. Ordinariamente a bainha de Henle se prolonga envolvendo a fibra pálida em um trecho variável, marcando sua terminação nas primeiras fibras por súbito estreitamento.

A terminação de mielina se verifica de um modo brusco no ponto inicial dos ramos pálidos e muito antes que as fibras terminais perfurem o sarcolema⁴¹⁶. A observação precisa em que acaba a mielina se dá de forma fácil nas preparações frescas e nas submetidas à ação do ácido ósmico. No caso das bainhas de Schwann, Ramón y Cajal ressalta a dificuldade em se determinar se as mesmas unem-se ao axônio no mesmo nível da terminação de mielina ou se prolongam indefinidamente até chegarem na superfície das fibras pálidas. Devido à dificuldade em observar as terminações da bainha de Schwann, Ramón y Cajal defende a suspensão do juízo quanto à questão. Já quanto aos terminais livres, assume a seguinte posição:

(...) um fato existe que pode lançar alguma luz na solução do problema. As rãs jovens apresentam mais frequentemente que as adultas as fibras livres. Assim é que não nos parece improvável que constituam as fibras independentes uma parte do aparato terminal

⁴¹³ Tecido conjuntivo formado por fibrilas reticulares organizados em torno de fibras nervosas individuais.

⁴¹⁴ Membrana que reveste a bainha de mielina de uma fibra nervosa.

⁴¹⁵ Ramón y Cajal, 2006a.

⁴¹⁶ Membrana plasmática das células do tecido muscular.

*em vias de evolução, o qual viria juntar-se mais tarde com o resto já definitivamente constituído da figura terminal, por crescimento centrípeto ou convergente*⁴¹⁷.

A dificuldade apresentada na observação das terminações das fibras pálidas fez com que Ramón y Cajal considerasse a proposta das redes intersticiais de Gerlach, mesmo que temporariamente. A preparação com prata colore a substância muscular por todas as partes menos nos pontos em que estão cobertas por fibras pálidas.

No artigo de 1881, examinado aqui, sobre as terminações nervosas no músculo estriado da rã, Ramón y Cajal utilizou, além do método do nitrato de prata, o cloreto de ouro. As imagens que o ouro proporciona são boas. Os diferentes elementos que aparecem da arborização são coloridos sobre um fundo pálido ou ligeiramente impregnado. Sua aplicação consiste essencialmente em embeber as fibras musculares provenientes de nervos em uma solução de cloreto de ouro e provocar depois a redução com ajuda dos ácidos (acético, fórmico, cítrico, tartárico etc), submetendo o preparado à ação da luz, alternando no escuro. O ouro ‘desenha’ a terminação nervosa pela propriedade que possui de redução quando da reação na mielina e no axônio, o que dá uma coloração violeta, tingindo apenas os demais elementos. Seu emprego é muito difícil e os resultados inconstantes, e com razão os histologistas têm procurado novos procedimentos de coloração invariáveis em seus efeitos.

Ramón y Cajal rejeitou o método da dissociação mecânica no exame do gastrônêmio, do hióide e do peitoral cutâneo da rã. A ideia era trabalhar com um método que permitisse impregnar e examinar por inteiro a porção. A utilização do nitrato de prata e do cloreto de ouro complementaram uma à outra, uma vez que se esperava que as deficiências de uma fossem corrigidas pela outra.

Nos principais elementos da terminação nervosa existe acordo e conformidade, era esse um pressuposto caro a Ramón y Cajal. Quanto às diferenças obtidas nos dois métodos (nitrato de prata e cloreto de ouro), ele esperava encontrar pontos de convergência que auxiliassem na construção de um modelo fisiológico. A primeira

⁴¹⁷ Ramón y Cajal, 2006b, p. 81-82.

diferença que chama atenção na imagem das fibras terminais revelada pelo ouro é a extrema finura destas, cuja espessura, comparada ao obtido com a prata, se dá na relação de 1 para 2 ou 2,5. Ademais, nas preparações com o ouro, o diâmetro das fibras é tão grande em sua porção inicial como nas extremidades livres, salvo pequenas diferenças. Nos preparados com a prata, o diâmetro das fibras decresce paulatinamente desde o começo até sua terminação (figura 31). O contorno das fibras pálidas nitradas está rigorosamente limitado por uma linha escura. O das fibras das preparações douradas é vago, quase sempre o centro da fibra aparece mais destacado pela coloração que a periferia.

Estas diferenças correspondem a detalhes da real organização que cada reagente revela com independência do outro. Essa afirmação não é conclusiva e Ramón y Cajal desvia dessa questão, pois, uma possibilidade dentre muitas é que dependem tão somente de alterações ocasionadas na arborização pelos ácidos que se juntam aos agentes analíticos. Ramón y Cajal não diverge do conceito geral de que essa relação se estabelece entre reagente e tecido pelo que os químicos chamavam de *afinidade natural*. Ramón y Cajal apresenta em tópicos algumas conclusões gerais de seus estudos sobre a terminação nervosa no músculo da rã, que são as seguintes: (1) as fibras musculares são ‘abordadas’ em um número significativo por mielina, cada um deles formando arborizações distintas na mesma fibra. Geralmente, os tubos de mielina do aparato terminal se dividem antes, constituindo ramos filhos medulares, e estas formam, ao ser separadas da mielina, as fibras pálidas da terminação. A disposição do ‘arbusto’ (*buisson*) medular de Kühne é extremamente variável; (2) a bainha de Schwann e a mielina acabam no ponto de partida da arborização. A camada de Henle se prolonga ainda mais, envolvendo um pequeno pedaço da região pálida, confundindo-se depois com o sarcolema no ponto em que este é atravessado pelas fibras pálidas; (3) a arborização começa no nível da última estrangulação dos ramos filhos; também podem emergir fibras pálidas de qualquer dos estreitamentos que possuem aqueles ramos; (4) as fibras das arborizações se dividem ordinariamente em seu trajeto, dando lugar a fibras que se podem chamar de segunda e terceira ordem. As divisões se verificam quase

sempre em ângulo cujo vértice está suavizado por curvas; (5) é muito provável a existência real de arborizações anastomosadas e de fibras pálidas independentes, sem vínculos que as enlacen com o resto da arborização terminal; (6) as fibras pálidas estão situadas por debaixo do sarcolema, exceto um pequeno bloco da iniciação da arborização que está colocado muito provavelmente por fora; (7) os núcleos do aparato terminal se distinguem em duas espécies: núcleos da arborização medular e núcleos da arborização pálida. Os primeiros se subdividem em duas variedades, as bainhas de Henle e as de Schwann, que correspondem aos segmentos interanulares. Os segundos se distinguem também em duas classes: núcleos redondos, que se tingem pela prata, situados próximo da arborização e que aparecem com pouca frequência, e análogos aos das placas dos mamíferos, e núcleos das fibras pálidas situadas sobre a continuidade da dicotomia das fibras terminais; (8) as fibras da arborização estão revestidas por uma atmosfera transparente e refratária à prata. Representação da matéria granulosa das eminências nervosas dos músculos dos mamíferos e a qual começando no nível do lugar em que as primeiras fibras perfuram o sarcolema, se prolongam diminuindo o diâmetro até as extremidades livres; (9) as terminações das fibras têm lugar por ‘cabos’ arredondados, sem botões finais, nem redes intersticiais na matéria monorefrigerante do fascículo, como pretendia Gerlach. É, portanto, errônea a concepção de Schülze e de Hensen, defendida por muitos histologistas, de que toda fibra nervosa tem uma célula receptora, periférica, e outra de percepção, central; (10) a terminação nervosa dos batráquios pode ser considerada desde o ponto de vista embriológico como um conjunto de fibras nervosas em vias de evolução, semelhante às de Remak e as embrionárias (Renaut), e sob o conceito morfológico, como uma placa de fibras muito extensas cuja matéria granulosa, em vez de ser contínua, está ramificada de igual modo que as fibras terminais.

Figura 32: Esquerda: terminação nervosa obtida com o nitrato de prata ácido. Um ramo mãe fornece dois filhos que formam duas arborizações pálidas dirigidas a extremos opostos do fascículo. A arborização inferior emerge no nível de um estreitamento de um dos ramos filhos, a que no último resultado constitui outra terminação em fibra muscular vizinha. a: ramo mãe; b: ramo filho; c: membrana de Henle; d: estrias negras no fundo da fibra pálida inicial que representam as fibras axiais prolongadas, tingidas pela prata; e: núcleos da arborização; f: fibras terminais. **Direita:** duas fibras musculares em que terminam pequenos ramos nervosos. Preparação com o cloreto de ouro do músculo peitoral cutâneo. A arborização é mais delgada, especialmente no ponto inicial, do que a revelada pela prata. A: esta fibra viaja pelo ramo b, que tem em c a terminação da mielina e o princípio das fibras pálidas; e: núcleo das divisões das fibras; d: núcleo de sua continuidade; g: fibras independentes com núcleos; B: terminação peniforme retilínea que exibe em a o ramo medular e em b, o começo da fibra pálida. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006b, p. 92).

Esta série de experimentos realizados por Ramón y Cajal confirmaram os trabalhos de Krause e Ranvier. Após uma inserção pela bacteriologia, Ramón y Cajal se

insere de vez no estudo da histologia. Segundo relato do próprio Ramón y Cajal em suas memórias, a bacteriologia requer muitos recursos financeiros ao novato na investigação científica⁴¹⁸. A histologia, por sua vez, prometia o conhecimento fundamental do mundo orgânico. Cito Ramón y Cajal:

Consolemo-nos considerando que se a célula e o indivíduo sucumbem, a espécie humana e, sobretudo, o protoplasma, são imortais. O acidente morre, porém a essência, ou seja, a vida, subsiste. Estimando o mundo orgânico como uma árvore cujo tronco foi o primeiro protoplasma, cujos ramos e folhas foram todas as espécies nascidas depois por diferenciação e aperfeiçoamento, que importa que alguns ramos se desgastem em função de um vendaval, se o tronco e a matriz protoplasmática subsistem vigorosos, prometendo retornos cada vez mais formosos e exuberantes. Não há, pensando bem, organismos progenitores e produzidos, nem indivíduos independentes, nem vivos nem mortos, sim uma só substância, o protoplasma, que completa o mundo com suas criações, que cresce, se ramifica, se molda temporalmente em indivíduos efêmeros, porém nunca sucumbe. Em nosso ser se agita aquele velho protoplasma do archiplason (primeira célula aparecida no cosmos), ponto de partida talvez de toda evolução orgânica⁴¹⁹.

A primeira publicação de Ramón y Cajal estrangeira tinha o título de ‘*Contribution à l’étude des cellules anastomosées des épithéliums pavimenteux*’, publicada na *Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie* editada por Krause (Göttingen), A.E. Schäfer (Londres) e L. Testut (Lyon), em 1886, publicação internacional em que Ramón y Cajal divulgou seus trabalhos para além das fronteiras da Espanha. Ramón y Cajal teve no início de sua carreira o apadrinhamento e admiração de Krause. Em 1888, Ramón y Cajal publicou outro artigo com resultados de experimentos sobre as terminações nervosas no tecido muscular. Sob o título de ‘*Observations sur la texture des fibres musculaires des pattes et des ailes des insectes*’. Nesse segundo trabalho (Ramón y Cajal demorou cerca de dois anos na preparação dos resultados

⁴¹⁸ Ramón y Cajal, 2006a.

⁴¹⁹ Idem, p. 375.

publicados), as qualidades descritivas sobrepujaram as interpretações, que segundo o próprio autor, lembrando o artigo em sua autobiografia, não foram corretas. Ramón y Cajal considerou que o modelo reticular explicativo das terminações musculares teria influenciado seus primeiros trabalhos. Sobre esse modelo e a amplitude de sua influência, afirmou que:

Reinava então na histologia uma dessas concepções esquemáticas que fascina temporariamente os espíritos e influenciam decisivamente nas pesquisas e opiniões da juventude. Refiro-me à teoria reticular de Heitzmann e Carnoy, aplicada muito engenhosamente à constituição da matéria estriada dos músculos pelo mesmo Carnoy, autor da celebre 'Biologia Celular', e depois pelo inglês Melland e o belga Van Gehuchten. E eu, fascinado pelo talento desses sábios e o prestígio da teoria, cometi o erro em considerar, como eles, a substância contrátil como uma rede (rejilla) de fibrilas sutis preexistentes aparecidas nos preparados dos ácidos e do cloreto de ouro, unidos transversalmente pela rede localizada ao nível da linha de Krause. Enquanto que, as fibrilas primitivas seriam resultado de coagulação post-mortem⁴²⁰.

Para Ramón y Cajal, a força da explicação reticular da fibra muscular teria orientado as pesquisas dos jovens iniciantes, tais como ele próprio se considerava, a verem redes por toda parte. Além de Ranvier, que exerceu grande influência nos estudos iniciais de Ramón y Cajal, existiam outras referências de pesquisa para um jovem pesquisador espanhol. Theodor Hermann Meynert (1833-1891), Gustav Huguénin (1840-1920), Jules Bernard Luys (1828-1897), Gustav Albert Schwalbe (1844-1916) eram alguns dos grandes pesquisadores da histologia na segunda metade do século XIX. O método de cortes finos seriados já era praticado desde os primeiros trabalhos de Meynert, onde mesmo os bons métodos permitiam a observação apenas do corpo protoplasmático das células nervosas com seus núcleos e muito pouco da trajetória inicial dos dendritos.

⁴²⁰ Idem, p. 381.

Esses primeiros estudos da fibra muscular eram motivados pela pergunta de como se transmite a informação nervosa de uma fibra sensitiva a uma motora (a resposta a essa pergunta permitiria construir uma teoria fundamental dos reflexos e, no limite, de todas as ações que sejam derivadas dos reflexos fundamentais). A construção de uma Psicologia racional exigia o conhecimento exato da textura do cérebro.

11.3. O tecido nervoso

A estrutura do sistema nervoso que Ramón y Cajal explorou primeiramente foi o cerebelo, inicialmente estudado por meio do método cromo-argêntico. O que se conhecia sobre o cerebelo no nível histológico se baseava na teoria reticular, não exigindo, portanto, um conhecimento em detalhes das conexões entre as células nervosas⁴²¹. O corte transversal de uma porção do cerebelo indicou a existência de três camadas superpostas: (1) a mais superficial, composta de substância cinzenta, é chamada de camada molecular; (2) a segunda, intermediária, é a camada dos grânulos ou grãos; (3) a mais profunda, situada no eixo de cada lamela, denominada zona da substância branca. A zona molecular era descrita como preenchida por pequenos corpúsculos nervosos de forma indeterminada, enquanto, na zona dos grãos se garantiam a existência de uns pequenos e abundantes corpúsculos, sem, no entanto, se definir sua natureza. Entre ambas as zonas se conheciam células grandes, as células de Purkinje, cujas expansões protoplasmáticas se perdiam na camada molecular e cujo axônio se projetava até a substância branca.

A primeira publicação de Ramón y Cajal sobre o cerebelo saiu em 1º de maio de 1888, na Revista Trimestral de Histologia Normal y Patológica, sob o título de *Estructura de los centros nerviosos de las aves*. Neste artigo, Ramón y Cajal nega qualquer conexão por anastomose que indique a constituição de uma rede celular no

⁴²¹ Franz Joseph Gall empreendeu inúmeros estudos sobre o cerebelo. A coletânea *On the functions of the cerebellum*, de 1838, com artigos de Gall, George Combe (1788-1858), Hufeland, entre outros, é uma boa seleção do que se sabia a respeito do cerebelo. Há inclusive os primeiros artigos em que se associavam o cerebelo a funções reprodutivas.

tecido nervoso. Cada elemento do tecido nervoso observado constitui um universo (*cantón*) fisiológico autônomo. Entre essa primeira publicação e o final de 1889, Ramón y Cajal escreveu 18 trabalhos, entre monografias e notas curtas, expondo seus resultados sobre o cerebelo, retina, medula espinal e lóbulo óptico das aves, ou seja, a estrutura nervosa central onde integram a informação visual. Foram dois os periódicos em que Ramón y Cajal publicava seus resultados, a *Gaceta Médica Catalana* e a *Medicina Práctica*. Ele criou a *Revista Trimestral de Histologia Normal y Patológica* no intuito de publicar todos seus resultados, uma vez que nas outras publicações seus artigos demoravam a sair. A partir de 1889 traduz para o francês alguns de seus trabalhos, já que a comunidade científica européia se concentrava em países de língua alemã e inglesa, principalmente alemã. Ramón y Cajal contou com o apadrinhamento de William Krause para publicar em francês alguns de seus trabalhos no periódico *Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie*, em que Krause era um dos editores. O periódico contava também com artigos em língua inglesa e italiana, além do alemão e francês.

Mesmo com uma produção significativa, Ramón y Cajal não obteve muita visibilidade na comunidade científica, tanto na Espanha quanto fora. Esse cenário mudou após a reunião anual da Sociedade Anatômica Alemã que ocorreu em 1889. Essa reunião é considerada pelos biógrafos de Ramón y Cajal como o ponto de inflexão na maneira como sua defesa do programa neuronal passou a ser aceita na comunidade científica internacional. Van Gehuchten, em discurso de 1913 numa festa em Lorena (Lorraine) em comemoração aos seus 25 anos de carreira acadêmica, fala sobre a postura de Ramón y Cajal na reunião de 1889:

*Cajal estava só, suscitando em torno de si sorrisos incrédulos. Todavia, o vi chegar em Kölliker, então mestre incontestável da histologia alemã, e arrastá-lo a um canto da sala de demonstrações, para mostrar-lhe ao microscópio suas admiráveis preparações e convencê-lo ao mesmo tempo da realidade dos fatos que pretendia ter descoberto*⁴²².

⁴²² Van Gehuchten apud Santarén, 2006, p. 41.

Para Ramón y Cajal, as leis que regem a morfologia e as conexões das células nervosas na substância cinzenta, determinadas em seus estudos sobre o cerebelo, podem ser enumeradas conforme quatro itens: (1) as ramificações colaterais e terminais de todo axônio acabam na substância cinzenta, não mediante rede difusa, conforme defendiam Gerlach e Golgi, assim como a maioria dos neurologistas da segunda metade do século XIX. As ramificações acabam em arborizações livres, dispostas em variedade de formas (cestas pericelulares, ramos trepadores e outros); (2) estas ramificações se aplicam intimamente ao corpo e dendritos das células nervosas, estabelecendo um contato entre o protoplasma receptor e os últimos ramos axônicos; (3) uma vez que o corpo (pericário) e dendrito dos neurônios se constituem estreitamente às raízes dos axônios, é preciso admitir que o soma e as expansões protoplasmáticas participam na cadeia de condução da informação nervosa, ou seja, recebem e propagam o impulso nervoso, contrariamente à opinião de Golgi, para quem tais segmentos desempenhariam um papel meramente nutritivo; (4) excluída a continuidade substancial entre célula, se impõe a opinião de que o impulso nervoso se transmite por contato, como nas articulações dos condutores elétricos ou por um processo de indução.

Esses quatro pontos de síntese dos estudos de Ramón y Cajal sobre o cerebelo são leis indutivas sobre a constituição do tecido nervoso. Cito Ramón y Cajal:

As referidas leis, puro resultado indutivo da análise estrutural do cerebelo, foram confirmadas depois em todos os órgãos nervosos explorados (retina, bulbo olfatório, gânglios sensitivos e simpáticos, cérebro, medula espinal, bulbo raquideo etc). Ulteriores trabalhos nossos e alheios (Kölliker, Retzius, Van Gehuchten, His, Edinger, Lenhossék, Athias, Lugaro, Pedro Ramón, Claudio Sala entre outros), revelaram que as referidas normas estruturais e fisiológicas se aplicavam, também, ao sistema nervoso de vertebrados e invertebrados. Segundo ocorre com todas concepções legítimas, a minha foi

*consolidando e ganhando progressivamente em dignidade conforme se acrescenta o círculo da exploração comprobatória*⁴²³.

O aperfeiçoamento da técnica desenvolvida por Golgi do nitrato de prata foi fundamental para o sucesso das descobertas de Ramón y Cajal. O método consiste basicamente em submeter as peças, após extraí-las da solução de nitrato de prata, a um novo tratamento com banho em uma solução de ósmio-bicrômico e a outra impregnação argêntica. As modificações nas proporções do ácido ósmico, bicromato e o tempo de ação são menos significativas para os resultados. Esse método, também chamado de método duplo, permitiu obter impregnações constantes de regiões ganglionares, retina e outros sítios difíceis de se observar. Ramón y Cajal observou que quanto mais jovem era o tecido examinado do embrião, menos tempo de endurecimento na mistura de ósmio e bicromato era necessário para se obter boas colorações. Golgi e seus discípulos fixavam as peças durante cinco ou mais dias, enquanto Ramón y Cajal não as deixava passar de um dia na solução.

Os estudos do tecido nervoso se beneficiaram de técnicas estudadas nas décadas que precederam a década de 1880 e que tinham como objeto outros tecidos. A investigação sobre a estrutura tecidual do sistema nervoso seguia duas matrizes orientadoras na preparação do material a ser examinado. A primeira se refere à investigação em tecido de animal adulto. Esse recurso, conhecido pela dissociação mecânica (Deiters) ou química, era o mais frequentemente utilizado nas pesquisas. Weigert e Golgi isolavam cada forma celular ou cada fibra pelo que se convencionou chamar ‘separação óptica’. Esse método era caracterizado pela desapareição ou incoloração da maioria dos fatores integrantes da substância cinzenta. O problema nesse método era que, devido à enorme extensão e extraordinária frondosidade do ramo nervoso, inevitavelmente se mutilava matéria importante para a análise. O segundo método, chamado por Ramón y Cajal de *método ontogênico*, consiste em examinar tecidos animais (nos primeiros trabalhos de Ramón y Cajal apenas eram utilizados aves e

⁴²³ Ramón y Cajal, 2006a, p. 401.

mamíferos) em diferentes fases do desenvolvimento. Sobre o método ontogênico Ramón y Cajal diz o seguinte:

(...) escolhendo bem a fase evolutiva⁴²⁴, ou de maneira mais clara, aplicando o método antes do aparecimento da bainha medular dos axônios (obstáculo à reação), as células nervosas, relativamente pequenas, destacam-se íntegras em cada corte; as ramificações terminais do axônio aparecem claras e perfeitamente livres; os sítios pericelulares, isto é, as articulações interneuronais, aparecem simples, adquirindo gradualmente complexidade e extensão; em suma, surge ante nossos olhos, com admirável clareza e precisão, o plano fundamental da composição histológica da substância cinzenta. A reação cromo-argêntica, incompleta e ao acaso no adulto, proporciona nos embriões esplêndidas, singularmente extensas e constantes imagens⁴²⁵.

A utilização de tecidos animais em diferentes fases do desenvolvimento não é proposta pela primeira vez por Ramón y Cajal. O próprio Golgi já o havia utilizado, sem, no entanto, insistir na metodologia, acreditando não ser de muita valia. Conforme dito antes, Ramón y Cajal inicia seus estudos sobre o cerebelo em aves jovens e adultas, se dirigindo depois ao cerebelo de pequenos mamíferos. A associação entre o axônio das células estreladas pequenas da camada molecular do cerebelo feita por Ramón y Cajal marca a primeira vez que se descreve de modo claro e conclusivo a terminação das fibras nervosas na substância cinzenta (figura 33).

⁴²⁴ É importante alertar que a fase evolutiva referida aqui por Ramón y Cajal se refere à fase da ontogênese e não à filogênese.

⁴²⁵ Ramón y Cajal, 2006a, p. 403.

Figura 33: corte transversal de uma lâmina do cerebelo. Ramón y Cajal chamava esse tipo de imagem de figura semi-esquemática. A e B: células estreladas da camada molecular cujo axônio (a) gera nós terminais em torno das células de Purkinje (C); b: axônio destes últimos corpúsculos. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 793).

Pode-se notar como o axônio das referidas células estreladas marcham na direção transversal à circunvolução cerebelar (figura 33). Esses axônios descrevem um curso arqueado e emitem inúmeros ramos colaterais. Esses ramos engrossam progressivamente. Ramón y Cajal insiste no ‘encontro’ de um tipo especial de fibra aferente (centrípeta) na camada granular, tanto no cabo final como em seus ramos colaterais. Outra conclusão a que chegou com os experimentos sobre os centros nervosos das aves em 1888 foi a descrição e confirmação dos dendritos dos corpúsculos de Purkinje e, em geral, de toda prolongação protoplasmática de uma espécie de ‘cabelo’ de finíssimo e curtos apêndices.

Figura 34: Corte longitudinal de uma circunvolução cerebelar. A: camada molecular; B: camada das células de Purkinje; C: Camada granular; D: substância branca; a: rosáceas das fibras musgosas; b: soma (pericário) das células de Purkinje; c: fibrilas paralelas; d: grânulos com seus axônios ascendentes; e: divisão destes axônios. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 793).

A segunda publicação com os resultados obtidos sobre o cerebelo data de agosto de 1888 na *Revista trimestral de histologia normal y patológica*. Algumas descobertas e interpretações merecem um destaque. A descoberta do axônio delicado dos grãos (células muito pequenas da segunda região do córtex cerebelar), a qual podemos observar (figura 34, d, c) ascender até a camada molecular. Em alturas distintas para

cada célula, vemos uma divisão em ângulo reto e a produção de dois sutis ramos orientados no sentido oposto (figura 34, e). Estas projeções (Ramón y Cajal as chamou de fibras paralelas) marcham paralelamente no sentido da circunvolução cerebelar e, portanto, em direção normal ao ramo das células de Purkinje. Preenchem todos os interstícios da zona molecular e, por um longo trajeto, acabam nos extremos de cada lâmina. Sobre essas projeções Ramón y Cajal disse:

*(...) tão geral é sua existência e uniforme sua disposição, que se encontra quase com as mesmas características em toda série dos vertebrados, desde o peixe até o homem. Constituem um fator importante do centro cerebeloso*⁴²⁶.

A descoberta das fibras trepadoras (figura 34) é outro ponto significativo do artigo. Estes robustos condutores emanam dos gânglios da protuberância. Invadem o eixo central das lâminas cerebelosas, sem ramificar-se na camada granular, e se estendem ao plano das células de Purkinje até, enfim, o soma (pericário) e à fibra principal desses elementos, os quais se adaptam estreitamente. Levadas ao nível dos primeiros braços do tronco dendrítico, essas fibras decompõem-se em plexos paralelos serpenteantes que ascendem ao longo dos ramos protoplasmáticos, cujo contorno se aplicam à fibra das arborizações (figura 34, a).

A importância das descobertas das fibras trepadoras e das fibras musgosas por Ramón y Cajal, e depois confirmadas por outros pesquisadores, configura uma das fortes evidências da transmissão dos impulsos nervosos por contato. Em síntese, a figura 35 apresenta o que se conhecia entre os anos de 1888 e 1889 a partir das pesquisas de Ramón y Cajal sobre o cerebelo. O caráter hipotético das conexões entre células nervosas, contrariando a ideia de redes difusas, assume a partir dos trabalhos de Ramón y Cajal sobre o cerebelo, a posição do que o próprio designou por *indução legítima com todas as garantias de certeza apetecíveis*.

⁴²⁶ Idem, p. 410.

Figura 35: Peça de um corte transversal de uma circunvolução. A: camada molecular; B: camada granular; C: células de Purkinje; a: arborização trepadora; b: axônio de Purkinje; e: axônio vindo da substância branca e ramificado sobre os dendritos das células de Purkinje. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 794).

Figura 36: Corte transversal semi-esquemático de uma circunvolução cerebelar de mamífero. A: zona molecular; B: zona granular; C: zona da substância branca; a: célula de Purkinje vista no plano; b: células estreladas pequenas da zona molecular; d: arborizações finais descendentes que rodeiam as células de Purkinje; e: células estreladas superficiais; a: grânulos com suas prolongações ascendentes bifurcadas em i; h: fibras musgosas; j: célula neuroglia da pluma; n: fibras trepadoras; m: célula da neuroglia da zona granular; f: células estreladas grandes da zona granular. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 793).

11.4. Conclusões gerais sobre a morfologia do tecido nervoso

As primeiras ideias contrárias ao programa reticular foram professadas por His e Forel e encontraram um entusiasta em Ramón y Cajal. Algumas conclusões sobre a estrutura fina do sistema nervoso a que Ramón y Cajal chegou podem ser enumeradas da seguinte maneira (trata-se de conclusões gerais sobre o tecido nervoso): (1) com o encontro das cestas terminais e as fibras trepadoras, Ramón y Cajal demonstrou que o contato não se verifica entre dendritos somente, nem entre arborizações nervosas, mas sim entre estes, de uma parte, e o soma e prolongações protoplasmáticas neuronais, de outra; (2) a lei de transmissão por contato adquire adequação empírica na análise estrutural da retina e dos centros ópticos⁴²⁷ (2.1) demonstração de que os cones e bastonetes terminam livremente no nível da camada plexiforme externa, articulando-se com a pluma exterior de células bipolares (figura 37); (2.2) descoberta, debaixo da camada plexiforme externa, de uns elementos especiais em forma de escova e providos de dendritos ascendentes repartidos na dita zona (figura 37, h); (2.3) trabalho das fibras centrifugas da retina, ou seja, de uma categoria especial de fibras do nervo óptico que, depois de cruzar a zona plexiforme interna, acabam por uma arborização livre entre os espongiblastos; (2.4) descoberta da massa de Landolt nas células bipolares das aves e as colaterais das expansões descendentes destas (Dogiel publica resultados com a mesma descoberta no *Anatomischen Anzeiger* em maio de 1888); (2.5) descrição de tipos morfológicos novos de espongiblastos (células nervosas isentas de axônios); (2.6) demonstração de vários níveis de arborização nervosa na zona plexiforme interna, revelando que, nestes níveis, os dendritos das células ganglionares se relacionam por contato com a ramificação descendente e ramos colaterais das células bipolares e não mediante rede difusa, conforme descrito por Tartuferi na retina dos mamíferos (figura 38, A, B); (2.7) exposição de detalhes morfológicos das fibras de Müller nas aves; (2.8) Pode-se notar como as séries de neurônios (cones, bastonetes, bipolares e ganglionares) se articulam segundo planos concêntricos (figuras 36, 37, 38 e 39).

⁴²⁷ Ramón y Cajal, 1888.

Figura 37: Camada granular externa e plexiforme externa da retina das aves. a, b, d: variedades de cones; c: bastonetes; h: células horizontais.(Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 795).

Figura 38: Esquema onde se observam as conexões entre os diversos neurônios das aves e o trajeto do impulso nervoso. A: células bipolares. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 795).

Figura 39: Algumas células ganglionares (B, C) da retina das aves; e, b, d, f: arborização final das fibras centrifugas; A: célula ganglionar deslocada. (Fonte: Ramón y Cajal, 2006a, p. 796).

12. A evolução do sistema nervoso

12.1. Aspectos evolutivos do sistema nervoso na obra de Ramón y Cajal

A maneira como Ramón y Cajal entende a evolução do sistema nervoso na série zoológica constitui ponto central nessa pesquisa. A proposição da teoria neuronal vista tão somente a partir dos resultados experimentais (capítulos 10 e 11), circunscreve o conceito de unidade morfofuncional da célula nervosa (neurônio) em um conjunto de teses fixas sobre a estrutura histológica do tecido nervoso. É na compreensão do sistema nervoso em termos evolutivos que se compreende a gênese de um conceito chave para entender o pensamento cajaliano nas suas nuances, o conceito de plasticidade.

A evolução do sistema nervoso no pensamento de Ramón y Cajal pode ser examinada destacando três níveis distintos onde ocorrem modificações tanto na ontogênese quanto na filogênese⁴²⁸. Esses níveis são: (1) nível celular: modificações na morfologia celular; (2) nível histológico: modificações nas conexões entre as células, nível este que representava para Ramón y Cajal o nível onde ocorrem as modificações mais significativas no sistema nervoso; e (3) nível global ou na estrutura do sistema nervoso direto em relação a outros órgãos do organismo e ao mundo exterior de maneira mais integrada. Apesar da distinção em níveis, há profunda articulação entre esses níveis.

Outro ponto importante na análise da evolução do sistema nervoso na obra de Ramón y Cajal se refere ao papel dinâmico que se deve adotar na compreensão da teoria neuronal. Diferentemente do que pode ser atribuído ao conceito de unidade básica do sistema nervoso e com o conhecimento que se obteve, principalmente, a partir da segunda metade do século XX sobre as conexões entre as células, Ramón y Cajal

⁴²⁸ Ramón y Cajal foi um entusiasta da teoria da recapitulação. Sua compreensão da evolução do sistema nervoso em níveis distintos faz referência direta à noção de que a ontogênese recapitula, parcialmente, o desenvolvimento filogenético.

concebia um sistema nervoso em que a compreensão funcional do mesmo não se dava exclusivamente no nível celular, mas sim nas conexões que as células estabeleciam com outras numa intrincada rede (Teulón, 1983, chamou de concepção supracelular esse tipo de visão do orgânico). O conceito de um sistema nervoso plástico é justamente o que garantiria uma maior eficiência adaptativa ao organismo se suas conexões se dessem por contiguidade e não por uma rede, o que não exclui a ideia de que para compreender funcionalmente esse mecanismo seja necessário conceber uma rede, mesmo que essa rede considerada não se constituísse como tal no nível anatômico.

A tese defendida aqui é que, apesar da quantidade imensa de resultados experimentais a favor da individualidade da célula nervosa, Ramón y Cajal se orientava por um conceito regulador daquilo que era um dado: *os organismos são plásticos na sua interação com o ambiente*, sendo assim, o conceito de plasticidade assume um papel nuclear e a individualidade da célula nervosa se torna corolário dessa necessidade evolutiva do organismo em seu processo de desenvolvimento, tanto para a ontogênese quanto para a espécie (filogênese).

A ideia de um sistema nervoso como órgão central na organização e geração dos comportamentos orienta boa parte das pesquisas histológicas acerca da estrutura fina do sistema nervoso numa chave evolutiva. Propriedades como sensação, pensamento e vontade são, numa perspectiva estritamente evolutiva, derivadas da evolução do sistema nervoso. A irritabilidade é considerada uma propriedade fundamental da célula em meados da segunda metade do século XIX⁴²⁹. Dessa maneira, a aparição de flagelos nos infusórios representaria um aumento no raio de ação, tanto sensível como motor. Outro papel importante dos flagelos se refere à concentração em determinados lugares dos fenômenos sensitivos, outrora espalhados pelo organismo⁴³⁰.

A organização dos fenômenos sensitivos e a *divisão do trabalho* somente ocorrerão, segundo Ramón y Cajal, nos organismos pluricelulares. Ramón y Cajal lança mão frequentemente da expressão *solidariedade funcional* para descrever a

⁴²⁹ Maestre de San Juan, 1885.

⁴³⁰ Ramón y Cajal, 1899a.

especificação funcional nos organismos. Ele delimita o que podemos entender como a origem de um proto-sistema nervoso que se realizaria nos celenterados e menciona os trabalhos dos zoólogos Blanchart, Hertwit, Zoja e Wolff, que identificam nos pólipos já um *proto-sistema nervoso* composto de duas classes distintas de neurônios: os motores e sensitivos.

Uma terceira classe de células nervosas surgirá nos vermes. O neurônio de associação (interneurônio). Para Ramón y Cajal, a compreensão desses primeiros aglomerados de células nervosas (proto-sistema nervoso) assume papel central na solução do problema sobre a origem e diferenciação do sistema nervoso. Cito Ramón y Cajal sobre as vantagens que os organismos obtiveram com a diferenciação do neurônio de associação:

(...) a excitação sensitiva pode propagar-se não somente aos corpúsculos motores de um gânglio, mas aos residentes nos outros; desta sorte o animal é capaz de reagir, recebida uma excitação em um lugar qualquer da pele, pondo em atividade uma grande parte ou acaso a totalidade do aparato locomotor⁴³¹.

⁴³¹ Idem, p. 03-04.

Figura 40:

Esquema do sistema nervoso de um verme com três tipos de neurônios (combinado a partir de uma figura de Retzius e outra de v. Lenhossék). A – células sensitivas da pele; B – células motoras homolaterais dos gânglios centrais; C – células motoras cruzadas; E – célula motora multipolar; G – ramificações terminais no músculo do neurônio motor; I – células de associação interganglionar. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 04).

A semelhança morfológica entre os corpúsculos de associação é um ponto de destaque nas conclusões apresentadas por Ramón y Cajal. A característica desses corpúsculos se dá por suas ramificações advirem de um ou vários focos ganglionares, associando ramos terminais sensitivos de um gânglio com neurônios motores de outro. Ramón y Cajal descreve o surgimento de um quarto tipo de célula nervosa, o *neurônio*

psicomotor, centrando-se no gânglio cerebroide ou cérebro, de onde ‘coordena’ os demais. Para Ramón y Cajal, a informação que chega à pele através da célula bipolar sensitiva marcha em direção ao foco ganglionar correspondente, de onde pode inervar os músculos a favor do contato estabelecido entre a arborização central sensitiva e as expansões dos neurônios motores. À medida que se ascende na escala animal, afirma Ramón y Cajal, um novo anel surge intercalado entre o neurônio sensitivo e o neurônio motor.

O quarto tipo de célula nervosa a surgir na série animal e a que Ramón y Cajal nomeou de *célula psico-motriz* (Ramón y Cajal a designava também por *neurônio psicomotor*), encontra-se no gânglio cerebroide dos invertebrados e no encéfalo dos vertebrados. Sua função é levar aos focos nervosos informações (*órdenes de la voluntad*), excitando neurônios motores. Ramón y Cajal propõe uma classificação da série zoológica em função da presença dos tipos celulares: (1) unicelulares e espongiários: época da irritabilidade; (2) celenterados: época dos neurônios fundamentais; (3) Invertebrados inferiores: época dos neurônios de associação; (4) vertebrados: época do neurônio psico-motriz.

A classificação acima sugerida por Ramón y Cajal não pressupõe saltos entre os grupos. Dentro de parâmetros evolutivos, o aperfeiçoamento que cada época imprime ao antecessor orienta nos neurônios psico-motrizes o que Ramón y Cajal chamou de a *solidariedade funcional* de todo o organismo.

*A preponderância e ação diretriz inibidora e excitadora do gânglio cerebroide é um dos fenômenos mais surpreendentes que nos oferece a evolução do sistema nervoso. Com ela surgem a memória, a vontade e a inteligência. Posto que entre os neurônios do gânglio cerebroide e os que povoam os focos do esôfago e abdominais não existem substanciais diferenças estruturais, morfológicas, químicas e evolutivas, a que se deve essa superior hierarquia alcançada por dito foco ganglionar encefálico?*⁴³²

⁴³² Idem, p. 07.

A superioridade do neurônio psicomotor presente nos invertebrados superiores e vertebrados se deve à maneira como estabelece as informações captadas do ambiente. Para Ramón y Cajal, a principal causa desse fenômeno resulta das relações dinâmicas estabelecidas entre o gânglio cerebroide e o ambiente. Em vez de receber deste, semelhante aos gânglios abdominais, meras informações excitatórias táteis e térmicas, recebe pelos órgãos dos sentidos impressões previamente organizadas, verdadeiras imagens do mundo exterior com relações fixas de espaço e tempo.

No prólogo do livro de Pelaez⁴³³, Ramón y Cajal descreve a maneira como o órgão de Corti e os cones e bastonetes da retina funcionam como filtro, operando em complexos movimentos recebidos do ambiente uma seleção de ondulações organizadas em imagens e posteriormente projetadas sobre o córtex, o qual as transforma em sensações, ideias e volições.

Dessa maneira, obtém-se o corolário de que não necessita o cérebro dos vertebrados ou o gânglio encefálico dos invertebrados criar imagens. As imagens se dão feitas e perfeitamente organizadas, com matizes de intensidade proporcional à energia dos estímulos, nos órgãos dos sentidos, cuja maravilhosa arquitetura constitui a causa primordial da atividade mental superior dos animais.

A relação entre a morfologia e composição química da célula e o ambiente serve de parâmetro para a descaracterização dos programas experimentais e teóricos como programas opositores. Cito Ramón y Cajal:

*Em uma palavra, a morfologia e a composição química de uma célula, por ser tão importante para a forma do trabalho psíquico, não determinam exclusivamente a hierarquia deste, que depende principalmente da qualidade da excitação recebida do mundo exterior*⁴³⁴.

⁴³³ Ramón y Cajal, 1897.

⁴³⁴ Ramón y Cajal, 1899a, p. 07.

Se tal relação (excitação proveniente do ambiente) é incerta e difusa, ou seja, sem relações precisas de extensão e forma, a elaboração desta matéria prima da sensação não dá origem sim a impulsos motores e a representações conscientes associadas ao ato de resposta medular. Ramón y Cajal menciona como exemplo as informações táteis e térmicas chegadas aos gânglios abdominais dos invertebrados e à medula espinhal dos vertebrados. Concorda com a explicação apresentada por Durand de Gros e Forel com relação a uma resposta consciente medular⁴³⁵.

A hipótese de se atribuir consciência aos centros nervosos inferiores, em particular à medula espinal, foi inicialmente defendida por Pflüger e posteriormente ampliada por Durand e Forel. Esta hipótese objetiva preencher o espaço deixado pela diferença entre o gânglio cerebral e os focos nervosos simpáticos e medulares. Para Ramón y Cajal, se o nervo óptico termina diretamente na medula, essa elaboraria, ao invés de excitações motoras, imagens visuais. Em concordância a essa ideia menciona o princípio de Pflüger em que se pressupõe que *a causa de uma necessidade orgânica é também a causa da satisfação desta necessidade*.

12.2. A teoria da recapitulação da filogênese na ontogênese

A tese de que ao final do século XVIII o pensamento progressista e histórico substituía as teorias cíclicas ou estáticas da natureza é retomado por Stephen Jay Gould⁴³⁶ como condição prévia para teorias da epigênese e a evolução, ademais, a aceitação comum da ideia de recapitulação. O conceito de natureza na modernidade, apresentado por Collingwood⁴³⁷, identifica três componentes principais: (a) a mudança se dá de maneira progressiva e não mais cíclica; (b) a natureza já não mais se concebe em termos mecânicos e; (c) se reintroduz a ideia de teleologia. Em meados do início do século XIX, a partir do triunfo da teoria da epigênese sobre o pré-formacionismo, esta

⁴³⁵ Forel, 1896; Durand apud Ramón y Cajal, 1899a.

⁴³⁶ Gould, 2010.

⁴³⁷ Collingwood, 1950.

encontrou alento na então nascente ciência da embriologia. Conforme as palavras de Lorenz Oken (1779-1851), extraído de Gould:

*A teoria da pré-formação contradiz as leis do desenvolvimento da natureza*⁴³⁸.

Foi primeiro com os *Naturphilosophen* que a recapitulação se tornou uma teoria central. Segundo Gould existe um debate histórico sobre a autoria na proposição da recapitulação entre Johann Wolfgang Goethe (1749-1832), Johann Gottfried von Herder (1744-1803) e mesmo Carl Friedrich Kielmeyer (1763-1844). Porém, Heinrich Ferdinand Autenrieth (1772-1835), em 1797, teria sido o primeiro a aplicar a ideia de recapitulação à morfologia. No programa romântico da Naturphilosophie, a ideia de recapitulação estava, recorrentemente, separada da noção de evolução. Cito Gould:

*(...) a recapitulação não requer a crença na evolução, porque os estágios embrionários podem conformar uma sequência estática, porém ascendente ao longo da cadeia do ser igualmente como fazem as passagens de uma linhagem real*⁴³⁹.

A metáfora de que o reino animal é um organismo fez com que muitos Naturphilosophen considerassem que animais inferiores fossem estágios intermediários de um processo de desenvolvimento que conduz inextricavelmente ao homem. A partir daí, a comparação dos animais inferiores com os estágios no desenvolvimento humano resultaria inevitável.

Para Oken, todo desenvolvimento se inicia de um zero original e avança por meio da adição sucessiva de órgãos até a complexidade⁴⁴⁰. Esse princípio ou lei do desenvolvimento deveria se estender a todos os processos, à ontogenia humana, à história das espécies e mesmo à evolução da terra. A sequência do desenvolvimento pela adição de partes segue a ordenação dos quatro elementos aristotélicos, em transposição

⁴³⁸ Oken [1810] apud Gould, 2010, p. 49.

⁴³⁹ Gould, 2010, p. 51.

⁴⁴⁰ Idem.

aos órgãos dos animais. A sequência segue pelos processos em associação entre si: (1) da terra: nutrição; (2) da água: digestão; (3) do ar: respiração; e (4) do éter (fogo): movimento. O homem, possuidor de todos os órgãos (processos) representa um microcosmo guardando, em relação com o cosmo, toda sua completude.

*O reino animal é somente um desmembramento do mais sublime dos animais, ou seja, o homem*⁴⁴¹.

Como corolário dessa proposta, a posição de qualquer animal na cadeia única de classificação dependeria, portanto, do número de órgãos que tal animal possuísse. Gould entende que, alternativamente aos *Naturphilosophen*, os morfologistas transcendentalistas franceses apresentavam uma proposta interessante. A figura de Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1779-1844) é representativa nesse debate. A vertente francesa compartilhava a crença de que os animais estão construídos segundo um plano estrutural simples, a ideia de uma cadeia do ser e a crença na recapitulação. Essa contraposição entre os *Naturphilosophen* e os *transcendentalistas franceses* é apontada por Gould pela diferença entre dois programas de pesquisa em biologia em que se adotaram a recapitulação por distintas razões.

Para os *naturphilosophen*, a recapitulação era uma simples consequência de crenças apriorísticas e que não necessitava justificação em termos mecânicos, enquanto que, para os evolucionistas posteriores (Gould entende que a vertente morfológica francesa orientou a visão evolucionista que se desenvolveria ao longo do século XIX), a recapitulação se converteu em uma observação que exigia uma explicação causal.

A recapitulação assumiu nas primeiras décadas do século XIX o papel de princípio orientador da pesquisa. A teoria das interrupções do desenvolvimento é um exemplo. A recapitulação, interna ao exame da teratologia⁴⁴², indicava que partes anormais no

⁴⁴¹ Oken [1810] apud Gould, 2010, p. 57.

⁴⁴² Na introdução da dissertação apresentada na Escola Médico-Cirúrgica do Porto em 1884, o cirurgião Bernardo Joaquim da Silva e Cunha (1859-?) disse: *A teratologia, como todas as ciências naturais, devia percorrer, e efetivamente percorreu, três fases sucessivas na sua longa evolução: uma primeira,*

desenvolvimento do feto significavam o retardamento ou ausência de força no desenvolvimento de determinadas partes. O atraso no desenvolvimento de partes do corpo poderiam indicar a conservação da característica de algum animal inferior na escala zoológica. Um exemplo dessa interpretação apresentado por Gould pode ser a dissecação feita por Antoine Étienne Renaud Augustin Serres (1786-1868) de um feto sem cabeça (figura 41). Cito Gould:

preparatória, empírica, durante a qual se acumularam os fatos, bem ou mal observados; uma segunda em que se procurou estabelecer distinções entre os diferentes tipos das anomalias, conhecer melhor a sua organização e as relações mutuas, classificá-las e coordená-las segundo essas relações; e uma terceira fase, finalmente, em que se procura a origem e modo de formação dessas anomalias. As leis que presidem seu aparecimento e desenvolvimento. (Silva e Cunha, 1884, p. 02). As fases correspondem ao que Silva e Cunha chamou de fase fabulosa (primeira fase, da antiguidade até início do século XVIII), fase positiva (segunda fase, início do século XVIII até meados do final do mesmo século, em que se caracterizou pela busca das causas das monstruosidades) e fase científica (final do século XVIII em diante, esta fase se caracterizou pelo progresso da embriologia e a derrocada do pensamento pré-formacionista em detrimento da teoria epigenética). Uma marca da passagem do primeiro ao segundo período é que conforme afirma o autor: (...) *os monstros, se já não eram precursores de calamidades ou obras de satanás, eram ainda considerados por muitos como jogos da natureza (ludus naturae), como se esta, enfasiada de criar tipos uniformes, sentisse a necessidade de variar a sua obra.* (Idem, p. 06). Dada a pouca amplitude explicativa dessa ‘teoria’ dos jogos da natureza, o cenário que emerge no início do século XVIII é das explicações que postulam a pré-existência dos monstros e as explicações que negavam-na. São os modelos da pré-formação e da epigênese. Cito Silva e Cunha: *Como conceber a origem dos monstros segundo o sistema da preexistência? Para Lemery, a sua formação era devida a causas acidentais, na maior parte mecânicas, que modificavam mais ou menos organizações primitivamente normais. Esta opinião tinha sido há muito apresentada por Swammerdam, Mallebranch e outros. A teratologia ficava assim reduzida a um simples capítulo da anatomia patológica.* (Idem, p. 08). Os experimentos de Abraham Trembley (1710-1784) que demonstraram a faculdade que os organismos tem de se reproduzir e regenerar uma parte de si mesmo trouxeram uma possibilidade de solucionar a questão. Para Silva e Cunha, os resultados de Trembley acarretavam a questão de como deveria conciliar a ideia de pré-existência com a observação das regenerações. Cito Silva e Cunha: *Se negarmos que um animal possa dar origem a outro, e se supõe que ele mesmo existe em um estado rudimentar desde o momento da criação da sua espécie, como conceber que, privado de qualquer órgão, possa reproduzi-lo muitas vezes, indefinidamente, como se observa em certas espécies? Era necessário abandonar a pré-existência ou negar a regeneração.* (...) *Foi levado por essas ideias, que Wolf iniciou uma série de observações, dentre as quais, uma demonstra de maneira clara a falsidade da doutrina da pré-existência. Refiro-me à formação do tubo intestinal. Observou Wolf, e essa observação tem sido confirmada pelos embriologistas subsequentes, que este órgão se forma à custa de uma lâmina que se destaca da face inferior do embrião; esta lâmina adquire em seguida a forma de uma goteira, e finalmente, de um tubo; o intestino primordial.* (Idem, p. 11-12). Para um estudo mais detalhado há a obra monumental em oito volumes de Cesare Taruffi: ***Storia della Teratologia***. Bologna: Regia Tipografia, 1881. Já um estudo de caso da influência da teratologia na cultura ver: Micks, G. ***Am I a monster? Teratologia del quotidiano in Jane Eyre***. In: Ettorre, E et al. *Il corpo del mostro: metamorfosi letterarie tra classicismo e modernità*. Napoli: Liguori editore, 2002.

*Serres (1860) dissecou um feto gravemente deformado que faltava a cabeça. Posto que os bivalves são invertebrados acéfalos superiores, Serres buscou outros pontos de semelhança com os moluscos na hora de tentar identificar o estágio de detenção desta monstruosidade. Advertia que sua placenta era demasiado pequena para a respiração adequada e identificou algumas bolsas e seios nas costas, ombros e braços como órgãos de respiração cutânea acessória; estes se encontram cheios de líquido e estavam rodeados de artérias e veias. Assim, a recapitulação servia como uma hipótese útil para dirigir a investigação. A ausência de cabeça sugeria uma posição dentro dos moluscos; isto ditava uma busca de respiração cutânea. Os moluscos, tal como se definem na atualidade, se baseiam muito pouco em seu manto para a respiração; Serres tinha em mente o braquiópode *Lingula* e os tunicados. Ambos se situam atualmente em filões diferentes⁴⁴³.*

Figura 41: **A:** Feto abortado espontaneamente, deformado e sem cabeça, dissecado por Serres. **B:** Bolsas no dorso do feto, identificados por Serres como órgãos de respiração cutânea acessória e que utilizou para identificar o estágio do aborto como um molusco. (Fonte: Gould, 2010, p. 68. [1860]).

A deformação do feto (figura 41 A) não significa que seja um bivalve⁴⁴⁴. O bivalve representa simplesmente um estágio na sequência unilinear do progresso

⁴⁴³ Gould, 2010, p. 67-69.

⁴⁴⁴ Animais aquáticos que pertencem ao filo *mollusca* são popularmente designados por bivalves.

orgânico. Para Gould, esse caso ilustra o que ele chamou de *lei de desenvolvimento centrípeto* de Serres. Tal lei afirma que a ontogenia avança de fora para dentro. A respiração cutânea é anterior e mais primitiva que por meio de brânquias e pulmões, pois, é externa. A teoria teratológica de Serres identifica os invertebrados como somente monstruosidades vivas, principalmente, quando em comparação aos vertebrados. A eficiência da recapitulação nos estudos de teratologia sofrerá uma forte crítica por parte de von Baer.

A teoria proposta por Serres permitia, a partir de casos de malformações nos estágios embrionários, admitir que essas malformações seriam estágios detidos no desenvolvimento. Essa conclusão se devia ao conceito de recapitulação. No entanto, há uma terceira conclusão que von Baer advertiu e que se refere ao fato de que os estágios embrionários detidos no desenvolvimento não poderiam ser considerados condições permanentes de animais inferiores (no caso do feto sem cabeça, considerá-lo um molusco). Esta terceira proposição foi o principal alvo da crítica de von Baer.

Gould lista seis momentos da crítica de von Baer à recapitulação, que em síntese, são: (1) há inúmeros traços dos embriões que não se encontram nos animais adultos; von Baer recorre a dois exemplos, a placenta como uma adaptação à vida uterina e o surgimento dos incisivos dos mamíferos como primeiros dentes a surgir na ontogenia, sem no entanto, serem únicos no animal adulto. (Segundo Gould, Haeckel utilizou estes dois exemplos como categorias de cenogênese⁴⁴⁵, dessa forma, a placenta nada mais seria que uma adaptação transitória na vida embrionária e a aparição cedo dos incisivos uma heterocronia); (2) o contexto em que se desenvolve o embrião impossibilitaria qualquer repetição completa de formas inferiores na série animal. Um exemplo pode ser pensado a partir de um embrião de um mamífero que, imerso no líquido placentário, jamais poderia se tornar uma ave ou um inseto; (3) não se observam correspondências

⁴⁴⁵ Gould apresenta duas conceitualizações distintas para esse termo. (1) Haeckel considera serem exceções a repetição da filogênese na ontogênese, produzidas por heterocronia (deslocamento temporal), heterotopia (deslocamento espacial) ou adaptação larvária. (2) Segundo De Beer, adaptações introduzidas em estágios juvenis que não afetam o curso subsequente da ontogenia (o significado atribuído ao termo por Haeckel é mais amplo que o de De Beer, que inclui somente uma das categorias propostas por Haeckel).

completas entre o embrião e um adulto inferior. O embrião de um frango, por exemplo, possui em determinado momento um coração e uma circulação semelhante a alguns peixes, no entanto, se observa a ausência de inúmeras estruturas constituinte dos peixes adultos; (4) invertendo o pressuposto da recapitulação, traços transitórios na ontogenia de animais inferiores apareceriam em estágios adultos de animais superiores. (Gould usa como o exemplo o cérebro humano que inclusive, pode ser uma representação de um caso de pedomorfose, conservação de características juvenis ancestrais por parte de estágios ontogenéticos posteriores de descendentes); (5) estruturas que possuem em comum embriões superiores e os adultos inferiores nem sempre se desenvolveram nos embriões na mesma ordem, como implicará sua aparição em uma sequência de adultos inferiores; (6) as partes que caracterizam os grupos superiores deveriam aparecer tarde na embriologia, porém, frequentemente não o fazem. A coluna vertebral do frango, por exemplo, se desenvolve prontamente.

A partir desses seis pontos, Gould sintetiza em dois argumentos o ataque de von Baer à recapitulação. No primeiro argumento, von Baer insiste na ideia de que o desenvolvimento se caracteriza por um processo de individuação, avançando do geral ao particular. O estágio inicial pode ser considerado comum a todos, no entanto, avança no sentido da diferenciação. Cito von Baer:

O embrião do vertebrado já é, ao princípio, um vertebrado; em nenhum momento é idêntico a um animal invertebrado. Um animal adulto que possua o tipo vertebrado e que apresente tão pouca diferenciação histológica e morfológica como os embriões dos vertebrados não se conhece. Assim, em seu desenvolvimento, os embriões dos vertebrados não passam através de nenhum estágio adulto (conhecido) de outro animal⁴⁴⁶.

A oposição de von Baer à ideia da recapitulação, no que Gould chamou de primeiro argumento, levam às suas leis do desenvolvimento. Essas leis são, na verdade, quatro princípios norteadores do desenvolvimento ontogenético. Em síntese, as leis

⁴⁴⁶ Von Baer apud Gould, 2010, p. 75.

afirmam que as características gerais de um grupo de animais aparecem antes no embrião que as características particulares. As características mais específicas se desenvolvem a partir das mais gerais em uma ordem de sucessão até as características mais especializadas. Para cada embrião de uma determinada espécie, ocorre um distanciamento dos estágios de desenvolvimento de outros animais, o contrário do que se pretende com a ideia de recapitulação. A quarta lei pode ser compreendida como corolário da última proposição, pois, o embrião de um animal superior nunca pode ser como um animal inferior em sua fase adulta, uma vez que ocorre distanciamento no desenvolvimento.

O que Gould chamou de segundo argumento de von Baer contra a recapitulação se refere à afirmação de von Baer de que a adoção da ocorrência da recapitulação está necessariamente ligada à hipótese de uma escala unilinear dos animais. Esse ponto da crítica punha à tona a dependência do desenvolvimento tão somente em termos de uma ideia unilinear da ontogênese.

Oken, Meckel e von Baer coincidiram em que uma única tendência de desenvolvimento operava na natureza⁴⁴⁷. Para Oken, era a adição progressiva de órgãos ou capacidades; Meckel considerava que era a coordenação e especialização de partes. Em ambos casos, ocorre recapitulação. Para Oken, o embrião humano começa no caos primogênio do zero e acrescenta órgãos em uma sequência que reflete a ordem dos adultos inferiores, enquanto que para Meckel, o embrião humano começa com partes desordenadas e desenvolve um conjunto integrado de órgãos especializados em uma sequência que vai paralela a série ascendente de adultos inferiores. Von Baer, o terceiro na lista de comparação de Gould, propõe que a tendência única é a diferenciação. Se, como quer von Baer, o desenvolvimento do especial parte do geral, tal condição impede a recapitulação.

Antes de expor a síntese desse debate à luz do evolucionismo na segunda metade do século XIX, há outra proposta interessante de se visitar, a tese do paralelismo triplo de Louis Agassiz (1807-1873). Agassiz, em função da influência do pensamento de

⁴⁴⁷ Gould, 2010.

Cuvier, recusa inicialmente a recapitulação em oposição a sua filiação com o pensamento da Naturphilosophie. A visão de Cuvier de uma ordem permanente em que se poderia obter a compreensão da natureza orgânica mediante a observação, serviria para explicar a recapitulação na obra de Agassiz. Um problema na aceitação da recapitulação após as teses de von Baer era a de que, se o desenvolvimento segue sempre o caminho do geral ao particular, dessa maneira, a ideia de recapitulação, onde no desenvolvimento ontogenético de determinada espécie se retoma estágios de espécies inferiores na escala animal, era inaceitável e contraditória. Cito Gould sobre a contribuição de Agassiz para o problema:

Antes de Agassiz se havia definido a recapitulação como uma correspondência entre duas séries: estágios embrionários e adultos de espécies atuais. Agassiz introduziu uma terceira série: o registro geológico de fósseis. Um embrião repete por vez uma série gradual de formas inferiores atuais e a história de seu tipo tal como fica registrada pelos fósseis. Existe um triplo paralelismo de crescimento embrionário, gradação estrutural e sucessão geológica⁴⁴⁸.

Essa síntese do problema da recapitulação até meados dos anos 1850 permite uma melhor compreensão de como o cenário estava posto para o que Gould chama de *triunfo evolutivo* na resolução da questão. Por volta de 1858, concorriam duas explicações sobre os estágios embrionários. Ambas teorias foram re-significadas à luz da evolução darwiniana. Essas posições eram: (1) a tese de von Baer de que o desenvolvimento avança inexoravelmente do geral ao particular; (2) a tese recapitulacionista de que os estágios embrionários representam formas adultas de animais inferiores.

A recapitulação (aceita por Fritz Muller, Haeckel, Cope, Hyatt entre outros) trazia a promessa de uma chave na compreensão da filogenia. Gould alerta para o fato de que, na segunda metade do século XIX, a relação entre embriologia evolutiva e a ideia de

⁴⁴⁸ Gould, 2010, p. 87.

recapitulação estava tão próxima a ponto dos autores não admitirem, em sua grande maioria, leituras da embriologia, em termos evolutivos, diferentes.

Com a entrada em cena do pensamento evolutivo de maneira mais acentuada na segunda metade do século XIX, se inverte a ordem no triplo paralelismo de Agassiz. Na proposta de Agassiz, o registro fóssil representa uma das três evidências da recapitulação, já na leitura evolutiva, assume a posição de causa primária das outras duas séries. A busca pela compreensão dos mecanismos da recapitulação implicou na resposta sobre de que maneira ocorre a transferência do vestígio de um adulto ancestral de tamanho grande até um embrião minúsculo.

Segundo Gould há somente uma possibilidade de que a recapitulação funcione com uma teoria da evolução. Essa possibilidade se dá mediante continuidade física. Esse mecanismo implicaria em duas hipóteses: (1) a mudança evolutiva tem lugar pela adição sucessiva de estágios ao final de uma ontogenia ancestral inalterada (esta regra admitiu exceções, porém, de pouca importância. Gould se refere a Haeckel, que classificou especificamente todas mudanças evolutivas em adições que conservavam intactas as ontogenias ancestrais (poligenéticas) e modificações que interrompiam as ontogenias ancestrais (cenogenéticas, ou seja, uma adaptação adquirida por uma forma larvária que influi sobre a direção subsequente do desenvolvimento)). Há dois problemas que a adoção dessa primeira hipótese coloca, são eles: (a) muitas linhagens implicam milhões de passagens, as ontogenias se farão impossivelmente longas se cada etapa é uma simples adição a uma ontogenia prévia; (b) geralmente os estágios embrionários têm lugar muito antes no tempo e em tamanhos muito menores que o estágio adulto ancestral que representam. Tem que existir alguma força que opere continuamente para encurtar as ontogenias ancestrais e que, com isso, mantenha o período de desenvolvimento dos descendentes dentro de limites razoáveis. (2) a duração de uma ontogenia ancestral tem que encurtar-se continuamente durante a evolução subsequente de sua linhagem.

Gould chamou a primeira hipótese de *princípio de adição terminal* e a segunda hipótese de *princípio de condensação*. Esses dois princípios foram justificados, de maneiras distintas, por visões de mundo evolucionistas contrárias até o final do século

XIX. Em seu livro *Für Darwin* (A favor de Darwin), de 1864, Fritz Muller retoma a recapitulação, sem, no entanto, assegurar-lhe o caráter universal que seus sucessores atribuiriam.

O mecanismo apresentado por Haeckel⁴⁴⁹ para explicar a recapitulação será de maior importância nesta pesquisa pela proximidade com as ideias de Cajal frente ao problema da relação entre a ontogênese e a filogênese. Segundo Haeckel:

*A filogênese é a causa mecânica da ontogênese. A conexão entre elas não é de uma natureza externa ou superficial, sim de natureza profunda, intrínseca e causal*⁴⁵⁰.

Russell⁴⁵¹ entendeu que a afirmação de Haeckel de que a causa mecânica da ontogenia fosse a filogenia foi apenas retórica. Contrário a posição de Russell, Gould entende que a causação mecanicista da ontogenia, para Haeckel, era tributária da fisiologia. Cito novamente Haeckel em Gould:

*A filogenia é um processo fisiológico que, como todas as demais funções fisiológicas dos organismos, está determinada com absoluta necessidade por causas mecânicas. Ditas causas são movimentos de átomos e moléculas que compreendem o material orgânico. A filogênese, portanto, não é nem o resultado predeterminado, com um fim concreto, de um criador inteligente, nem o produto de alguma espécie de força mística desconhecida da natureza, sim a operação simples e necessária de processos físico-químicos*⁴⁵².

A premissa pela qual a mudança evolutiva tem lugar mediante a adição sucessiva de estágios ao final de uma ontogenia ancestral foi, para Gould, indiscernível no estatuto que a evolução adquiriu em Darwin e Haeckel, incluindo até mesmo Goethe e Lamarck. A segunda premissa da recapitulação evolutiva defendida por Gould é de que a duração

⁴⁴⁹ Para maiores detalhes sobre a tese de Haeckel sobre a recapitulação ver Santos (2011), principalmente, no capítulo segundo, em que o autor examina a lei biogenética fundamental.

⁴⁵⁰ Haeckel [1874] apud Gould, 2010, p. 102.

⁴⁵¹ Russell, 1916.

⁴⁵² Haeckel [1866] apud Gould, 2010, p. 102.

das ontogenias ancestrais deveria encurtar-se continuamente durante a evolução subsequente da linhagem. A natureza deve deixar espaço para as novas características acrescentadas ao final da ontogenia. Esse problema poderia ter sido resolvido ainda no século XIX por leis de herança e, dessa forma, permaneceu em aberto até o início do século XX com a redescoberta do trabalho de Mendel.

12.3. A recapitulação no nível morfológico das células nervosas

Em um artigo sintético e seminal para a compreensão da relação entre a estrutura do sistema nervoso, tanto no nível celular quanto tecidual, publicado em 1894⁴⁵³, Ramón y Cajal apresenta uma série de doze longas proposições acerca da morfologia do neurônio. A tentativa inicial é demarcar sob que parâmetros a morfologia das células nervosas se relaciona com outras grandezas relativas às outras células. Nessa linha de pensamento, conclui Ramón y Cajal que a morfologia do neurônio não depende do volume celular, da função (sensitiva, motora, célula simpática etc), da conformação dos vasos sanguíneos e, também, não encontra relação direta com a configuração exterior das grandes estruturas nervosas que compõem o sistema nervoso.

Apesar da diversidade morfológica dos tipos celulares que constitui o tecido nervoso, é possível falar em convergência estrutural entre as células nervosas com relação às conexões que se estabelecem entre suas expansões (axônios e dendritos) e as demais fibras nervosas terminais de outras células. Ramón y Cajal defendeu que, considerando esse ponto em comum, seria razoável supor que a morfologia das células nervosas de alguma maneira esteja subordinada à configuração da trama nervosa e às relações que seus componentes celulares mantêm entre si. Ele lembra que essa relação é de contiguidade na grande maioria dos casos, e não de continuidade, como queriam os reticularistas.

⁴⁵³ Originalmente seria publicado nas atas do congresso médico internacional em 1894 que ocorreu em Roma. Ramón y Cajal não compareceu ao congresso devido a outro compromisso que surgiu de última hora. Foi publicado nos números 20 e 30 de junho de 1894 em *La Veterinaria Española*. Examinei uma reimpressão em que constam notas de Cajal posteriores à primeira publicação. (Ramón y Cajal, 1894).

O neurônio representa, em toda sua tipologia, uma série de variações evolutivas correspondentes às fases que o neuroblasto de His percorre na ontogenia dos mamíferos. Para Ramón y Cajal, a recapitulação da filogenia pela ontogenia se expressa no nível celular. As fases de evolução embriológicas da célula nervosa em sua correspondência com a filogênese se dão em quatro etapas: (1ª) Formação do neuroblasto de His. Caracteriza-se por ser uma célula piriforme de superfície lisa, com uma só expansão (axônio) e que termina dentro ou fora dos centros nervosos em arborizações livres com pouca extensão. Esta forma encontra-se representada, principalmente, nos gânglios dos invertebrados; (2ª) O neuroblasto se modifica, exibindo duas espécies de expansões, o axônio e os dendritos. Os dendritos geralmente brotam da porção inicial do axônio. Ramón y Cajal considera que esta fase, um pouco modificada, constitui a morfologia permanente de muitos corpúsculos medulares e encefálicos de peixes e batráquios. Caracteriza-se pela ausência de expansões protoplasmáticas basais e laterais do corpo celular; (3ª) No lado interno do neuroblasto, bem como de suas partes laterais, brotam novas expansões protoplasmáticas que se ramificam repetidamente. A consequência é que a célula adquire forma estrelada ou piramidal (4ª etapa).

O último tipo celular que aparece na terceira fase, Ramón y Cajal considerava-o a última etapa ontogênica do neuroblasto, correspondente à maior parte dos elementos nervosos do encéfalo e medula das aves e mamíferos. Em nota posterior à publicação original do artigo mencionado no início da seção, Ramón y Cajal acrescenta que durante o desenvolvimento ontogenético aparecem as vias principais e diretas (axônios e arborizações livres), e somente depois surgem as vias colaterais ou caminhos indiretos.

No que se refere à diferenciação funcional das células nervosas, defende Ramón y Cajal, se observa uma ordem paralela à filogênese, semelhante ao caso da morfologia celular descrita acima. Primeiramente se formam os aparatos sensitivos e motores (células do corno anterior e células bipolares raquídeas com suas vias diretas). Em um segundo momento, se diferencia a célula de associação (elementos dos cordões ou células funiculares da medula e cérebro). Ramón y Cajal se refere às estruturas do sistema nervoso como aparatos de associação. Dessa forma, dentre todos os aparatos, o

cerebral é o último a surgir na série zoológica. O mesmo ocorreu na ordem de formação das estruturas nervosas centrais. Cito Ramón y Cajal:

(...) os primeiros invertebrados dotados de um sistema nervoso distinto, somente possuíam vias sensitivas e motoras, com ligações por axônios diretos entre si. Posteriormente, brotariam as expansões colaterais e surgiriam as vias de associação (células semelhantes às funiculares da medula, em virtude das quais uma só impressão sensitiva pode excitar as ações coordenadas de um grande número de corpúsculos nervosos motores). A seleção e a herança acentuaram e conservaram uma disposição que não poderia ser menos benemérita ao animal⁴⁵⁴.

Nem todas as células nervosas dos mamíferos, no pensamento cajaliano, encontram-se no caminho descrito das fases evolutivas dos elementos nervosos. Um exemplo são os espongioblastos da retina, os grãos do bulbo olfatório e mesmo as células especiais da primeira camada cerebral, as quais não ocorre diferenciação em seus dendritos e axônios. Como explicar que alguns tipos celulares do tecido nervoso tenham sofrido diferenciação na filogênese, enquanto, outros não? Ramón y Cajal afirmou que os vertebrados superiores possuíam elementos nervosos refratários ao desenvolvimento morfológico⁴⁵⁵. Pertenceriam a esse grupo, os aparatos sensitivos (bipolares olfativos, acústicas, monopulares dos gânglios raquídeos entre outras). Todas as células que, segundo os termos utilizados por Ramón y Cajal, seriam refratárias ao desenvolvimento

⁴⁵⁴ Ramón y Cajal, 1894, p. 02-03.

⁴⁵⁵ É importante esclarecer o que Ramón y Cajal entendia pela expressão *progresso morfológico*. Para Ramón y Cajal, progresso na ordem morfológica não se caracteriza por todo aumento no número das expansões do corpo celular. A melhoria da diferenciação morfológica de determinada célula se dá, segundo Ramón y Cajal, quando as expansões nascidas do corpo celular, devido a sua posição e direção, permitam conexões com um grupo maior de elementos do que a configuração anterior. Como exemplo de falso progresso na morfologia celular, ele menciona as células bipolares e monopulares dos gânglios raquídeos, que em nada alteram o curso e as ramificações finais da malha nervosa em questão. Cito Ramón y Cajal sobre o progresso morfológico das células nervosas: “(...) o progresso de uma célula na série filogenética se traduz pela aparição de novas expansões protoplasmáticas, de tal modo dirigidas e situadas, que permitam a criação de novas associações intercelulares.” (Ramón y Cajal, 1894, p. 04). Não poderíamos esperar uma concepção diferente, uma vez que o pensamento cajaliano reconhece, em certa medida, uma subordinação do elemento celular em relação às conexões entre as células na constituição do tecido nervoso.

morfológico, se caracterizam por exibir uma expansão periférica que recebe estímulos do ambiente e outra central (penetrante nos centros nervosos) a cujas células centrais transmitem informação captada do meio. Os órgãos sensoriais não sofreram, em sua estrutura macroscópica, alterações morfológicas dos peixes ao humano.

O cérebro anterior (isocórtex) representa a estrutura onde suas células constituem o conjunto de células que mais evoluíram na diferenciação morfológica. Ramón y Cajal concebia duas maneiras de evolução das células nervosas, por diferenciação (caráter morfológico da célula como um todo, mas principalmente em relação a sua estrutura) e por extensão (modificações nas prolongações celulares longitudinalmente e na possibilidade de novas conexões com outros elementos celulares).

O sistema nervoso sensorial terminou seu desenvolvimento por diferenciação, crescendo somente por extensão⁴⁵⁶. Ramón y Cajal entende que o fato de outros grandes mamíferos possuírem um número maior de células nervosas em regiões sensitivas (gânglios sensitivos, retina, bulbo olfatório, medula espinal) indica que o homem seja o último anel na cadeia evolutiva. O sistema nervoso cerebral, por sua vez, continua progredindo na série zoológica. Tal progresso se dá tanto por diferenciação quanto por extensão das células nervosas.

As estruturas da medula espinal, medula oblonga e cerebelo constituem estruturas de posição intermediária entre o cérebro gangliônico dos invertebrados e o cérebro dos primatas. Conforme se ascende na escala animal, crescem os elementos nervosos mais por extensão que por diferenciação.

A diferenciação dos axônios é mais acentuada conforme se ascende na escala animal. Nos peixes, batráquios e répteis há células em que quase não se consegue distinguir os axônios dos dendritos. Outros fatores que se modificaram significativamente foram o número, extensão e ramificações secundárias e terciárias dos axônios das células piramidais do cérebro. Uma vez que não há evidências de que o tamanho das células nervosas não possui relação direta com a longitude do axônio, nem com a extensão do ramo protoplasmático (dendritos) ou a natureza do ato fisiológico que

⁴⁵⁶ Ramón y Cajal, 1894.

estes desempenham, Ramón y Cajal cogita a possibilidade de que exista alguma relação entre o volume do corpo celular e o diâmetro do axônio e, sobretudo, com o número e robustez das ramificações colaterais e terminais deste. Alguns exemplos utilizados para ilustrar essa ideia são as células de Golgi do cerebelo, as células horizontais grandes da retina e as motoras do corno anterior da medula espinal, uma vez que todas ostentam dilatada e rica arborização nervosa relacionada com um grupo considerável de elementos, enquanto que os grãos do cerebelo (corpúsculos menores) apresentam uma arborização nervosa menor em relação às outras.

Consequentemente a relação entre o volume do corpo celular e o diâmetro do axônio, a riqueza e a longitude das expansões dependeriam do número de fibras nervosas terminais com que cada célula mantém relações de contato. Ramón y Cajal cita como exemplo os espongioblastos da retina e as células monopolares raquídeas, que se caracterizam por não possuírem prolongações protoplasmáticas. Em compensação, as células da medula espinal, do cerebelo e cérebro, ricas em apêndices protoplasmáticos (dendritos), recebem a influência de numerosas fibras nervosas. Ramón y Cajal entende como diferença entre células com maior número de conexões possíveis uma variação no conteúdo protoplasmático do soma celular. Para que o corpo celular esteja em condições de receber *correntes nervosas* é necessário a existência de um córtex protoplasmático perinuclear espesso.

O alargamento radial das células cerebrais e a diferenciação das expansões protoplasmáticas em basais, somáticas laterais, fibras e penacho terminal, parece ter por finalidade a conexão com fibras nervosas de origem diversa. A contiguidade nas conexões é referenciada por Ramón y Cajal em artigos distintos sempre em analogia com a placa motora (unidade motora), onde existe um elemento intermediário, que no caso das conexões nervosas oferece a condição de que leve a ação da célula a arborizações afastadas.

A diminuição que se observa no tamanho das células nervosas conforme se descende na série animal, principalmente nos vertebrados, não segue nenhuma relação de proporcionalidade com o tamanho do animal. O tamanho também não se relaciona,

simultaneamente, com o grau de simplicidade das arborizações. O exemplo apresentado por Ramón y Cajal se refere ao cérebro do coelho, coelho da Índia e rato, que possuem tamanhos distintos de elementos celulares, porém, a diferença cognitiva entre eles é muito pequena⁴⁵⁷.

As células ganglionares do cérebro e medula guardam relação direta com a quantidade de elementos musculares e simpáticos com os quais os mesmos se relacionam. Esta relação entre o número de células sensoriais e células receptoras da substância cinzenta explica, segundo Ramón y Cajal, um fato importante: dentro de uma mesma espécie, os animais de estatura maior e, portanto, com cérebros volumosos, não são necessariamente mais inteligentes. O excesso de córtex nesses animais se deve ao maior número necessário de células psicomotoras, sobrando dessa maneira uma quantidade limitada de substância cortical para ‘abrigar’ os corpúsculos de associação que representam o substrato anatômico das atividades mais elevadas do cérebro.

Um conceito caro ao pensamento cajaliano é o de plasticidade e a sua expressão nos distintos níveis da organização do sistema nervoso. Baseado nos trabalhos de histogenia, trabalhos esses que garantiram na última década do século XIX que durante a época embrionária e nos primeiros anos de vida extra-uterina as expansões protoplasmáticas se ramificam, estendem e adquirem um nível de complexidade tal como os colaterais, Ramón y Cajal conjecturou que o trabalho mental (tal como os estudos) impulsionaria o crescimento das expansões e colaterais nervosos, ampliando o sistema de associações entre as células de uma dada região do sistema nervoso.

Um caminho para compreender essas correlações no pensamento de Ramón y Cajal pode ser ilustrado pelos resultados experimentais citados com frequência por ele, em que a atenção é relacionada ao aumento da quantidade de sangue que irriga a substância cinzenta (essa relação foi sugerida por Mosso).

A importância em compreender a formação do tecido nervoso e sua diversidade celular, tanto estrutural quando funcional, em termos evolutivos é ponto nevrálgico para compreender o principal conceito formulador do conceito de célula nervosa no

⁴⁵⁷ Idem, p. 03.

pensamento cajaliano. Refiro-me ao conceito de plasticidade. Para dar mais um passo na compreensão desse conceito, examino algumas das ideias de Ramón y Cajal no então recente campo da histologia comparada. Examino a seguir duas estruturas nervosas importantes na compreensão evolutiva do sistema nervoso, a medula espinal e o cerebelo. A chave para compreendermos o papel que o conceito de plasticidade ocupa na teoria neuronal passa pela compreensão da maneira como evoluiu a trama nervosa, mais do que os elementos que a compõem.

12.4. Histologia comparada da medula espinal

Uma marca significativa no pensamento de Ramón y Cajal é a maneira como ele pensa as estruturas anatômicas de maneira relacional. Pensar as estruturas anatômicas sempre como uma unidade entre duas outras permitia a ele ultrapassar a mera descrição estrutural, avançando na sua relação funcional com aquilo que se delimita para ‘cima’ e para ‘baixo’ na organização das estruturas relacionadas. A correlação entre a estrutura da medula espinal e outros órgãos sugerem, em termos evolutivos, um papel intermediário à medula. Já o sistema nervoso em sua totalidade, também pode ser pensado em termos intermediários. Cito Ramón y Cajal:

*O sistema nervoso é um aparato de relação dos diversos órgãos e tecidos, posto a serviço da conservação da vida e da espécie*⁴⁵⁸.

A forma, extensão e estrutura da medula espinal estão subordinadas à organização dos órgãos aos quais se conecta. As diferenças na organização da medula espinal nas espécies se deve a fatores adaptativos. Essa proposição é corolário do fato de que para cada tipo de vertebrado, o número, a velocidade e o grau de complexidade dos reflexos variam. Seguirei uma ordem ascendente na escala animal um tanto quanto

⁴⁵⁸ Ramón y Cajal, 1899a, p. 541.

representativa, de como Ramón y Cajal (re)construiu sua tese sobre a variação da medula espinal na evolução.

Os aspectos gerais da medula espinal do anfioxo (cordado primitivo) em sua forma exterior apresentam a forma de um prisma de três faces com arestas arredondadas. Nelas não aparecem sulcos, porém, apresentam raízes anteriores e posteriores. Não se observa o que Ramón y Cajal designava por *gânglios raquídeos*⁴⁵⁹.

Um corte transversal colorido com carmim apresenta a seguinte estrutura: (a) o epêndima em forma de abertura antero-posterior, revestido por células epiteliais radiais análogas às da medula embrionária dos mamíferos; (b) uma fina camada antero-posterior de substância cinzenta. Uma série descontínua de células nervosas, localizadas fora do epêndima e quase entre os mesmos corpos das células epiteliais; (c) uma camada espessa de substância branca distribuída por quase toda espessura da medula e constituída por uma infinidade de tubos finos e grossos, todos isentos de bainha de mielina, semelhante ao encontrado nos invertebrados.

O epitélio é o único elemento de neuroglia encontrado no Anfioxo, consistindo de células alargadas, cujos núcleos residem em torno da cavidade central e as expansões

⁴⁵⁹ A estrutura da medula espinal do Anfioxo foi descrita pela primeira vez por volta dos anos 1870. Ramón y Cajal menciona um artigo de 1868 de Owsjanikow como sendo o primeiro a tratar do tema, no entanto, na obra de Hatschek de 1882 *Studien über Entwicklung des Amphioxus* e que foi traduzida em 1893 por James Tuckey por *The Amphioxus and its development*. London: Swan Sonnenschein, há referência a Kowalevsky como um dos primeiros a explorar a estrutura anatômica do Anfioxo. Em um artigo de 1852, Kowalevsky inicia uma série de trabalhos sobre o Anfioxo desdobrando-se em um tratado exaustivo sobre o desenvolvimento do Anfioxo em 1867. Em 1874, Thomas Huxley publica uma breve nota de pesquisa sobre o anfioxo: *Preliminary note upon the brain and skull of Amphioxus Lanceolatus*. Proceedings of the Royal Society of London. December, 17, 1874. pp. 127-132. Huxley, na referida nota, levanta a questão sobre o estatuto do Anfioxo entre os vertebrados. A ausência de órgãos renais e de uma estrutura apropriada do crânio e do cérebro colocariam em dúvida a classificação do Anfioxo. Huxley menciona ainda propostas, tal como a de Agassiz de separá-lo [Anfioxo] na classificação dos peixes. Muitas das considerações de Ramón y Cajal sobre o sistema nervoso no Anfioxo se baseiam no trabalho de Heymans e van der Stricht (*Sur le système nerveux de l'Amphioxus et en particulier sur la constitution et la genèse des racines sensibles*. Mémoires couronnés et mémoires de savants étrangers publiés par l'Académie Royale de Sciences de Lettres et de beaux-arts de Belgique, T. 56, fasc. 3, 1898. pp. 1-74). Os resultados compilados na obra de Heymans e Stricht influenciaram outros trabalhos na década seguinte, conforme se observa no trabalho de Johnston, J. B.: *The cranial and spinal ganglia and the viscero-motor roots in Amphioxus*. Biological Bulletin, vol. 9, 1905. pp. 112-127.

radiais cruzam a substância branca terminando na periferia medular. Na substância branca falta a diferenciação de cordões, sendo observados pacotes de feixes. Há fibras finas e grossas. Nas grossas, observa-se uma fibra grande, situada ao nível da substância branca anterior (o diâmetro mede até 26 μm segundo trabalho de Kölliker citado por Ramón y Cajal), e outras fibras menos espessas dispostas em três grupos pares distinguidas por Rohde⁴⁶⁰ em um grupo ventral lateral externo, ventral interno e dorsal. (figura 42).

⁴⁶⁰ Ramón y Cajal, 1899a.

Figura 42: Corte transversal da medula do Anfioxo (figura reproduzida por Ramón y Cajal a partir de desenhos de Rohde). A: raiz anterior; B: célula gigante; C: células ependimárias; D: corpúsculos nervosos pequenos; E: tubo colossal impar; F: grupo ventral interno de feixes grossos; G: grupo externo; H: grupo dorsal. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 543).

Os neurônios possuem forma de pera ou garrafa com uma expansão dirigida à periferia e ramificada nas divisões da substância branca. Ramón y Cajal diferenciou três tamanhos de neurônios no Anfioxo em função de suas conexões. São os neurônios sensitivos, cordonais e motores. Passo a algumas considerações de Ramón y Cajal sobre essas células separadamente. Ele formulou algumas ideias a partir dos trabalhos de Retzius (1891) sobre essas células, utilizando o método de Ehrlich.

Retzius descobriu que no Anfioxo as células sensitivas correspondentes aos *gânglios raquídeos* dos mamíferos encontram-se dentro da medula espinal. Já a raiz posterior é homóloga à sensitiva dos mamíferos, uma vez que não representa o ramo interno das células ganglionares, mas sim, a prolongação externa ou periférica (figura 43). Outra característica é a ausência de bifurcação de seu ramo interno. De suas duas expansões, uma emerge da medula, para formar a raiz posterior (figura 43 a, A) e a outra (figura 43 b), se dirige à substância branca, de onde se decompõe em dois ou mais ramos que terminam nas dimensões dessa substância.

Do ramo periférico ou radicular sai frequentemente um dendrito ramificado no sentido longitudinal na substância branca posterior. Para Ramón y Cajal, o ramo interno deste corpúsculo bipolar é homólogo das raízes posteriores dos vertebrados, porém, no Anfioxo, ao invés de bifurcar-se, somente se ramifica, formando uma complexa arborização terminal. Essa descrição é dada por Retzius e confirmada por Heimans e van der Stricht, utilizando o método de Golgi. Heimans e Stricht explicaram a posição intramedular das células sensitivas pela retenção, na época embrionária, dos germes gangliônicos sensitivos, os quais ao invés de migrarem para fora da medula, ficam no interior da mesma com os demais corpúsculos da substância cinzenta.

Figura 43: Vista longitudinal da medula do Anfioxo. (alterado de Ramón y Cajal a partir de Retzius, colorido com o método de Ehrlich de células sensitivas). A: raiz sensitiva; B: células bipolares em continuação com a primeira; a: conjunto das expansões radiculares; b: prolongações destinadas a ramificarem-se na substância branca. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 544).

As células cordonais foram descritas por Rohde. Segundo Retzius (Retzius apud Ramón y Cajal), as células colossais possuem forma de frasco. Seu corpo está situado junto ao epêndima. Sua expansão principal emite ramos colaterais ramificados em ambos lados da medula, entre pacotes de fibras nervosas. Colaterais que foram comparados por Retzius aos dendritos ou *expansões acessórias* dos neurônios dos

invertebrados. Há uma incerteza em estabelecer o modo da continuidade das raízes anteriores com neurônios especiais da medula do Anfioxo. Segundo Heimans e Stricht, as células motoras estão representadas por células colossais de expansão principal homolateral, após um longo trajeto longitudinal pela substância branca e enviam colaterais continuando com um feixe da raiz anterior. Ramón y Cajal afirmou que essa disposição foi observada por Heimans e Stricht nos embriões do Anfioxo pelo método de Golgi.

O Anfioxo conserva a disposição dos neurônios dos invertebrados. Permanece, em geral, a forma monopolar do soma, o deslocamento de dendritos que emergem da expansão principal, e a ausência de bainha de mielina. Outro ponto que não poderia ser deixado de lado na compilação feita por Ramón y Cajal dos trabalhos sobre a estrutura medular do Anfioxo se refere ao fato de que o enlace *nervoso-protoplasmático* é observado como sendo por contato. No nível das divisões da substância branca, entre os dendritos e os ramos nervosos terminais dos corpúsculos sensitivos se observa com clareza tais conexões.

O progresso acrescentado na medula do Anfioxo em relação aos invertebrados se dá na formação de uma substância branca periférica e a construção de um epêndima limitado por um epitélio cuja significação funcional é idêntica a da neuroglia medular dos vertebrados.

Acima do Anfioxo na escala zoológica, ao menos no exame da medula espinal feito por Ramón y Cajal, vem a Mixina⁴⁶¹ e a lampreia⁴⁶². As principais referências de Ramón y Cajal sobre a medula espinal da Mixina são Nansen e Retzius, enquanto que, da lampreia são Freud, Ransom e D'Arcy Thompson.

A medula da Mixina é fortemente 'esmagada'. Contém em seu interior uma folha transversal de substância cinzenta bem caracterizada, dividida pelo canal endimário em duas bandas laterais finas e que contém, sem nenhuma ordem de associação, as

⁴⁶¹ Peixes marinhos com forma de enguia e sem maxilas. Grupo de peixes que não pertence ao subfilo dos vertebrados.

⁴⁶² Ciclostomos de água doce. Antigo táxon em que se agrupam peixes com boca circular e desprovida de mandíbulas.

células nervosas e os corpúsculos neuróglícos. As células nervosas são ovóides, fusiformes e multipolares. Segundo Retzius, quase todas as células nervosas possuem um dendrito dirigido para dentro e arborizado na substância cinzenta. Há outra prolongação que é orientada para a periferia. O axônio brota desta prolongação periférica e, algumas vezes em plena substância branca. Ramón y Cajal chama a atenção para a dificuldade em reconhecer os neurônios motores. As células da Mixina, em função de sua morfologia, se aproximam mais dos invertebrados que dos vertebrados, mesmo com a característica de que os dendritos procedam em sua maior parte da expansão principal. (figura 44). Na Mixina observa-se a presença de *gânglios raquídeos* extramedulares.

Figura 44: Corte transversal da medula da Mixina glutinosa (feiticeira). (Alterado por Ramón y Cajal de Retzius; método de Golgi). e: Epêndima; d: raiz sensitiva; no eixo das barbatanas medulares se vê neurônios e a neuroglia nas fronteiras da substância branca. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 546).

As células neuróglícas correspondem a dois tipos encontrados nos vertebrados superiores, são eles: os corpúsculos endimários legítimos e as células da glia propriamente dita. Estas últimas habitam preferencialmente o contorno interno da substância branca e estão compostas de um penacho de fios terminados com a pia matter mediante engrossamentos.

A mixina possui o que Ramón y Cajal chamou de *gânglios raquídeos genuínos*, cujas células são em grande parte bipolares, exibindo também transições entre a bipolaridade e a monopolaridade. A raiz posterior, conforme resultados de Nansen, bifurca-se na substância branca, gerando um ramo ascendente e outro descendente. Baseado exclusivamente nos resultados de Retzius, Ramón y Cajal considerou a não existência de colaterais na substância branca.

Semelhante a Mixina, a lampreia apresenta uma medula espinal muito achatada. A substância branca consta de tubos isentos de mielina, entre os quais se distingue, uns finos e medianos feixes muito numerosos, e outros de diâmetro maior (tubos de Müller). A estrutura da substância cinzenta coincide (Ramón y Cajal cita os trabalhos de Freud, Ahlborn, Reissner, Langerhans, Retzius e Kölliker) com a da Mixina. Há células nervosas prolongadas e corpúsculos epiteliais e neuróglícos. Os últimos residem, segundo Kölliker, na substância cinzenta e na branca. Muito do que se conhecia sobre a estrutura da substância cinzenta medular da lampreia Ramón y Cajal creditava aos trabalhos de Freud.

Na lampreia existem gânglios raquídeos resultando em que a raiz posterior, em sua porção pós-ganglionar, se componha de prolongações periféricas de elementos bipolares e monopulares intraganglionicos e das prolongações externas das células de Freud.

Os peixes superiores (teleósteos, seláceos, ganóides e dipnoicos) apresentam um aspecto macroscópico da medula espinal semelhante ao dos mamíferos. A medula dos peixes superiores reproduz em seus traços essenciais a dos mamíferos. Pode-se distinguir claramente na substância cinzenta dois cornos ou prolongações (dorsal e ventral), bem como a região cinzenta da comissura posterior. O corno ventral oferece um grande desenvolvimento transversal, recordando as fases filogenéticas anteriores da Mixina e da lampreia.

Na substância branca dos peixes se observam tubos nervosos medulados dispostos em pacotes e separados por divisões de células epiteliais. A medula dos peixes encerra três tipos celulares: motor, comissural e cordonal, além dos corpúsculos

epiteliais. Os neurônios do corno anterior, com formas variadas (fusiforme, piriforme, triangular ou estrelado) representam um traço que se mantém nos batráquios e répteis. Os neurônios do corno posterior eram pouco conhecidos no final do século XIX, particularmente da substância de Rolando, estrutura essa que pouco se desenvolveu nos peixes⁴⁶³.

Os gânglios raquídeos contém células bipolares que dão origem a uma expansão grossa dirigida à periferia e outra fina dirigida à medula. Segundo Lenhossék⁴⁶⁴, nos selácios (embriões de *pristiurus*) ocorre a transição dos corpúsculos monopolares às células bipolares. Algumas particularidades histológicas, singularmente desenvolvidas nos vertebrados, são: (1) a comissura acessória (figura 45, B), correspondente a comissura anterior dos mamíferos; (2) os teleósteos possuem duas comissuras anteriores, uma delgada e situada no epêndima e outra rica em fibras, a comissura acessória; (3) as fibras de Mauthner em analogia com as fibras de Müller dos ciclostomos.

⁴⁶³ Ramón y Cajal, 1899a.

⁴⁶⁴ Lenhossék apud Ramón y Cajal, 1899a.

Figura 45: Corte transversal da medula espinhal de um teleósteo jovem (*Cyprinus carpio*). Coloração por hematoxilina. A: Tubo colossal ou de Mauthner; B: comissura acessória; D: tubos robustos da coluna ventral (porção anterior); C: células motoras piriformes; E: pequenos neurônios da parte interna da substância de Rolando; a: cabos salientes das células epiteliais. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 553).

Os batráquios⁴⁶⁵, em relação aos peixes, apresentam em sua medula espinhal grande desenvolvimento da substância cinzenta, notando-se, ainda em comparação aos

⁴⁶⁵ Classe dos Anfíbios (*Amphibia*, do grego *βατράχειος*) que possuem cabeça fundida com o corpo. As principais referências de Ramón y Cajal sobre a medula espinhal dos batráquios são os trabalhos de Cláudio Sala e Pons (1868-1943) e de seu irmão Pedro Ramón y Cajal. A monografia de Pedro Ramón y Cajal *El cerebro de los batracios* publicada em 1946 na coletânea *Trabajos del Instituto Cajal de Investigaciones Biológicas*, tomo 38, apresentam um estudo detalhado da estrutura do sistema nervoso dos batráquios. De Cláudio Sala a principal referência é: Sala y Pons, C. *Estructura de la medula de los*

peixes, duas alterações: (1) diminuição transversal da área do corno anterior e maior amplitude do corno posterior e substância de Rolando; (2) o território da comissura cinza ou posterior alcança grande desenvolvimento, encontrando-se cruzada por poucos tubos medulares transversais. A referência explorada aqui por Ramón y Cajal pode ser observada em um corte transversal na medula do bufo e com coloração pelo método de Weigert (Pal) em que podemos ver partes essenciais da medula semelhante aos mamíferos (figura 46).

Cláudio Sala foi um dos primeiros a examinar a medula dos batráquios pelo método de Golgi. Examinou minuciosamente a morfologia e as conexões dos neurônios da substância cinzenta (larvas de rã e bufo⁴⁶⁶), bem como, a disposição das raízes colaterais da substância branca. As células funiculares e comissurais se comportam essencialmente como nas aves e mamíferos. (figura 47, B, D, J e N). Sala confirmou muitos dos trabalhos de Golgi, Ramón y Cajal, Kölliker, Retzius, Lenhossék e Van Gehuchten sobre a distribuição dos axônios da substância cinzenta.

As células colaterais sensitivo-motores se dispõem quase da mesma maneira como ocorre nos mamíferos e aves. Distingue-se um fascículo sensório-motor ou de longos colaterais, vários feixes ramificados na substância de Rolando e no vértice do corno posterior, um fuso comissural posterior (comissura cinza), originado no núcleo de Burdach e Goll do lado oposto. Em relação às células da glia, os trabalhos de Sala

batracios. Trab. Lab. Histol. Fac. Med. Barcelona, 1892 (pp. 1-22). Sobre o que se sabia acerca da origem dos nervos espinais na última década do século XIX, a breve comunicação de Hans Gadow apresenta uma boa descrição das condições primitivas da coluna vertebral e da estrutura dos quatro pares de arcualia (nódulos de cartilagem na bainha mesenquimal justaposta à superfície externa da notocorda em embriões de vertebrados) e que se observa na cauda dos urodelos. Ver Gadow, H. *On the evolution of the vertebral column of Amphibia and Amniota*. Proceedings of the Royal Society of London. Vol. 58, 1895. (pp. 257-259). Outro trabalho interessante de se examinar é o artigo de Moore (1906) em que se associa o conceito de sinapse ao de meiose. Ver Moore, J. E. S. *On the synopsis in Amphibia*. Proceedings of the Royal Society of London. Vol. 77, 1906. (pp. 555-562). Há trabalhos sobre o sistema nervoso de anfíbios anteriores ao último quarto do século XIX, porém, não há muita clareza nos resultados quanto às distinções entre anfíbios e répteis. Por exemplo: de Beavuois, M. *Memoir on Amphibia*. Transactions of the American Philosophical Society. 1799 (pp. 362-381), Beavuois examina exclusivamente as serpentes, generalizando seus resultados aos anfíbios.

⁴⁶⁶ Gênero de sapos da família Bufonidae.

confirmam e complementam os resultados do médico português Marck Athias⁴⁶⁷ (1875-1946). Examinando larvas muito cedo na ontogênese, todos os elementos exibem caráter epitelial, estendendo-se do epêndima até a superfície medular. Na rã adulta distinguem-se dois tipos epiteliais: (1) célula do epêndima, cujo soma conserva sua posição originária e (2) célula epitelial deslocada, representante da glia dos mamíferos e que possui um corpo situado em diversos planos da substância cinzenta e com curtos apêndices. Ramón y Cajal chama os astrócitos de *verdadeiras células da glia*, porém, tanto Sala quanto Athias não as encontraram na medula espinal dos batráquios (figura 48, B, D).

⁴⁶⁷ Marck Athias adquiriu sua formação em medicina e pesquisa experimental na França no final do século XIX. Athias possuía ascendência judaica, seu pai foi diretor de um estabelecimento bancário em Madeira. Athias iniciou uma carreira em pesquisa em Paris, porém, retornou para Portugal onde introduziria a histologia e bioquímica na pesquisa universitária. O período em que se encontrava em Paris coincidiu com o aumento do sentimento anti-semita entre os franceses e que ficou marcado pelo caso Dreyfus. Athias escreveu um tratado de anatomia do neurônio em português em 1905. Athias, M. *Anatomia da cellula nervosa*. Lisboa: Centro Typographico Colonial, 1905. No ano de 1941, em uma conferência no instituto de investigações científicas Bento Rocha Cabral, Athias conferiu a conferência intitulada *O cinqüentenário da teoria do neurônio*, considerando o ponto de surgimento da teoria neuronal a publicação do artigo de Waldeyer (1891) em que o termo neurônio é sugerido para a célula nervosa. A conferência foi proferida em maio e no mesmo ano foi publicada pela Imprensa Lucas (Lisboa, 1941). Sobre a vida de Marck Athias e o desenvolvimento da histologia e bioquímica em Portugal ver: (Amaral, 2006a, 2006b, 2008 e 2011).

Figura 46: Corte da medula espinal da rã adulta (método de Weigert-Pal). Alterado de Cláudio Sala apud Ramón y Cajal. A: comissura de axônios; L: comissura de colaterais; D: comissura posterior; C: raízes anteriores; H: zona de Lissauer; G: colaterais sensitivos; I: plexo perimedular. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 557).

Figura 47: Corte transversal da medula da larva do bufo (método de Golgi). A: células motoras; B: neurônios comissurais; I, J: neurônios do cordão lateral; D, G, S, T, R: corpúsculos do corno posterior; L: plexo perimedular; K, U: colaterais motores; X: axônios para o plexo perimedular; ci: axônios. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 558).

Figura 48: Células da glia da rã adulta. A: células do epêndima; B: células da glia da coluna lateral; C: células do cordão anterior; D: cones terminais. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 560).

Em comparação com a medula da rã, a medula dos urodelos⁴⁶⁸ se mostra mais simples e possui maior parentesco com a medula dos peixes. A medula dos urodelos apresenta apenas rudimentos do corno posterior. Esta estrutura se mostra bem marcada no siredon (forma larval da salamandra) e no pleurodeles Watl (salamandra dos poços).

⁴⁶⁸ Caudados (ordem de anfíbios que inclui as salamandras e os tritões).

O corno anterior alcança, no entanto, grande desenvolvimento transversal semelhante aos peixes (figura 49).

Na figura 49, chama a atenção a pobreza de tubos medulados da substância cinzenta, a ausência da substância de Rolando bem diferenciada e a invasão do corno posterior por numerosas fibras nervosas verticais.

Figura 49: Corte da medula dorsal superior do *Pleurodeles Waltl* adulto (método de Weigert-Pal e carmim). A: células fusiformes motoras; B: capilar do corno anterior; C: células nervosas pequenas; D: limbo periférico correspondente ao plexo perimedular; E: tubo grosso do cordão anterior. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 562).

Na comparação entre a medula espinal dos batráquios e urodelos, uma possível questão é como se dá tal comparação com os répteis, uma vez que a aproximação da medula dos urodelos com os peixes é maior que entre os batráquios e peixes. No final do século XIX não se explorou a medula dos répteis tanto quando a dos batráquios e peixes. Segundo Ramón y Cajal, a disposição geral da medula dos répteis se aproxima dos vertebrados superiores. As substâncias branca e cinzenta se assemelham a das aves e mamíferos.

Com relação à organização superior, a medula dos répteis apresenta traços de organização primitiva. A existência de uma comissura acessória (figura 50, C, esquerda), inteiramente semelhante aos peixes e a presença de um limbo perimedular granuloso, pobre em tubos medulados, reforça a proximidade com os peixes (figura 50, F, direita).

Figura 50: Esquerda: Corte transversal da medula dorsal superior do lagarto adulto (método de Weigert-Pal). A: raiz anterior; B: raiz posterior; C: comissura acessória portadora de axônios comissurais; a: colaterais dos cordões; b: núcleo sensitivo-motor; c, d: feixes dos colaterais da comissura posterior; e: plexo perimedular. **Direita:** Corte transversal da medula dorsal da lagartixa (*Lacerta agilis*) de quinze dias (método de Golgi). A: célula radicular arciforme; B: células fusiformes comissurais anteriores; C: comissurais menores; D: células cujos ramos protoplasmáticos formam a comissura protoplasmática posterior; E: cones de ramos protoplasmáticos; F: plexo protoplasmático perimedular; G: raiz posterior com suas bifurcações e colaterais; R: colaterais da raiz posterior; ci: axônios. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 565-67).

Utilizando o método de Golgi em lagartixas jovens e embrionárias, Ramón y Cajal observou detalhes a respeito da distribuição e morfologia dos neurônios. Os neurônios na medula da lagartixa, assim como nos mamíferos, podem ser diferenciados em células motoras, funiculares e comissurais. A célula da glia (figura 51) na medula da lagartixa de vinte dias se distingue claramente em células de Deiters e corpúsculos epiteliais. As células ganglionares raquídeas apresentam forma bipolar nas primeiras fases da vida embrionária e, progressivamente, semelhante ao que ocorre nas aves e mamíferos, tornam-se monopolares.

Figura 51: Corte transversal da medula espinhal da lagartixa (*Lacerta agilis*) de vinte dias. Ramón y Cajal representou somente as células epiteliais e da glia. (método de Golgi). a, b, c: células epiteliais que não chegam por dentro ao epêndima; d: células da glia que enviam fibras à superfície medular; e: células da glia antero-posteriores; A: sulco anterior da medula. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899a, p. 569).

Na etapa seguinte de análise comparativa da medula espinal, o salto seria em direção à medula das aves, porém, por Ramón y Cajal ter explorado bem a estrutura medular das aves em seus primeiros trabalhos do final da década de 1880, momento em que se configurou a primeira configuração da teoria neuronal, irei apenas mencionar algumas particularidades mais significativas, em síntese, da medula das aves em relação às demais descritas nesta seção.

Há evidências da existência de um núcleo cinzento, segmentário, na zona marginal do cordão lateral nas aves. Este núcleo, situado contra o ligamento denteado, se incha consideravelmente na medula lombar, de onde forma uma intumescência muito destacada ao lado da medula.

12.5. Considerações gerais sobre a medula espinal dos vertebrados

A partir do exame das condições gerais da medula espinal dos vertebrados, Ramón y Cajal procura pensar as células nervosas da medula do ponto de vista evolutivo. Na descrição da seção anterior se observa a maneira como a medula espinal está configurada em diferentes espécies. Ramón y Cajal reconhece três fases evolutivas dos neurônios medulares que são centrais no processo evolutivo da estrutura medular, quais sejam: (1) célula com soma liso e somente uma expansão, o axônio, de cuja haste inicial brotam dendritos lisos (invertebrados, anfioxo e mixina); (2) célula com soma provido de dendritos lisos e de uma haste protoplasmática grossa. Esta haste é a expansão principal das células da primeira fase da qual emana o axônio (peixes, batráquios e répteis); (3) célula com soma provido de numerosos dendritos espinhosos e de um axônio brotado diretamente do corpo celular ou do arranque de uma expansão protoplasmática (aves e mamíferos). Cito Ramón y Cajal sobre as três fases:

(...) É claro que entre todas estas fases há transições. Às vezes, no mesmo animal, vê-se células correspondentes a duas etapas evolutivas. Ademais, a citada evolução filogenética

*se reproduz, com algumas variações e simplificações durante a ontogenia dos vertebrados superiores*⁴⁶⁹.

Ramón y Cajal defende que as variações de longitude e distribuição dos dendritos, o tamanho relativo das células, o número destas, e o desenvolvimento das células colaterais, obedecem a leis evolutivas. Transcrevo uma síntese de quais seriam esses princípios evolutivos preconizados por Ramón y Cajal com relação aos elementos nervosos e suas conexões. Posteriormente, no capítulo sobre o conceito de plasticidade (capítulo conclusivo da tese), esses princípios serão mais bem examinados.

Primeiro princípio: À medida que a medula espinal progride, diminui o tamanho relativo, em relação à secção medular, dos neurônios, assim como a longitude dos dendritos. Lenhossék⁴⁷⁰ observou essa condição e considera que essa diminuição relativa dos neurônios e da longitude dos dendritos explique porque nos peixes, batráquios e répteis, os dendritos abarcam grande parte da substância branca. Nos mamíferos, esta redução protoplasmática dá origem à retirada dos dendritos antero-externos e ao seu confinamento na substância cinzenta.

Segundo princípio: A substância cinzenta se diferencia e cresce em extensão conforme se ascende na série animal. No anfioxo não existe senão de forma rudimentar. Na mixina começa a desenhar-se, se desenvolvendo de forma mais graduada nas aves e mamíferos.

Terceiro princípio: O caráter da cadeia gangliônica dos invertebrados é a existência de plexos ou zonas moleculares isentas de neurônios exclusivamente consagrados aos contatos entre arborizações nervosas e dendritos. Esta disposição se conserva em parte a partir dos vertebrados inferiores (anfioxo, peixes, batráquios e répteis), nos quais está representada pelas divisões da substância branca, no plexo perimedular e na comissura acessória. Nos mamíferos, quase desapareceu tal estrutura, empregando-se de preferência os plexos dendrítico-nervosos nas mesmas zonas de onde

⁴⁶⁹ Ramón y Cajal, 1899a, p. 573.

⁴⁷⁰ Idem, p. 575.

residem os somas. Considerado o soma como ponto de conexão, por contato, com fibras nervosas, pode-se dizer que cresce em importância conforme se ascende na escala animal.

Quarto princípio: No compasso do desenvolvimento filogenético, as pequenas células do corno posterior e substância de Rolando, ou seja, as formadoras das vias curtas, tomam maior participação na construção medular.

Quinto princípio: Os axônios da substância branca diminuem de diâmetro e aumentam em número, o que indica um considerável aumento nos neurônios de associação intramedular (funiculares e comissurais).

Sexto princípio: As células colaterais da substância branca mudam sua orientação. De células periféricas e intersticiais que eram em alguns organismos (anfioxo, mixina, peixes, batráquios e, em alguns casos, répteis), reorientam-se para convergência e centralidade, ramificando-se quase exclusivamente na substância cinzenta (aves e mamíferos).

Sétimo princípio: As células colaterais reflexo-motoras (em geral, todos os núcleos de colaterais que aparecem nos mamíferos e aves espalhados pela substância cinzenta) são consequência da retração dos dendritos externos e posteriores dos neurônios motores e funiculares e de seu confinamento na estreita região dos cornos anterior e posterior. A longitude das células colaterais está na razão inversa do desenvolvimento dos dendritos.

Oitavo princípio: Nos vertebrados inferiores, a neuroglia é representada somente por células epiteliais, as quais reproduzem na série animal as mesmas fases evolutivas retomadas pela ontogenia da neuroglia dos mamíferos. Células em aranha ou astrócitos genuínos somente aparecem na medula de aves e mamíferos.

12.6. Histologia comparada do córtex cerebelar

A variação da disposição dos corpúsculos e fibras cerebelosos nos mamíferos, aves, répteis, batráquios e peixes é menor do que a variação da medula espinal, portanto,

farei considerações gerais sobre os resultados de Ramón y Cajal sobre esses estudos. Apesar das variações de tamanho e disposição macroscópica, o cerebelo mantém cada detalhe fielmente reproduzido nos vertebrados inferiores.

Para Ramón y Cajal, semelhante ‘coincidência’ no plano da textura implica identidade nas funções e corrobora a teoria então vigente sobre a fisiologia do cérebro. A teoria em questão considera que o cerebelo seja o órgão motor do equilíbrio. A adoção da teoria de que o cerebelo esteja diretamente, senão exclusivamente, ligado ao equilíbrio exige que se apresente uma mesma organização do cerebelo na série animal, uma vez que o comportamento de equilíbrio se configura como um comportamento basal nos vertebrados. Cito Ramón y Cajal:

*(...) [o cerebelo] poderá crescer em riqueza celular e em massa total com aumento dos possíveis movimentos, mas não existe motivo racional para que se altere seu plano anatômico fundamental. Não ocorre isto no cérebro e lóbulos ópticos, cujas funções têm variado na história filogenética, seja por mudanças a outros focos, seja por progressivo aperfeiçoamento*⁴⁷¹.

Algumas variações no nível celular representam adaptações na extensão e riqueza das reações motoras que a célula de Purkinje deve provocar em harmonia com as necessidades do controle estático do animal. Se reduzem a modificações na quantidade e tamanho das células e a variações na riqueza dos dendritos e arborizações nervosas sem, no entanto, ocorrer alterações essenciais na morfologia, ordenamento e principalmente nas conexões.

A arborização dendrítica formada pelas conexões entre as células de Purkinje aparece cada vez mais pobre conforme se descende na série animal, o que implica uma diminuição correlativa do número de elementos que recebe informação. Nas aves, as arborizações são bem desenvolvidas em ramos, já nos répteis, a partir dos trabalhos de

⁴⁷¹ Ramón y Cajal, 1899b, p. 384.

Pedro Ramón y Cajal e Edinger, observa-se que as células de Purkinje são menores e pobres em dendritos, pobreza que se acentua nos batráquios e peixes. (ver figura 52).

Figura 52: Imagem de cima à esquerda: Corte frontal do cerebelo da lagartixa (*Lacerta stirpium*). (método de Golgi). Nesta imagem observa-se metade do órgão. A: zona molecular; B: células de Purkinje; C: zona dos grãos; D: camada epitelial; a: célula nervosa da camada molecular; b: arborização de perfil de uma célula de Purkinje; d: célula de Purkinje; e: célula em grão; h: fibra musgosa; i: célula estrelada da zona dos grãos; j: células epiteliais; E: feixe lateral da substância branca. **Imagem de cima à direita:** (método de Golgi) A: células de Purkinje do girino; B: fibras musgosas; C: aglomerados de grãos separados por plexos nervosos; a: axônio de Purkinje; b: espessamento final das fibras musgosas.

Imagem de baixo: Corte Antero-posterior da porção inferior do cerebelo de um teleósteo (*Trutta iridea*). (método de Golgi). F, I: grãos; J: células de Purkinje; A: foco cujas células enviam axônios ao cerebelo. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899b, p. 387-89).

Os espinhos dendríticos diminuem também em número, longitude e espessura, à medida que descende na escala dos vertebrados. São menos marcados, mais delgados e com maior espaçamento entre si nas aves que nos mamíferos. Em relação ao axônio, nos répteis, batráquios e peixes, não desce verticalmente através dos grãos, mas sim ao lado, de forma oblíqua e horizontalmente entre as células de origem e o plano externo dos grãos até chegar à substância branca do bulbo. Observa-se a mesma progressão descendente nas células colaterais. As células colaterais são relativamente numerosas nos mamíferos, diminuindo relativamente pela metade nas aves, com número menor ainda nos répteis, batráquios e peixes podendo chegar à ausência total.

As células em cesta são numerosas nas aves e quase iguais que nos mamíferos, ao menos em forma, tamanho do soma, orientação e conexões do axônio. As cestas pericelulares (descobertas por Ramón y Cajal nas aves) foram observadas pela primeira vez nos répteis por Pedro Ramón y Cajal⁴⁷². Catois, citado por Ramón y Cajal, menciona as cestas terminais nos teleósteos e Schaper afirma não ter encontrado nos selácios.

Com relação às células da camada granular, Ramón y Cajal se refere ao que chamou de *lei da decrescente complexidade* na série animal. Nas aves, a arborização terminal dos dendritos possui mais ramos finos, curtos e escassos que nos mamíferos. Esta pouca quantidade na arborização em relação aos mamíferos se acentua nos répteis, e mais ainda, nos batráquios e peixes. O número das células da camada granular também apresenta variações, sendo mais numerosos nas aves e menor nos batráquios e peixes. Sobre as células estreladas da zona dos grãos, Ramón y Cajal afirma serem escassos os dados sobre essas células nos vertebrados inferiores. Pode-se observar em abundância nos teleósteos. Nas aves, sua disposição em número é muito próxima à dos mamíferos.

⁴⁷² Ramón y Cajal, 1896.

As fibras e arborizações trepadoras se adaptam à disposição e número das hastes primárias e secundárias das células de Purkinje. Uma vez que há tal dependência, é razoável supor que sua extensão diminua conforme se desce na escala animal. As fibras musgosas, examinadas nas aves, coincidem com as examinadas no cerebelo dos mamíferos, tanto em abundância como em forma e conexões com as rosáceas. Nos répteis, batráquios e peixes, Pedro Ramón y Cajal encontrou fibras centrípetas ramificadas entre os grãos e providas de grossas varicosidades.

As células da glia, quando examinadas em aves, demonstram igualdade de configuração com os mamíferos. Nos vertebrados inferiores, não há neuroglia em outros sítios além das células do epêndima. Na figura 52 (imagem de cima à esquerda, D) observa-se duas células epiteliais do cerebelo da lagartixa, onde se observam as mortalhas e apêndices que a haste radial emite durante seu trajeto pela zona dos grãos e o penacho de fibras de Bergmann preenchido por excrescências colaterais. Tal disposição aparece semelhante nos batráquios (figura 53, A) e peixes.

Figura 53: Corte sagital do cerebelo do girino (método de Golgi). A: camada epitelial com duas células; B: grãos; C: célula estrelada da zona dos grãos; D: camada dos grãos superficiais com células em vias de evolução. (Fonte: Ramón y Cajal, 1899b, p. 391).

12.7. Síntese do conceito de progresso nos diferentes níveis do sistema nervoso

Pensar o conceito de evolução progressiva nas estruturas do sistema nervoso no pensamento cajaliano requer a distinção entre os níveis em que ocorre tal progresso, uma vez que as variações evolutivas são diferentes em cada nível considerado. Distinguem-se três níveis de constituição do sistema nervoso, a saber: (1º) o nível celular; (2º) o nível tecidual; e (3º) o nível das estruturas que constituem o sistema nervoso. Tal distinção possibilita diluir a fraca noção de que Ramón y Cajal concebia estrutural e funcionalmente o sistema nervoso de forma estritamente reducionista.

A variabilidade morfológica das células nervosas indica modificações inúmeras no processo evolutivo de centralização gangliônica, que Ramón y Cajal considerava como a estrutura primitiva do sistema nervoso, um protocérebro, presente já nas formas de vida mais rudimentares. O processo de centralização dos elementos nervosos, examinado filogeneticamente, deve orientar as modificações que ocorrerão nos três níveis acima descritos. No nível celular, conforme apresentado no início do capítulo, as modificações que levaram do neurônio fundamental ao *neurônio psico-motor*, passando pelo neurônio de associação, foram orientadas no processo evolutivo de centralização encefálica a se adaptar, estrutural e funcionalmente, a essa configuração.

No nível tecidual ou das conexões entre os elementos nervosos, o processo é semelhante, porém, a forma como se configuram as conexões entre os elementos nervosos (neurônios e células da glia) não se dá como derivada da morfologia das células nervosas, sendo justamente o contrário, são as células nervosas que em sua adaptação evolutiva se condicionam às exigências de conexões na constituição da malha nervosa⁴⁷³. Dessa forma, a ideia de que Ramón y Cajal concebia o sistema nervoso a partir de suas unidades fundamentais (células nervosas), por um processo aditivo, pensando, estrutural e funcionalmente, o sistema nervoso em sua totalidade, não é correta.

⁴⁷³ Ramón y Cajal, 1894.

A existência das células nervosas individualizadas e que estabelecem conexões com outros elementos por contiguidade, em sua grande maioria, não implica que a relação funcional no nível do sistema nervoso com outros órgãos do organismo ou mesmo no nível tecidual se dê plenamente a partir de propriedades advindas da célula nervosa. Essa redução funcional atribuída ao pensamento cajaliano não se sustenta, uma vez que é no nível do tecido que se estabelece a *força plástica* que orienta a estrutura e a função, tanto no nível estrutural acima (estrutura e função do sistema nervoso central e periférico), quanto no nível celular. Se Ramón y Cajal é reducionista o é em atribuir ao tecido, ou seja, às conexões entre os elementos celulares, a configuração fundamental para que se compreenda a estrutura e função do sistema nervoso.

A configuração das macroestruturas do sistema nervoso (gânglios, medula espinal, cerebelo, cérebro entre outros) se forma na filogênese seguindo a orientação de centralização. Observa-se tal centralização na escala zoológica, alcançando nos primatas o que Ramón y Cajal considerava a instância última do processo⁴⁷⁴. Apesar das

⁴⁷⁴ Apesar de Ramón y Cajal admitir em alguns trabalhos que o cérebro primata representa o último nível de desenvolvimento do sistema nervoso, ele admitia especulativamente a possibilidade de níveis acima em tal processo. Cito uma longa passagem em uma nota de um artigo de 1894 em que ele faz considerações sobre o tema: *A histologia e a histoquímica provam que as fibras musculares, as células cartilaginosas, conjuntivas, epiteliais, ósseas etc, do homem são inteiramente iguais que as correspondentes dos mamíferos e ainda de muitos outros vertebrados. Grave contingência seria para a evolução da vida que as células psíquicas alcançassem esse perfeito equilíbrio e esta estabilidade de propriedades físico-químicas a que chegaram as células dos outros tecidos, no entanto, na ausência de progressos qualitativos recaídos sobre os elementos nervosos, nada impede supor a possibilidade de melhoras quantitativas, seja dos corpúsculos de associação ou dos colaterais nervosos e protoplasmáticos. Tais melhoras, produzidas por sucessivas adaptações às condições do meio e fixadas e ampliadas pela seleção [natural], poderiam aumentar em grau considerável a capacidade, ou seja, a aptidão para registrar um número considerável de representações, assim como o poder de combiná-las em raciocínios progressivamente mais complexos. (...) Dentro das épocas históricas, o cérebro humano parece ter progredido pouco. Um estudo comparado da textura do córtex cerebral do negro e do europeu forneceria provavelmente a prova de alguns aperfeiçoamentos nos mecanismos de associação, porém, entre o cérebro do grego da época de Péricles e o de um habitante atual de Paris ou de Berlim, talvez não encontremos, se fosse feita uma análise comparativa, senão mínimas mudanças. Semelhante lentidão evolutiva nasce, a meu ver, do fato de que as organizações cerebrais superiores são fruto da adaptação pessoal e, por conseguinte, pouco transmissíveis por herança (Weismann e outros autores negam a herança das qualidades adquiridas). Existem, no entanto, talentos hereditários, porém, estes dependem de variações embrionárias, ou seja, de aumentos sem causa conhecida no número de neuroblastos cerebrais de associação (por proliferação excessiva dos corpúsculos germinais de His), ou do crescimento extranormal das vias nervosas colaterais e protoplasmáticas. E ainda em tais casos, poucas vezes o filho alcança o mesmo nível intelectual e moral que o do pai, resultado que depende,*

considerações especulativas de Ramón y Cajal sobre um desenvolvimento contínuo do sistema nervoso nos vertebrados, ou mesmo em um organismo futuro (supravertebrado),

tanto da influência perturbadora da mãe (cuja substância hereditária ovular contraria, com tendências de organização cerebral primitiva, a impulsão progressiva paterna), como da ausência, durante a época educativa do filho, daquelas condições do ambiente moral e intelectual que modelaram e acabaram de aperfeiçoar o cérebro do pai. (...) Pode, portanto, admitir-se que a geração sexual, ainda que alguma vez logre criar melhores disposições, resulta comumente em um mecanismo de nivelção física e moral e um obstáculo à manutenção e aparição de cérebros superiormente dotados. É claro que, quando falei sobre o possível avanço da organização cerebral, não passava de mera conjectura sem pretensões proféticas. Porém, já no terreno da imaginação, aparecem como possíveis outras soluções. Nada impede aceitar a possibilidade de que, passando os séculos, o homem engendre uma nova espécie de vertebrado, cujo cérebro não somente tenha sofrido aperfeiçoamentos dos mecanismos atuais, mas sim disposições inteiramente novas que lhe permitam, já uma maior velocidade dos atos mentais [psíquicos], uma memória melhor e completa de toda classe de representações, bem como uma extensão muito maior dos atos que, sendo primitivamente conscientes, transforma o hábito em automático, bem como a transmissão hereditária de muitas operações nervosas que hoje deve a criança aprender penosamente (andar, falar, ler, calcular, raciocinar etc), enfim, a transformação em instintos e, portanto, em necessidade e mecanismos fatais e perfeitos daquelas ideias e sentimentos indispensáveis à vida social e política (altruísmo automático, solidariedade social, instinto político positivo, sentido higiênico e estético adequados à conservação e aperfeiçoamento da espécie)". (Ramón y Cajal, 1894, p. 13). A ideia expressa por Ramón y Cajal sobre possíveis avanços na estrutura nervosa não se refere apenas a uma noção abstrata de evolução orgânica, o mesmo avança em sua conjectura para exemplos específicos. Continua Ramón y Cajal: "(...) Um salto da célula psíquica que considere anteriormente, referente a seu aperfeiçoamento, pode ser ilustrado pelo que representa a fibra muscular estriada em comparação com a lisa, se traduzindo, em termos dinâmicos, por um considerável progresso. Não menos transcendentos resultados se seguiriam pela ampliação do potencial sensorial (diminuição do diâmetro dos cones da fóvea para aumentar a acuidade visual, melhor correção da aberração cromática e esférica, sensibilidade dos cones para uma gama maior de ondulações etéreas, aumento nas células ciliadas do órgão de Corti etc). Todavia há outra hipótese: (...) O vertebrado é um tipo de organização definitiva e terminal desde o peixe até o homem, tem variado por acidentes, porém, não no plano de construção. Com a máquina humana, a natureza tem esgotado tudo quanto, dentro do mecanismo substancial do vertebrado, caberia progredir referente a adaptações fisiológicas e refinamentos construtivos do eixo cefalorraquidiano. Que importa que a plasticidade evolutiva conservada pela pirâmide cerebral aperfeiçoa os mecanismos dos atos psíquicos? Enquanto os sentidos sejam o que são; enquanto a natureza não abandone de uma vez o plano do vertebrado, as vantagens evolutivas serão de forma e não de fundo [essência]. Não avançará um passo o conhecimento da essência dos fenômenos naturais, dado que o homem se verá obrigado a trabalhar sempre com os mesmos imperfeitos instrumentos de relação, instrumentos com os quais jamais tem logrado outra coisa que perceber certos efeitos suscitados na célula psíquica por não saber que substâncias existentes há no universo e sujeitas à perpétua agitação. (...) o progresso mesmo acabará muito antes que o homem tenha dado solução aos problemas mais graves e urgentes (origem da vida, objeto da evolução, natureza da matéria e da energia entre outros); nada poderá fazer-se quando todos os fenômenos capazes de afetar nossos sentidos, ajudados ou não por aparatos amplificadores, tenham sido registrados, comparados e esclarecidos, e determinadas as condições todas de sua aparição. Se o progresso há de seguir indefinidamente, é forçoso admitir que a vida não esgota seus tipos; que os albuminóides e as propriedades fisiológicas das células se prestam a combinações e arranjos muito superiores aos conseguidos na mesquinha construção do homo sapiens; Em suma, a natureza espera somente, para lançar-se do mamífero ao supravertebrado (para chamar de algum nome este ser ideal), que no planeta impere as condições mesológicas adequadas. (Ramón y Cajal, 1894, p. 14-15).

a organização macroscópica do sistema nervoso é informada pela necessidade dada no nível das conexões (nível histológico).

As considerações apresentadas até aqui na concepção evolutiva dos tipos celulares que compõem o sistema nervoso na séria zoológica objetivam demonstrar a tese defendida por Ramón y Cajal de que a diferenciação apresentada pelo trabalho que realiza o gânglio cerebroide depende de suas especiais relações sensoriais. Uma tese muito difundida sobre essa questão era a de Meynert⁴⁷⁵, para quem a diversidade funcional das células nervosas se deve à diferença de suas conexões periféricas com o fim de explicar porque regiões corticais, de estrutura em aparência idênticas, possuem atividades tão distintas.

A solução do problema foi dada pela explicação do porque partes da epiderme situadas na metâmera do mencionado gânglio se diferenciaram até o olho. Herbert Spencer explicou que a aparição dos órgãos dos sentidos se deve à ação combinada da adaptação e seleção natural⁴⁷⁶. Essa explicação, de certa maneira, satisfaz Ramón y Cajal, no entanto, para Ramón y Cajal a solução do problema não é de fácil empresa, principalmente em uma perspectiva progressiva da evolução. Ramón y Cajal argumentou que:

*É necessário confessar que ainda que apelando ao princípio da seleção natural, é impossível explicar satisfatoriamente estes maravilhosos aparatos de relação, causa eficiente provável, como temos dito, da superior hierarquia dinâmica do gânglio cefalóide e do ofício reitor que este exerce sobre todos os demais focos gangliônicos*⁴⁷⁷.

Ramón y Cajal segue seu argumento sobre a dificuldade em se explicar de maneira satisfatória a passagem de um mecanismo sensorial a um nível mais aperfeiçoado, considerando um processo progressivo de um organismo a outro na escala filogenética. O exemplo utilizado por Ramón y Cajal é o da visão panorâmica nos

⁴⁷⁵ Ramón y Cajal, 1899b.

⁴⁷⁶ Spencer, 1871.

⁴⁷⁷ Ramón y Cajal, 1899a, p. 09.

peixes, répteis e anfíbios, em que está associada a decussação total das fibras do nervo óptico. Já nos mamíferos superiores, a visão é binocular e de campo único. Os nervos ópticos não se entrecruzam mais que em uma parte. Uma de suas partes permanece direta. Ramón y Cajal faz referência ao fato dessa decussação parcial poder criar, como consequência, diplopia, ocasionando uma visão imperfeita em comparação aos vertebrados inferiores. Sobre o estatuto da teoria diante desse e de outros obstáculos, Ramón y Cajal afirma que:

*Este argumento e outros ainda não nos levam a rechaçar o princípio da seleção. Temos adiantado aqui para mostrar a necessidade de admitir fatores, ainda desconhecidos, de evolução progressiva*⁴⁷⁸.

Outro aperfeiçoamento apresentado no sistema nervoso em destaque no pensamento cajaliano se refere às proporções consideráveis no desenvolvimento alcançado pelos órgãos dos sentidos e que se distinguem, nos vertebrados e principalmente nos mamíferos, segmentos de variadas estruturas, tais como o cérebro anterior, médio, intermédio, posterior. Em relação aos invertebrados, Ramón y Cajal alude à dupla cadeia ganglionar que estes apresentam e que se encontra fundida em um só cordão nervoso (medula espinal) protegida por uma sucessão de anéis ósseos ou cartilaginosos.

Com o objetivo de controlar automaticamente a vida vegetativa do organismo (digestão, circulação, secreção etc), ocorreu a diferenciação de uma nova cadeia ganglionar, o gânglio simpático, cujas funções são parcialmente independentes do eixo cefalorraquidiano.

⁴⁷⁸ Idem, p. 09.

13. Conclusão: o conceito de plasticidade como um conceito central para a formação do conceito de neurônio

13.1. Noções gerais de plasticidade orgânica no século XIX.

No vocabulário científico, em particular no universo da neurociência, a noção de aprendizagem abarca uma ampla gama fenomenal em que se considera sua dimensão biológica e as interações entre o organismo e o meio. A ideia de aprendizagem está diretamente relacionada ao conceito de plasticidade.

Segundo o *Diccionario de neurociencias*⁴⁷⁹, aprendizagem (learning) se define como um processo que realiza um organismo pela experiência e com o que se modifica permanentemente sua conduta. Está intimamente associado aos processos de memória. Implica mudanças plásticas no cérebro, que hoje se acredita estarem relacionadas à atividade sináptica. Já o verbete plasticidade (plasticity) indica mudanças produzidas no sistema nervoso como resultado da experiência (aprendizagem), lesões ou processos degenerativos. A plasticidade se expressa como modificação das sinapses, proliferação dendrítica ou axonal e mudanças na densidade ou dinâmica dos canais iônicos. Se adotarmos como uma proposição geral a acima descrita, as mudanças morfofuncionais decorrentes da plasticidade na estrutura em questão expressariam, em termos anatômicos e funcionais, um processo mais geral ainda do que aquilo que chamamos aprendizagem (no sentido sócio-histórico do termo).

É muito pouco provável que se esgote de maneira satisfatória as possibilidades de compreensão do conceito de aprendizagem, como a que é sugerida aqui. O intuito é apenas o de delimitar tal conceito o suficiente para seguir o exame histórico-conceitual da noção de plasticidade em termos biológicos, tão somente, já que ambos conceitos estão intimamente relacionados.

⁴⁷⁹ Mora & Sanguinetti, 1994, p. 30.

A modificação na estrutura pressuposta no processo da aprendizagem e, se restringirmos o exame à definição, mesmo que parcialmente, apresentada acima, podemos considerar uma noção implícita de plasticidade ainda que apenas no nível do comportamento. Esse conceito de plasticidade como indicador de mudanças no organismo, tanto no nível anatômico quanto comportamental, foi bastante discutido pela Psicologia no século XIX, principalmente na virada para o século XX. O exame das relações psíquicas com o aparato biológico do organismo era presença garantida no debate científico de final de século⁴⁸⁰.

É importante lembrar que a abordagem experimental nos estudos de psicologia da aprendizagem ganharam destaque na agenda de psicólogos justamente nesse período. É nesse momento que se introduz os experimentos com labirinto para investigar as capacidades cognitivas de animais⁴⁸¹. O referencial teórico que orientava a maior parte dessas pesquisas partia do pressuposto de que a mente opera por associação (princípio associacionista) de elementos e que poderiam ser tratados experimentalmente pela relação entre estímulo e resposta.

Em uma obra de referência⁴⁸², o sociólogo e político inglês Leonard T. Hobhouse (1864-1929) se opõe à noção de que a aprendizagem se limita a um processo de fixar as ligações e associações entre estímulos e respostas. Para que essa ideia se popularizasse entre os cientistas, o artigo de Wolfgang Köhler (1887-1967) sobre a compreensão dos chimpanzés⁴⁸³ foi fundamental. Köhler concluiu em suas pesquisas que os chimpanzés podem aprender a partir da associação entre estímulos e não mais apenas pela relação estímulo-resposta. Dessa maneira, em seus experimentos Köhler pode observar a mudança de comportamento dos animais pela percepção e não apenas pelo efeito de suas ações.

⁴⁸⁰ Galton, 1880; Ebbinghaus, 1885; Calkins, 1896; Thorndike, 1898; Yerkes, 1901; Small, 1901; Pavlov, 1904; Köhler, 1917.

⁴⁸¹ Yerkes, 1901; Small, 1901.

⁴⁸² Hobhouse, 1901.

⁴⁸³ Köhler, 1917.

Experimentos como os de Köhler, Yerkes e outros operavam com a noção de plasticidade, mesmo que divergindo quanto à adesão mais ou menos forte ao pensamento associacionista, mas somente no nível comportamental. Foi William James (1842-1910)⁴⁸⁴ um dos primeiros a chamar atenção para a ideia de plasticidade no nível histológico, sem, no entanto, apresentar resultados objetivos que corroborassem tal proposta. Veremos a seguir a noção de James de plasticidade e, em seguida, como Ramón y Cajal propôs para o nível das conexões entre as células do sistema nervoso o que julgo ser uma proposta mais ampla e com um conjunto de resultados experimentais mais amplo do que seus contemporâneos.

13.2. A ideia de plasticidade proposta por William James

William James é considerado um dos pioneiros na constituição da Psicologia como uma ciência independente⁴⁸⁵. Após doze anos trabalhando na confecção de um livro referência para o principiante em Psicologia, James conclui em 1890 sua obra *Princípios de psicologia*, que objetivava que fosse uma obra didática a orientar os iniciantes na nova ciência. Para atender aos objetivos desta pesquisa necessito analisar mais detidamente dois capítulos, que são o capítulo quatro, intitulado *Hábito*, e o capítulo cinco, *A teoria do automatismo*. Ambos capítulos foram publicados anteriormente à publicação do livro. O capítulo quatro foi originalmente publicado em fevereiro de 1887 na *Popular Science Monthly* com o título *The laws of habit* e o capítulo cinco foi originalmente publicado em 1879 na *Mind* n. 4 (pp. 1-22). Farei referência aos capítulos do livro *Princípios de psicologia*, pois trata-se de uma versão revista e atual ao debate que se trava na década de 1890. Fiz alusão aos artigos originais apenas para pontuar que a posição de James acerca da ideia de plasticidade antecede Ramón y Cajal em pelo menos uma década (no caso do artigo de 1879).

⁴⁸⁴ No capítulo 10 sugeri que Sechenov tenha oscilado com noções semelhantes ao conceito de plasticidade, porém, o fisiologista russo não se referiu à noção de plasticidade de maneira tão acentuada como James o fez.

⁴⁸⁵ Kinouchi, 2009.

No primeiro capítulo de seu livro *Princípios de psicologia* James estabelece como eixo central o que considera ser o objeto da Psicologia. Cito James:

(...) O fato de que o cérebro é a única condição imediata e corporal das operações mentais é uma verdade tão universalmente admitida na atualidade, que não necessito perder muito tempo em explicá-la, sim que simplesmente estabeleço-o e continuo. Todo o restante do livro será, em maior ou menor escala, uma prova de que o postulado é legítimo⁴⁸⁶.

Na divisão hierárquica do sistema nervoso apontada por James, os centros inferiores responderiam aos estímulos sensoriais, enquanto que os hemisférios cerebrais seriam responsáveis pela percepção e ações conscientes. Desse modo, as percepções se constituem como sensações agrupadas⁴⁸⁷. As considerações conscientes são, por sua vez, expectativas de sensações que serão sentidas. Nesse modelo explicativo, a memória assume um papel central. James aponta os hemisférios cerebrais como sítios da memória. Ainda referente às funções cerebrais, James afirmou ser a diferença crucial entre um animal privado dos hemisférios e outro com os hemisférios íntegros, a condição de que enquanto o segundo responderia a objetos ausentes, o primeiro responderia tão somente a objetos presentes.

Na seção sobre a educação dos hemisférios, James justifica o uso corrente de termos físicos e psíquicos de maneira a parecer autoevidente as relações causais entre ambos:

Espero que o leitor não tome de forma errada que eu misture assim o físico e o mental, e fale de atos reflexos e hemisférios e reminiscências no mesmo sentido, como se fossem entidades homogêneas e fatores de uma cadeia causal. Tenho feito isso deliberadamente; porque, ainda que admitindo que desde o ponto de vista radicalmente físico é fácil

⁴⁸⁶ James, 1945, p. 16.

⁴⁸⁷ Esse conhecimento já estava bem consolidado em meados do final da década de 1850. Um ponto importante na síntese feita por James se refere à articulação entre as pesquisas experimentais e o que se considerava ser o substrato anatômico das atividades mentais.

*conceber a cadeia de acontecimentos entre as células e as fibras como completa em si mesma, e enquanto se concebe assim, não necessita fazer menção das 'ideias', suspeito, no entanto, que este ponto de vista é uma abstração irreal. Os movimentos reflexos nos centros podem efetuar-se ainda quando os guiem sentimentos ou ideias concomitantes*⁴⁸⁸.

A questão que surge como fio condutor da argumentação se refere a como podem se organizar nos hemisférios processos que correspondam ao que James chama de reminiscências do espírito? Um caminho que auxilie na solução do problema deve levar em consideração (1) o processo que ocorre no cérebro quando excitado por um estímulo externo, por exemplo, a percepção visual de um objeto, se reportará dando uma ideia do mesmo objeto quando estimulado internamente por outros processos cerebrais; (2) se processos forem uma vez excitados em companhia ou sucessão imediata, a excitação de qualquer um deles tende a excitar os outros em ordem primitiva. A essa segunda hipótese, James chamou de *lei de associação*; (3) todo estímulo que se propague aos centros inferiores tende a se propagar aos centros superiores (córtex cerebral) e a excitar, no sentido geral, uma ideia. E como corolário dos três primeiros princípios, toda a ideia tende ultimamente ou a produzir ou a inibir um movimento que do contrário se produziria.

Observa-se no pensamento jamesiano a referência a um problema que marcou o debate acadêmico da segunda metade do século XIX no que se refere a expandir as explicações fisiológicas do organismo aos pensamentos e ideias. A proposta de James não se dirige a um dos polos do debate. James encontrou na teoria darwiniana uma maneira de transpor esses polos entre o determinismo fisiológico e o determinismo social, sem a necessidade da exclusão de um deles⁴⁸⁹.

Um momento crucial para essa discussão ocorre nas três últimas décadas do século XIX. A década de 1870 marca um período de quase abandono da visão

⁴⁸⁸ James, 1945, p. 33.

⁴⁸⁹ Kinouchi, 2006.

frenológica⁴⁹⁰ de que áreas corticais representavam funções localmente separadas. Considerava-se em alternativa a essa ideia que, apesar de regiões dos hemisférios cerebrais estarem associadas a determinadas funções, elas não estavam isoladas, mas sim atuando em conjunto com todo o órgão. Dessa maneira, a ideia de continuidade ou de cooperação entre as partes também não excluía as funções reflexas, tais como os reflexos motores associados à medula espinal. Esse cenário levou os pesquisadores a questionar se somente o córtex possibilitava estados de consciência. Como decorrência da visão continuísta, não seria razoável considerar níveis de consciência nos centros inferiores? Essa e outras questões surgiam ao longo das pesquisas em torno do tema.

Outro conceito importante é a noção de hábito. A ideia de hábito direciona-nos ao que interessa no pensamento de James. James distinguiu hábitos inerentes ou instintos dos hábitos variáveis ou adquiridos. O segundo caso, no homem, se dá pela educação ou aprendizagem.

James inicia suas considerações sobre as modificações que os organismos sofrem pela análise do mundo físico. As partículas no mundo físico não variam por sua natureza, porém, uma massa composta de matéria pode sofrer variações. Nesse caso, as modificações se dão numa estrutura composta. Escreveu James:

(...) A plasticidade no sentido amplo da palavra, significa a posse de uma estrutura bastante débil para render-se a uma influência, porém, bastante forte para não se render totalmente. Cada fase relativamente estável do equilíbrio em tal estrutura está

⁴⁹⁰ O enfraquecimento do que chamo de visão frenológica se refere tão somente a frenologia nos moldes de sua formulação de finais do século XVIII e início do XIX pelo médico alemão Franz Joseph Gall. A frenologia passaria por modificações, tanto em seus pressupostos teóricos quanto em seu objeto, ao longo do século XIX, o que desautoriza a designação pelo termo frenologia de um único programa de pesquisa que perdure o século XIX inteiro. No final do século XIX a frenologia se aproximava de uma mistura entre o ramo da psicologia experimental que se dirige ao que hoje comumente se designa por *filosofia da mente*. Uma evidência da permanência do termo na literatura científica de final do século XIX, sem, no entanto, guardar muita relação com a formulação de início do século, é o ***Phrenological Dictionary***, editado por Fowler, L. N. & Fowler, J. A. New York: Fowler & Wells Co, 1894. No verbete Phrenology (Gr. *Phren*, mente; *logos*, ciência) lê-se: “*A ciência da mente ou o sistema de filosofia mental fundada sobre a fisiologia do cérebro. Aponta a relação entre o desenvolvimento do cérebro e as manifestações da mente. É classificado como um sistema completo de filosofia mental e moral pela redução de todas as operações da mente aos seus elementos primários.*” (p. 27). Os autores do dicionário frenológico citado também editaram o periódico *Phrenological Magazine*.

*caracterizada pelo que podemos chamar uma nova série de hábitos. A matéria orgânica, especialmente o tecido nervoso, parece dotada de um grau muito extraordinário de plasticidade desta espécie; de sorte que podemos sem vacilação estabelecer como nossa primeira proposição a seguinte: que os fenômenos do hábito nos seres vivos são devidos à plasticidade (no sentido que se aplica a estrutura interior tanto quanto a forma exterior) dos materiais orgânicos dos quais estão compostos seus corpos*⁴⁹¹.

A noção de plasticidade explorada por James parte de uma propriedade do mundo físico e encontra no orgânico sua realização máxima. James se coloca de maneira otimista a explicações futuras que incluam modificações no nível mais íntimo da matéria orgânica.

O processo de habituação pode ser mais bem entendido nos ensaios, ambos da década de 1870, de Léon Dumont e Lemoine⁴⁹². James parece ter sido influenciado pelo ensaio de Dumont sobre a característica física no fenômeno de habituação. Pode-se dizer mais precisamente que alterações mecânicas estão diretamente associadas aos hábitos adquiridos.

Apenas como um adendo ao pensamento de James, no capítulo sobre a teoria dos autômatos, James apresenta a teoria, muito difundida na segunda metade do século XIX, de que a extrapolação dos reflexos aos atos conscientes explicariam o comportamento consciente. Nessa concepção, atribuir uma função à consciência em termos mecânicos não se faz necessário, uma vez que se explicam as relações causais entre o estímulo e a resposta motora sem, no entanto, necessitar de nenhum agente externo ou espectador de natureza distinta dos elementos orgânicos envolvidos.

Segundo Kinouchi⁴⁹³, James não concorda em completo com essa visão fisiológica tão somente. A ideia da consciência em termos evolutivos exerce um papel impar no pensamento jamesiano, dando sentido causal, inclusive, ao papel da consciência. Quais seriam, então, possíveis deficiências do sistema nervoso nos animais

⁴⁹¹ James, 1945, p. 106.

⁴⁹² Lemoine, 1876; Dumont, 1876.

⁴⁹³ Kinouchi, 2006.

cujas consciência parece estar mais desenvolvida? Para James, a principal característica indicativa dessa possível deficiência é a instabilidade.

Nas duas últimas décadas do século XIX, não existiam mais dúvidas sobre a condição dos hemisférios cerebrais como centros caracteristicamente superiores. A vantagem adaptativa dos processos de consciência, para James, são descritas na seguinte passagem:

*(...) Os hemisférios cerebrais são os centros nervosos caracteristicamente 'superiores', e vemos quão indeterminadas e imprevistas foram suas ações na comparação com os gânglios basais e a medula espinal. Porém, essa mesma 'fraqueza' constitui sua vantagem. Permitem a seu possuidor adaptar sua conduta às alterações das circunstâncias ambientes, algumas das quais possam ser para ele um sinal, sugerindo motivos distantes mais poderosos que qualquer solicitação de sentido*⁴⁹⁴.

Essa breve descrição da ideia de plasticidade no pensamento jamesiano destaca alguns pontos importantes. A plasticidade ocorre no nível tecidual do sistema nervoso, porém, James não apresenta resultados experimentais que corroborem sua proposta. Outro ponto importante se refere ao papel adaptativo que a consciência tem na possibilidade de modificações do organismo em relação ao ambiente. Na próxima seção discutirei, a título conclusivo, como Ramón y Cajal aprofundou o papel que o conceito de plasticidade exerce no nível das conexões entre as células do sistema nervoso.

13.3. Plasticidade: conceito nuclear na formação do conceito de neurônio

O conceito de plasticidade não pode ser entendido como um conceito que designe uma estrutura orgânica, tal como o próprio conceito de neurônio. Também não se ajusta a um conceito funcional, ou seja, uma determinada função derivada de tal ou qual estrutura, semelhante ao conceito de informação nervosa (força nervosa, impulso

⁴⁹⁴ James, 1945, p. 139.

nervoso, potencial de ação, entre outras designações). O conceito de plasticidade é, em seu conteúdo semântico, um conceito organizador e orientador. Se necessário fosse derivá-lo, não se faz por qualquer conhecimento de uma estrutura orgânica, mas de outro conceito de abrangência comparável. Refiro-me ao conceito de evolução orgânica.

O processo de centralização ganglionar foi fundamental na evolução do sistema nervoso. No conjunto de teses que compõem a teoria neuronal a integração da informação que recebe cada neurônio está determinada, fundamentalmente, por sua topografia. Dessa maneira é fundamental conhecer o processo de formação dessa estrutura. Existiam distintas posições quanto à origem embriológica dos nervos, conforme discutido no capítulo anterior. A teoria monogenista propunha que a célula germinal ou neuroblasto emite uma prolongação, ou fibra nervosa, desde os centros nervosos até a periferia do órgão em que termina livremente. A teoria poligenista (cujo principal adepto foi Hensen) negava terminantemente semelhante crescimento livre. Para os adeptos da visão poligenista, a fibra nervosa não é uma prolongação de uma célula apenas, mas resultado de uma associação em cadeia de múltiplas células.

Uma explicação, à margem das duas anteriores, que ficou conhecida como a ‘hipótese catenária’, foi defendida por Beard, Dolvin, Durante, Cornil e Bethe, para quem o axônio, portanto, os nervos, resultariam da diferenciação e fusão de uma longa cadeia de neuroblastos emigrados dos centros ou da membrana ectodérmica.

Ramón y Cajal confirmou a teoria monogenista. O ‘cabo’ do axônio em crescimento de uma única célula recebeu o nome de *cone de crescimento* por Ramón y Cajal. Para tal, ele utilizou o método de coloração com a prata reduzida. Conforme diz Santarén, o método original de Golgi garantia apenas ‘imagens esqueléticas das células, silhuetas negras’. Cito Santarén:

(...) a estrutura celular ligada à função nervosa estava oculta pela precipitação metálica. Com o novo método, desenvolvido por Ramón y Cajal, a intimidade morfológica e

*estrutural das células nervosas surgia prontamente com clareza e deixava de ser um mistério*⁴⁹⁵.

Como o cone de crescimento de um neurônio embrionário em particular ‘sabe’ aonde ir, até mover-se, tendo como destino contactar outra célula? Ramón y Cajal apresentou duas possíveis explicações (corolários embriológicos da teoria neuronal): (1) o cone é atraído à célula destinatária por um mecanismo de quimiotaxia, ou seja, um processo que implica na liberação de uma substância da célula destinatária e que atrai seletivamente o neurônio que entrará em contato com ela; (2) fatores tão somente mecânicos guiam o cone de crescimento a seu ‘destino’.

A teoria neuronal tem como conceito primário o conceito de neurônio (capítulos 10 e 11). O conceito de neurônio, principalmente em suas condições estruturais de individualidade, derivam os corolários funcionais e de desenvolvimento das células nervosas. Dessa forma, a adoção da teoria neuronal pressupõe a aceitação da condição anatômica de individualidade da célula nervosa. Particularmente no pensamento cajaliano, a individualidade da célula nervosa, em sua grande maioria, mas não na totalidade, é condição tributária do conceito organizador de plasticidade atribuído ao sistema nervoso.

A teoria neuronal, examinada particularmente na obra de Ramón y Cajal pressupõe o conceito de neurônio, porém, reserva papel nuclear ao conceito de um sistema nervoso plástico na formação do conceito de célula nervosa. Essa relação direta entre os conceitos de plasticidade e de neurônio, em que o primeiro é formador do segundo e as relações entre os elementos celulares expressam organicamente o conceito de plasticidade, não implica em uma condição necessária para a adoção da teoria neuronal e suas teses. Um cientista poderia adotar a teoria neuronal e seu pressuposto

⁴⁹⁵ Santarén, 2006, p. 47.

básico (lei de contato pericelular) junto com suas derivações, sem, no entanto, se comprometer com o conceito de plasticidade⁴⁹⁶.

A tese defendida aqui e exposta por meio do percurso apresentado nos treze capítulos que se seguiram pode ser expressa pela proposição de que a teoria neuronal possui um conceito primário e nuclear, o conceito de neurônio. A partir desse conceito se derivam explicações funcionais, embriológicas e evolutivas acerca da constituição do sistema nervoso. O conceito de neurônio, tal qual formulado majoritariamente por Santiago Ramón y Cajal, se constitui tendo como conceito orientador o conceito de plasticidade⁴⁹⁷. Dessa forma, o conceito de plasticidade assume papel nuclear para a compreensão do conceito de neurônio. A tese defendida aqui atribui a esses dois conceitos (plasticidade e neurônio), o papel formador da teoria neuronal, e como defendido no primeiro capítulo, a formação de unidade na neurociência, antecipando o processo de formação disciplinar da neurociência.

⁴⁹⁶ Esse não comprometimento com o conceito de plasticidade deve ser entendido como sendo parcial, uma vez que há inúmeros dados empíricos que invalidam uma concepção fixista do sistema nervoso completa. Refiro-me aqui em relação ao compromisso adotado por Ramón y Cajal com o conceito de um sistema nervoso plástico. Para Ramón y Cajal, o conceito de plasticidade se expressa em diversos níveis: a evolução das células nervosas (variação por diferenciação e por extensão), a variação nas conexões (ele considerou que este nível representa o de maior *força adaptativa*) e nas relações entre as estruturas do sistema nervoso.

⁴⁹⁷ Importante destacar que o conceito de plasticidade como conceito orientador não se desligava dos resultados teóricos e experimentais. Não se trata de um conceito formado à margem da pesquisa experimental.

14. Apêndice⁴⁹⁸

Eixos do sistema nervoso central mostrados no rato (A). No rato, o sistema nervoso central está organizado de forma linear. No homem (B), o sistema nervoso central apresenta uma flexão ao nível do mesencéfalo. (Fonte: Martin, J. H. *Neuroanatomia: texto e atlas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p. 22).

⁴⁹⁸ O objetivo do apêndice é auxiliar o leitor não familiarizado com a linguagem da neuroanatomia e subsequente visualização de determinadas estruturas anatômicas.

Superfície lateral do Encéfalo: Características macroscópicas. Porções principais: cérebro, tronco encefálico e o cerebelo. (Fonte: Bear, M. F. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 208).

Subdivisão anatômica básica do sistema nervoso. O sistema nervoso consiste em duas divisões: o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP). O sistema nervoso central é formado pelo encéfalo (cérebro, cerebelo e tronco encefálico) e a medula espinhal. O sistema nervoso periférico consiste em nervos e células nervosas que encontram-se fora do encéfalo e da medula espinhal. (Fonte: Bear, M. F. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 8).

Medula espinal: Topografia externa e estrutura interna da medula espinal. No detalhe acima: Destaca-se a disposição segmentaria da medula espinal (azul-claro), a coluna vertebral e a localização de um único segmento espinal (azul-escuro). (Fonte: Martin, J. H. *Neuroanatomia: texto e atlas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p. 07).

Cerebelo: Os circuitos do córtex cerebelar estão representados de forma sequencial. (Fonte: Martin, J. H. *Neuroanatomia: texto e atlas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p. 307).

15. Glossário histórico conceitual de termos associados aos estudos do sistema nervoso no século XIX⁴⁹⁹

15.1. Fontes consultadas

A dictionary of Psychological Medicine (DPM). Tuke, H. Philadelphia: Blakiston, Son & Co, 1892. vol. I.

A dictionary of Scientific Terms (DST). Henderson, I. F. & Henderson, W. D. London: Oliver and Boyd, 1920.

A dictionary of terms used in medicine and the collateral sciences (DTM). Hoblyn, R. D. Philadelphia: Lea & Blanchard, 1845.

A dictionary of the german terms used in medicine (DGTM). Cutter, G. R. New York: Putnam's Sons, 1879.

American men of Science (AMS). Cattell, J. M. & Brimhall, D. R. New York: The Science Press, 1921.

Anatomical names: especially the Basle Nomina Anatomica (BNA). Eycleshymer, A. C. New York: William Wood & Company, 1917.

⁴⁹⁹ O glossário apresenta alguns termos técnicos atuais em neurociência associados ao uso desses termos no século XIX. As siglas indicadas entre [] seguida da página, nos verbetes, se referem às referências consultadas para a formulação do glossário (o número da página não será referenciado para o caso do material consultado na Internet).

Anatomical Terms: Their origin and derivation (AT). Field, E. J. & Harrison, R. J. Cambridge: Heffer & Sons, 1947.

A new medical dictionary; containing an explanation of the terms (NMD). Robert Hooper. Philadelphia: Griggs & co. Printers, 1817.

An illustrated dictionary of medicine biology and allied sciences (IDMB). Gould, G. M. Philadelphia: Blakiston's Son & Co, 1899.

De Humani Corporis Fabrica. Epítome. Tabulae sex (HCF). Vesalius, A. São Paulo: Ateliê editorial; Imprensa oficial do Estado; Campinas: Editora Unicamp, 2002.

Diccionario de la Real Academia Española (DRAE). 22^a edición, 2001 (site: www.rae.es).

Diccionario médico-biológico, histórico y etimológico (DMBHE). Gabaudan, F. C. & Bracero, J. U. Ediciones Universidad Salamanca (site: dicciomed.eusal.es).

Diccionario de neurociências (DN). Mora, F. & Sanguinetti, A. M. Madrid: Alianza editorial, 1994.

Diccionario Griego-Español (DGE). Adrados, 1998. Proyecto Diccionario Griego-Español (site: dge.cchs.csic.es).

Dicionário de neuroanatomia (DNA). Gusmão, S. S. & Ribas, G. C. Rio de Janeiro: Dilivros, 2009.

Dicionário de Psicologia (DP). Piéron, H. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

Dictionary of arts & Sciences (DAS). White, M. A. Philadelphia: Brown Printer, 1818.
vol. IV.

Dictionary of biological equivalents german-english (DBGE). Artschwager, E.
Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1930.

Dictionary of Philosophy and Psychology (DPP). Baldwin, J. M. London: Macmillan
and Co, 1902. vol II.

Dictionnaire des Sciences Naturelles (DSN). Levrault, F. G. Tome XIX: GLA-GRZ.
Paris, 1821.

Die Anatomische Nomenclatur. Nomina Anatomica (NA). Wilhelm His. Leipzig:
Verlag von veit & comp, 1895.

Handbook of general Psychology (HGP). Pillsbury, W. B. & Pennington, L. A. New
York: The Dryden Press, 1942.

Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados (HSNa). Tomo I.
Ramón y Cajal, S. [1899a] Madrid: Consejo Superior de Investigaciones
Científicas, 2007a.

Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados (HSNb). Tomo II.
Ramón y Cajal, S. [1899b] Madrid: Consejo Superior de Investigaciones
Científicas, 2007b.

Nineteenth-Century origins of Neuroscientific concepts (NCONC). Clarke, E. &
Jacyna, L. S. Berkeley: University of California Press, 1987.

Phrenological Dictionary (PD). Fowler, L. N. & Fowler, J. A. New York: Fowler & Wells Co, 1894.

Problemas de linguagem anatômica (PLA). Louro, J. I. Porto: edição do jornal do médico, 1944.

Terminologia histológica: International Terms for Human Cytology and Histology (TH-FICAT). Federative International Committee on Anatomical Terminology (FICAT). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.

The essentials of histology, descriptive and practical for the use of students (EH). Sharpey-Schäfer, E. A. London: Longmans, Green, and Co, 1885.

Vocabulário de termos anatômicos (VTA). Coelho, P. J. Juiz de Fora, MG: Universidade Federal de Juiz de Fora, 1967.

15.2. Verbetes

Anastomose (grego: *anastómosis, ἀναστόμωσις; aná, άνά, por meio (para cima) + - stom – στομ, formação cirúrgica de um orifício (boca) + - ó - sis, processo*): O termo *synanastomosis*, primeiramente utilizado por Erasistratos por volta de 280 a.C. e referenciando a suposta junção artério-venosa. O termo se refere à rede de canais que se bifurcam e recombina em pontos distintos. Células fusionadas dizem-se anastomosadas. Nas primeiras décadas do século xix (NMD) anastomose designava tão somente a comunicação entre vasos. O termo aplicado possuía duas designações que remetem ao uso moderno por volta do final do século xv. No sentido biológico geral, designava a união dos elementos anatômicos com outros da mesma planta ou animal. No sentido cirúrgico, designava a conexão de duas estruturas. A raiz *στομ* designa um orifício formado por meio de uma intervenção cirúrgica. No final do século xix, o termo e seus derivados passam a designar processos não cirúrgicos. Louis-Antoine Ranvier (1835-1922) foi um dos histologistas mais influentes na segunda metade do século xix. Em suas *Leçons sur l'histologie du système nerveux* (Paris, Librairie F. Savy), obra publicada em 1878, o termo *anastomose* aparece 85 vezes. Ranvier faz referência a anastomose entre axônios, ramos, fibras e feixes. Nas *Leçons D'Anatomie générale sur le système musculaire*, obra de 1880, Ranvier utiliza o termo e derivados (anastomose, anastomosées, anastomosent) 12 vezes. O termo *anastomosar* (anastomosent) se aplica a extensões ramificadas que se fundem. Anastomosada (anastomosées) aparece (p. 305) como sinônimo de soldada (soudées). Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), em sua obra máxima (HSNa, 1899) utiliza o termo *anastomosis* 33 vezes. Em Cajal, o termo assume um caráter técnico no sentido de descrever a fusão entre estruturas (anastomose intercelular, de axônios, dendritos etc). Nos dicionários de termos biológicos em alemão (DBGE e DGTm) ocorrem três termos que fazem referência à anastomose, são eles: *Gefäßeinmündung* designa anastomose de vasos, *Zusammenmündung* designa tão somente anastomose e *Zusammentreffen* designa anastomose no sentido de reunião. O sufixo – *mündung* designa orifício ou boca, indicativo da definição em termos

cirúrgicos. O sufixo – *treffen*, que designa reunir-se e que no vocábulo *Zusammentreffen* designa a anastomose nos mesmos termos que utiliza Ranvier e Ramón e Cajal é o único termo, dos três acima, que permanece na primeira versão da *Die Anatomische Nomenclatur* (Nomina anatomica - NA) de 1895. [AT, p. 08; NMD, p. 47; HSNa, p. 73, 75, 79; DBGE, p. 85, 222; NA, p. 121, 127, 144, 147; DMBHE; DGTm].

Aponeuroses: Membranas que envolvem músculos ou grupos de músculos. Antes de Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) introduzir o termo *neura* para designar os nervos, tudo de natureza fibrosa era designado pelo termo *neuron*. Cláudio Galeno (129-217) foi um dos primeiros a utilizar o termo *aponeurosis* para se referir a inserção de um músculo que não foi envolvido por fibras. [AT, p. 10].

Arco reflexo: Conjunto funcional formado por um neurônio aferente com seu receptor, um centro onde ocorre a sinapse, e um neurônio eferente que se liga ao efetuator. Via percorrida pelos impulsos nervosos na produção de um arco reflexo. [DNA, p. 07; DN, p. 32].

Área cerebral (telencéfalo): Região do cérebro determinada por suas características anatômicas, histológicas, funcionais e outras. [DRAE].

Áreas de Brodmann: Em 1908, o anatomista alemão Korbinian Brodmann (1868-1918) elaborou o mapa das áreas corticais, designando zonas de estruturas distintas (áreas citoarquitetônicas) por números (1 a 52). As diversas áreas foram enumeradas na ordem em que foram investigadas e não tem qualquer relação com as características funcionais. As áreas estão divididas em: 1. intermédia pós-central, córtex somatossensorial; 2. caudal pós-central, córtex somatossensorial; 3. rostral pós-central, córtex somatossensorial; 4. gigantopiramidal, córtex motor; 5. pré-parietal; 6. frontal agranular, córtex pré-motor; 7. parietal superior; 8. frontal intermédia; 9. frontal granular; 10. frontopolar; 11. pré-frontal, córtex límbico; 12. frontal microcelular; 13. ínsula posterior;

14. ínsula anterior; 15. ínsula ventral; 16. ínsula olfatória; 17. estriada, córtex visual primário; 18. occipital, córtex visual secundário; 19. pré-occipital; 20. temporal inferior, córtex visual ínfero-temporal; 21. temporal média, córtex visual ínfero-temporal; 22. temporal superior, córtex auditivo; 23. cingular ventral posterior, córtex límbico; 24. cingular ventral anterior, córtex límbico; 25. subgenuar; 26. ectosplenial; 27. pré-subicular; 28. entorrinal, córtex límbico; 29. retrolímbica granular; 30. retrolímbica agranular; 31. cingular dorsal posterior; 32. cingular dorsal anterior; 33. pré-genuar, tênia tecti; 34. entorrinal dorsal; 35. perirrinal; 36. ectorrinal; 37. occipitotemporal; 38. temporopolar, córtex límbico; 39. angular; 40. supramarginal; 41. auditiva, córtex auditivo; 42. parauditiva, córtex auditivo; 43. subcentral; 44. opercular; 45. triangular; 46. frontal média; 47. orbitária; 48. pós-subicular; 49. parassubicular; 50. gustatória; 51. piriforme; 52. parainsular. [DNA, p. 14-15].

Áreas funcionais do cérebro: Em termos funcionais, as áreas corticais não se constituem de maneira homogênea. Essa tese predominou no início do século XIX. Paul Broca (1824-1880), em 1861, correlacionou a lesão em área restrita do giro frontal inferior (área de Broca) com a perda da linguagem falada. Em 1870, Gustav Fritsch (1837-1927) e Edward Hitzig (1838-1907) provocaram movimentos de certas partes do corpo por estimulação elétrica em áreas específicas do córtex do cachorro. Atualmente as localizações funcionais do cérebro são consideradas especializações funcionais de determinadas áreas e não compartimentos isolados. [DRAE; DMBHE].

Astrócito (grego: *άστρον*, estrela + *kyto*, *κύτος*, célula): Célula da glia (também designada como célula de Cajal) caracterizada por inúmeros prolongamentos e pequeno corpo celular com núcleo esférico. Os astrócitos apresentam processos que fazem contato com os corpos neuronais, os dendritos, os axônios e as sinapses. Desempenha função de sustentação e isolamento dos neurônios. Há dois tipos de astrócitos: protoplasmático e fibroso. Neologismo cunhado em 1893 por Mihály von Lenhossék (1863-1937). [DMBHE].

Axis (latim: *axis*, um eixo, um pivô): Na antiguidade, somente o processo odontóide (dente do axis, refere-se a uma extensão do corpo da segunda vértebra cervical) da segunda vértebra cervical era considerado eixo, devido à semelhança estrutural. Andreas Vesalius (1514-1564) substituiu a designação geral de vértebra por eixo. [AT, p. 15; HCF, p. 70, sexta figura].

Axônio (grego: *axon*, eixo): O axônio (cilindro-eixo ou fibra nervosa) é o prolongamento do neurônio. Elemento central da fibra nervosa e a porção condutora essencial. Estabelece conexões entre o sistema nervoso central e a periferia do organismo (nervos periféricos). Forma feixes de tratos de substância branca agindo como intermediário dos núcleos e centros da substância cinza (corpos celulares dos neurônios). O axônio contém grande número de neurofibrilas. O axônio das fibras nervosas amielínicas foi descrito por Remak em 1838. [DMBHE; DNA, p. 30].

Axoplasma: Citoplasma do axônio. [DNA, p. 30].

Bainha de mielina (bainha de Schwann): Principal envoltório das fibras nervosas. Atua como isolante elétrico. A bainha de mielina é formada por células de Schwann no sistema nervoso periférico e por oligodendrócitos no sistema nervoso central. Descrita por Schwann. [DN, p. 54].

Bulbo (Latim: *Myelencephalon*, *Medula oblongata*, *Busbus*): Protuberância. O bulbo é derivado do mielencéfalo embrionário e possui formato de cone. É a porção inferior do tronco encefálico, interposta entre a medula espinhal e a ponte. O bulbo é denominado também por medula oblonga. [DTM, p. 71].

Bulbo olfatório: Dilatação ovóide e achatada de substância cinza em continuação com o trato olfatório posteriormente. O trato e bulbo olfatório estão alojados no sulco olfatório. [DTM, p. 71].

Célula bipolar da retina: Célula responsável por fazer sinapse com os cones e bastonetes e cujos axônios comunicam-se com os dendritos das células ganglionares da retina. [DNA, p. 40].

Célula de Deiters: Um tipo celular do órgão de Corti (compõe o sistema auditivo). [DNA, p. 41].

Célula de Gierke: Célula pequena. Encontra-se na substância gelatinosa (lamina de Rexed II) do corno dorsal da medula espinal. [DNA, p. 41].

Célula de Golgi: Neurônio cujo corpo celular localiza-se na lâmina granular do córtex cerebral. As células de Golgi do tipo I possuem um corpo celular de grandes proporções e axônios longos. As células de Golgi do tipo II apresentam corpo celular pequeno e axônio curto. Golgi descreveu essas células em 1886. [DNA, p. 41; DMBHE].

Célula de Purkinje: Célula piriforme e de grandes dimensões. Localiza-se na camada média do córtex cerebelar. As células de Purkinje possuem dendritos que se ramificam na camada molecular do córtex do cerebelo, e de um axônio que sai em direção oposta, com terminação nos núcleos centrais do cerebelo, exercendo ação inibitória. Considerada a célula mais importante do cerebelo e a única célula eferente do córtex cerebelar, foi descrita por Purkinje em 1837. [DNA, p. 41; DMBHE].

Célula de Renshaw ou interneurônio de Renshaw: Pequena célula nervosa da coluna anterior da medula espinal de onde chegam aferências excitatória de axônios colaterais de neurônios motores. [DNA, p. 41].

Célula de Rolando: Célula nervosa presente na substância gelatinosa de Rolando da medula espinal. Descrita por Luigi Rolando (1773-1831). [DNA, p. 41].

Célula de Schwann: Células que circundam os axônios formando seus envoltórios, a bainha de mielina e o neurilema. [DNA, p. 41].

Célula em cesto: Célula inibitória localizada na camada molecular do córtex cerebelar. Possui terminação axônica em forma de cesto, em torno do corpo celular da célula de Purkinje. [DRAE; DMBHE].

Célula ependimária: Células que revestem as cavidades do sistema nervoso (ventrículos e canais). [DNA, p. 41].

Célula fusiforme: Célula com axônio descendente que penetra no centro branco medular. Predomina na camada VI ou camada de células fusiformes. [DNA, p. 41].

Célula ganglionar: Corpo da célula nervosa no gânglio sensitivo ou autonômico do sistema nervoso periférico. [DNA, p. 42].

Célula granular (célula estrelada): Célula muito pequena (menores no corpo humano), cujo citoplasma é reduzido. Tem vários dendritos e um axônio que atravessa a camada das células de Purkinje. Ao atingir a camada molecular do cerebelo, bifurca-se em T. Os ramos resultantes dessa bifurcação constituem as fibras paralelas, dispostas paralelamente ao eixo da folha do cerebelo. [DNA, p. 42].

Célula mitral: Célula do bulbo olfatório que se conecta com fibras olfatórias e cujos axônios dirigem-se para o trato olfatório. Possuem formato semelhante ao de um gorro. [DNA, p. 42].

Célula motora (neurônio eferente): Neurônio cujo axônio inerva células efectoras periféricas, como as fibras musculares e as células glandulares. [DN, p. 196-7].

Célula monopolar: Neurônio com uma terminação única de onde saem os dendritos e axônios. Os fotorreceptores (cones e bastonetes) são exemplos de neurônios monopolares. [DN, p. 196].

Célula multipolar: Célula nervosa com vários dendritos com origem no corpo celular e uma terminação axônica. [DN, p. 197].

Célula piramidal: Neurônios do córtex cerebral que possuem forma triangular e com dendrito apical longo direcionado para a superfície do córtex. [DN, p. 197].

Célula piramidal de Betz: Neurônios grandes de forma piramidal localizados na área motora (área 4 de Brodmann) do córtex cerebral nos mamíferos superiores. [DN, p. 197].

Célula sensorial (células receptoras sensoriais): Célula do sistema nervoso periférico no qual chegam impulsos aferentes (sensoriais). [DNA, p. 42].

Células ciliadas: Células neuroepiteliais sensoriais localizadas no órgão de Corti, na mácula e na crista do labirinto membranoso do ouvido e nas papilas gustativas. Possuem longos estereocílios ou cinocílios que vistos no microscópio se assemelham a pêlos. [DNA, p. 43].

Centro (Telencéfalo): Conceito fisiológico não mais utilizado. Referia-se a um grupo de células nervosas do sistema nervoso central com uma dada função. Alguns exemplos: centro branco medular, centro da alimentação, centro da saciedade, centro de Budge (cilioespinal) entre outros. [DMBHE].

Cerebelo (latim: *Cerebellum*): Órgão do sistema nervoso situado dorsalmente ao bulbo e à ponte e que ocupa a parte posterior e inferior da cavidade craniana. Sua superfície é preenchida por numerosas fissuras transversais em curvas. Semelhante ao cérebro, o cerebelo apresenta um córtex que envolve um centro de substância branca (corpo medular do cerebelo). Sua função é exclusivamente motora e relaciona-se com o equilíbrio e coordenação de movimentos. Divide-se anatomicamente em verme e hemisférios direito e esquerdo. [DPM, p. 158].

Cerebelo cortical (latim: *pontocerebellum*): Porção do cerebelo que recebe fibras dos núcleos da parte basilar da ponte e corresponde ao neocerebelo. É a parte filogeneticamente mais recente do cerebelo e que tem conexões com o córtex cerebral. Relaciona-se com o controle de movimentos finos. Corresponde ao lobo posterior, com exceção da pirâmide e da úvula do verme (diminutivo de uva. Lóbulo do verme cerebelar delimitado pelas fissuras pós-piramidal e póstero-lateral. Na extremidade anterior há o nódulo, que avança ligeiramente para o interior do quarto ventrículo, onde termina por uma extremidade arredondada. A úvula é contínua com as tonsilas no hemisfério cerebelar. De cada lado do nódulo origina-se uma fina lâmina branca, o véu medular inferior, que forma a metade caudal do teto do quarto ventrículo. Os anatomistas antigos compararam a úvula e o véu medular inferior que a segue lateralmente ao véu do palato, que limita posteriormente a parede superior da boca e se compõe de um apêndice central, a úvula. Por essa razão, os dois lóbulos cerebelares que estão adaptados ao véu medular inferior recebem a denominação de tonsilas ou amígdalas e a extremidade anterior do verme superior, que fica acima do nódulo e está ligada ao véu medular superior, é denominada língula. [DNA, p. 46; DPM, p. 158-62].

Cerebelo espinal (latim: *spinocerebellum*): Porção filogeneticamente antiga do cerebelo que recebe fibras de neurônios dos núcleos espinais da medula espinal.

Corresponde ao paleocerebelo e está relacionado com a regulação do tônus muscular e da postura. Formado pelo lobo anterior, a pirâmide e a úvula. [DNA, p. 46].

Cerebelo vestibular: Porção do cerebelo que recebe fibras de neurônios dos núcleos vestibulares. Corresponde ao arquicerebelo e relaciona-se com o equilíbrio. [DNA, p. 46].

Cérebro (latim: *Cerebrum*; inglês: *Brain*): Corresponde ao telencéfalo, representado pelos dois hemisférios cerebrais. Constitui a parte anterior e superior do encéfalo. Apresenta o formato de um ovóide, cujo eixo maior tem a orientação Antero-posterior. [DPM, p. 146].

Cérebro anterior (telencéfalo): Refere-se à parte do cérebro derivada do prosencéfalo. [DPM, p. 148].

Cérebro intermediário (diencefalo: Gr. *dia*, entre; *enképhalos*, encéfalo): Denominado cérebro intermediário por tratar-se da estrutura entre os hemisférios cerebrais. Compreende a divisão posterior do prosencéfalo. O diencefalo apresenta situação ímpar e mediana, sendo quase completamente encoberto pelo telencéfalo. Compreende as seguintes partes: tálamo, hipotálamo, epitálamo e subtálamo (todas em relação ao terceiro ventrículo). [DPM, p. 146].

Cíngulo (latim: *cingulum*; cinto, circular): Denominado fascículo do cíngulo. Conjunto de fibras de associação que percorrem o giro do cíngulo e o giro parahipocampal. Circunda o corpo caloso como um cinto. [DNA, p. 47].

Circuito de Papez: Cadeia de condução em circuito do prosencéfalo de mamíferos, que se inicia no hipocampo, segue pelo fórnice e continua até o corpo mamilar, de onde retorna ao hipocampo percorrendo os núcleos talâmicos anteriores, o giro do cíngulo e o

giro parahipocampal. O circuito de papez foi descrito em 1937 por James Papez (1883-1958). Papez sugeriu que nesse circuito estariam integrados os comportamentos emocionais. Estudos mais recentes associam esse circuito à memória de fixação. [DNA, p. 47].

Círculo arterial do cérebro: Conjunto de anastomoses arteriais na base do cérebro, em torno da sela turca (denominada fossa pituitária. Depressão no corpo do osso esfenóide, na linha média da fossa média, onde se aloja a glândula hipófise ou pituitária. A frente se limita por uma pequena saliência chamada de tubérculo da sela, localizado atrás do sulco óptico ou sulco quiasmático), em forma de hexágono, formado pelas artérias carótida interna, cerebral anterior, comunicante anterior, cerebral média, comunicante posterior, basilar e cerebral posterior. Outra designação é por círculo de Willis. Thomas Willis (1632-1675) descreveu-a em 1664 no livro *Cerebri Anatome*. Nessa obra aparece o termo neurologia pela primeira vez entre outros termos cunhados por Willis. [DRAE].

Circunvolução (inglês: convolution, gyrus): Termo utilizado para as tortuosidades (ondulações) do intestino, o que pode ter influenciado a importação do termo para o cérebro. Designa os giros do cérebro. [DN, p. 59].

Classificação filogenética do córtex cerebral: Filogeneticamente divide-se o córtex cerebral em: (1) arquicórtex (Gr. *arche*, primeiro), tipo muito simples e primitivo de córtex que surge no cérebro do peixe e do ciclóstomo (antiga classe de ágnatos, vertebrados desprovidos de aparelho maxilomandibular. São exemplos de ciclóstomos as mixinas e lampreias). No homem, o arquicórtex está localizado no hipocampo; (2) paleocórtex (Gr. *palaiós*, antigo; latim. *cortex*, casca), constitui um tipo mais avançado que o arquicórtex e aparece nos anfíbios. Designado também como *archipallium* (Gr. *arche*, primeiro, antigo; latim. *pallium*, córtex). No homem, o paleocórtex está localizado no unco (Gr. *onkos*; latim. *uncus*, gancho. Gancho do giro parahipocampal. O unco é formado pela porção anterior do giro parahipocampal, dobrada para cima, e pela

porção extraventricular da cabeça do hipocampo. Inferiormente, é separado do giro parahipocampal pela incisura (latim. *incisura*. Indentação na borda de qualquer estrutura) uncal. Anteriormente, continua com a porção anterior do giro parahipocampal. Superiormente, continua com o globo pálido. Na face inferior do hemisfério, é separado lateralmente do pólo temporal pelo sulco rinal. O unco é dividido em termos funcionais em partes anterior e posterior. A parte posterior corresponde à parte extraventricular da cabeça do hipocampo. Apresentando os seguintes giros: giro uncinado, banda de Giancomini e giro intralímbico. A parte anterior, porção do giro parahipocampal que se dobra para cima, mostra duas protruções: o giro semilunar e o giro ambiente, separados pelo sulco semianular (parte anterior que contém a amígdala)) e em parte do giro parahipocampal. O arquicórtex e o paleocórtex correspondem conjuntamente ao alocórtex; (3) o neocórtex (Gr. *néos*, novo; latim. *cortex*, casca) é o córtex que surge nos répteis e predomina nos mamíferos. Correspondente ao isocórtex (córtex formado por seis camadas e que apresenta espessura em torno de 2-5 mm. No homem, o neocórtex ocupa cerca de 90% da área cortical e está localizado em quase todo o hemisfério, com exceção do hipocampo, do unco e de parte do giro parahipocampal. [DNA, p. 51].

Cóclea (latim. *cochlea*, caracol, concha de caramujo): Parte mais anterior do labirinto ósseo. Situa-se anteriormente ao vestíbulo, na porção petrosa do osso temporal (porção mais complexa do osso temporal). Consiste em um canal espiral que faz duas voltas e meia ao redor de um cerne de osso esponjoso, o modíolo. Assemelha-se à concha cônica de molusco. Na cóclea, encontra-se o órgão espiral de Corti, onde se localizam as células receptoras auditivas, descritas por Eustáquio em 1552 e nomeadas por Fallopius em 1561. [DMBHE].

Colaterais de Schaffer: Colaterais dos axônios dos neurônios piramidais no campo CA3 do hipocampo que se projetam nas células piramidais do campo CA1. [DNA, p. 51].

Colículo (latim. *colliculus*, diminutivo de *collis*): Pequena elevação. [DNA, p. 51].

Colóide (inglês: *colloid*; grego: *κόλλα*, pegamento, cola + - *o* – grego + -*eid*(és) – *ειδής/ές*, que tem o aspecto de): O termo em inglês *colloid* é um neologismo criado em 1861 por Thomas Graham (1805-1869). O sufixo adjetival – *oide* – procedente do grego *ο-ειδής/ές*, segue o mesmo esquema de termos como cristalóide, antropóide, romboide, trapezóide entre outros. Numa tradução livre, colóide é uma substância semelhante à cola. O termo *kola* (do grego *κόλλα*) forma parte de muitas palavras, tais como: colágeno, colagenocito entre outras. Protocolo, por exemplo, deriva do grego *protokollon*, de *protos*, que designa primeiro e/ou primitivo. O caso do protocolo se assemelha ao de protoplasma e protohistória, pois, originalmente o termo *kolla* se refere à folha ou envoltura que junta um rolo de papiro escrito. Segundo [DRAE], colóide designa uma mistura homogênea de substâncias em que ao menos uma esteja finamente dispersa na outra. O tamanho das partículas coloidais oscila em amplo espectro e os critérios para se determinar esses limites são arbitrários (considera-se a variação entre 1 nm e 1 µm a medida aproximada do diâmetro das partículas de uma solução coloidal). Os primeiros estudos sobre colóides datam das primeiras décadas do século XIX. Thomas Graham foi quem cunhou o termo *colloid*. Graham utilizou o termo para designar soluções de goma vegetal, distinguindo-as de soluções do tipo cristalóide (sal em água). O químico italiano Francesco Selmi (1817-1881) publicou o primeiro estudo sistemático sobre colóides inorgânicos na *Enciclopedia di Chimica Scientifica e Industriale*, obra em 11 volumes publicada entre 1868 e 1881. [DRAE; DGE; DMBHE; AT, p. 31].

Coluna aferente somática especial: Coluna longitudinal de núcleos dos nervos cranianos formada pelos núcleos cocleares e vestibulares. Localizada na área vestibular do assoalho do quarto ventrículo. Recebem fibras aferentes somáticas especiais que conduzem impulsos nervosos originados no ouvido interno e relacionados com a audição e os movimentos da cabeça. [DMBHE; DNA, p. 53].

Coluna aferente somática geral: Coluna longitudinal de núcleos dos nervos cranianos formada pelos núcleos do trato mesencefálico do trigêmeo, sensitivo principal e do trato espinal do trigêmeo. Recebem fibras aferentes somáticas gerais que conduzem a sensibilidade geral da face (nervo trigêmeo) e do pavilhão auditivo e do meato acústico externo (nervos facial, glossofaríngeo e vago). [DNA, p. 53].

Coluna anterior: Divisão da substância cinza da medula espinal, localizada em cada metade anterior da medula. Relativamente volumosa, está dirigida para a frente, terminando a curta distância da superfície anterior da medula. Apresenta contorno irregular e dá origem, na sua parte anterior, às raízes anteriores dos nervos espinais. Nessa coluna localizam-se os neurônios radiculares somáticos destinados à inervação dos músculos estriados esqueléticos (motoneurônios α) do tronco, do pescoço e dos membros, e os motoneurônios γ responsáveis pela inervação das fibras intrafusais. A coluna anterior apresenta os núcleos: ântero-lateral, anterior, ântero-medial, pósterolateral, retro-pósterolateral, pósteromedial, central, núcleo do nervo acessório e núcleo do nervo frênico. [DNA, p. 53; DRAE; DMBHE].

Coluna cortical: Unidade de funcionamento do córtex cerebral com entrada e saída de informação básica. Parece realizar operações de processamento e distribuição de informação. Se compõe de uma série de neurônios muito interconectados entre si ao longo do eixo vertical do córtex. [DNA, p. 53].

Coluna de Burdach (medula espinal): Fascículo cuneiforme ou fascículo de Burdach (latim: *fasciculus*, pequeno feixe; *cuneus*, cunha.). Interpõe-se como cunha entre o fascículo grácil e a coluna posterior. É evidente apenas a partir da medula torácica alta e continua no bulbo, sendo visível somente em sua porção fechada. Termina no núcleo cuneiforme, situado no tubérculo do núcleo cuneiforme do bulbo. Formado por fibras que são prolongamentos centrais dos neurônios sensitivos situados nos gânglios espinais das raízes cervicais e torácicas superiores. Conduz impulsos nervosos que estão

relacionados com a propriocepção consciente, o tato discriminativo, a sensibilidade vibratória e a estereognosia (habilidade de reconhecer as formas dos objetos pelo tato) dos membros superiores e da metade superior do tronco. Estrutura descrita por Karl Frederich Burdach (1776-1847) em 1819. [DRAE].

Coluna de Clarke (coluna de Stilling, coluna de Stilling-Clarke ou núcleo torácico posterior): Núcleo localizado na base da coluna posterior da medula torácica e lombar alta. Relaciona-se com a propriocepção inconsciente dos membros inferiores e contém neurônios cordonais de projeção, cujos axônios dirigem-se ao cerebelo através do trato espinocerebelar posterior. Também denominado núcleo da coluna de Clarke ou núcleo de Stilling-Clarke. Estrutura descrita por Benedict Stilling (1810-1879) por volta de 1843 e confirmada por Jacob Clarke (1817-1880) em 1851. [DNA, p. 53].

Coluna do fórnice (latim: *columna fornicis*): Parte do fórnice que se curva para baixo, rostralmente ao tálamo dorsal e adjacente ao forame (latim: *foramen*, de foro, furar. Abertura ou passagem natural) interventricular, a partir de onde segue, através do hipotálamo, até o corpo mamilar. Formada por fibras originadas do hipocampo. [DNA, p. 54].

Coluna eferente somática: Coluna longitudinal de núcleos dos nervos cranianos formada pelos núcleos do oculomotor, do troclear, do abducente e do hipoglosso. Os núcleos dessa coluna dispõem-se, de cada lado, próximo ao plano mediano. Originam fibras para a inervação dos músculos estriados miotônicos dos olhos e da língua. [DNA, p. 54].

Coluna intermédia (latim: *coluna intermedia*; *cornu laterale*): Divisão da substância cinza da medula espinal, localizada entre as colunas anterior e posterior. Trata-se de expansão transversal da porção póstero-externa da coluna anterior. Estrutura bem visível somente na parte superior da medula torácica. Dividida em substância cinza intermédia

central e substância cinza intermédia lateral. Nessa coluna, denominada coluna lateral, localizam-se os neurônios radiculares viscerais (neurônios pré-ganglionares do sistema nervoso autônomo) destinados à inervação dos músculos lisos, cardíaco e glândulas. A coluna intermédia forma a lâmina VIII de Rexed, onde localizam-se os seguintes núcleos: núcleo intermediolateral, núcleo torácico posterior (núcleo de Clarke), núcleo intermediomedial, núcleos parassimpáticos sacrais, núcleo do nervo pudendo, formação reticular espinal e núcleo medial anterior. [DMBHE].

Coluna posterior (latim: *columna posterior; cornu posterius*): Divisão da substância cinzenta da medula espinal, localizada em cada metade posterior da medula. Dirige-se obliquamente para trás e para fora, até o sulco póstero-lateral, sendo separada da superfície externa da medula por fina lâmina de substância branca, o trato dorsolateral. Distingue-se da coluna anterior por ser menor, mais delgada, apresentar contorno regular e estender-se até a superfície da medula. Nessa coluna, os filamentos radiculares da raiz dorsal fazem sinapse com os neurônios cordonais de projeção cujos axônios vão constituir as vias ascendentes da medula, através das quais os impulsos que entram pela raiz dorsal são levados ao tálamo e ao cerebelo. [DNA, p. 54-5].

Coluna vertebral (latim: *columna vertebralis*): Endoesqueleto axial. Primeiramente uma notocorda e, depois, uma coluna vertebral, é essa a característica fundamental do filo Chordata e de seu subfilo Vertebrata. A coluna vertebral (também denominada raque) é um prolongamento eixo ósseo, situado na linha média e na parte posterior do tronco e que serve de estrutura protetora da medula espinal e ponto de apoio para a maioria das vísceras. Divide-se em quatro partes, são elas: cervical, torácica, lombar e sacrococcígea. Formada por elementos ósseos em forma de discos e superpostos, as vértebras. [DNA, p. 55].

Colunas longitudinais dos núcleos dos nervos cranianos: Walter H. Gaskell (1847-1914) e Albert E. Herrick (1869-1960) sistematizaram os núcleos dos nervos cranianos

segundo os componentes funcionais de seus neurônios em sete colunas: eferente somática, eferente visceral geral, eferente visceral especial, aferente somática geral, aferente somática especial, aferente visceral geral, aferente visceral especial. [DMBHE].

Comissura (latim: *comissura*, de *committo*, enviar junto, combinar): Denominação geral do local onde se reúnem formações anatômicas correspondentes. Refere-se à formação anatômica constituída por fibras nervosas que cruzam perpendicularmente o plano mediano e que têm, conseqüentemente, direções diametralmente opostas, unido os hemisférios cerebrais. São comissuras: (1) o corpo caloso, que une a maior parte do neocórtex dos dois hemisférios cerebrais; (2) comissura do hipocampo, formada por fibras que se dispõem entre as duas pernas do fórnice e liga os dois hipocampos; (3) comissura anterior, visível na face medial do hemisfério cerebral, localizada entre o rostro do corpo caloso e a lâmina terminal, unindo os bulbos e tratos olfatórios e os lobos temporais; (4) comissura posterior, feixe transversal de fibras, visível na face medial do hemisfério cerebral entre a pineal e a extremidade superior do teto do mesencéfalo; (5) comissura branca, localizada entre a fissura mediana anterior e a substância cinza da medula, constituída por fibras do trato espinotalâmico lateral. [DRAE].

Cone medular (latim: *conus medullaris*): Extremidade inferior afilada da medula espinal, envolta pela cauda eqüina e que continua como um delgado filamento meníngeo, o filamento terminal. O cone medular está localizado no nível da primeira e da segunda vértebra lombares. [DNA, p. 58].

Corno (latim: *cornu*, chifre): Na substância cinza da medula, observa-se, de cada lado, três colunas que aparecem nos cortes transversais como cornos ou colunas: anterior, posterior e lateral. Designa também as principais subdivisões do ventrículo lateral no hemisfério cerebral (corno frontal ou anterior, corno occipital ou posterior e corno temporal ou inferior). [DNA, p. 58].

Coroa radiada (latim: *corona radiata*. Gr. *koróné*, coroa; *radius*, raio): Conjunto de fibras do centro branco medular, em forma de leque, que confluem para formar a cápsula interna. A coroa radiada se dirige a todas as direções, a partir da cápsula interna, como raios de luz. Descrita por Johann Christian Reil (1759-1813). [DMBHE].

Corpo amigdalóide (latim: *corpus amygdaloideum*; grego: *amygdale*, amêndoa; *eidos*, semelhante): Massa esferóide de substância de aproximadamente dois centímetros de diâmetro localizada na extremidade anterior do giro parahipocampal (unco), em relação com a cauda do núcleo caudado. Limitado superiormente com o globo pálido. Era considerado como um componente dos núcleos da base em terminologias anteriores. Uma vez que funciona fora das atividades relacionadas pelos núcleos da base, passou a ser listado na terminologia anatômica de 1998 dentro da parte basilar do telencéfalo. [DRAE].

Corpo caloso (latim: *corpus*, corpo; *callosus*, duro): Faixa de substância branca de formato quadrilátero, com aproximadamente oito centímetros de comprimento, se estende de um hemisfério a outro. É a maior das comissuras do telencéfalo. Estabelece conexão entre áreas corticais simétricas dos dois hemisférios, com exceção do lobo temporal (unidas pelas fibras da comissura anterior). O corpo caloso se divide em rostro, joelho, tronco e esplênio. Sua denominação se deve ao fato de formar uma ponte resistente de matéria branca que une os dois hemisférios cerebrais. Galeno (130-200) descreveu o corpo caloso pela primeira vez e denominou-o por corpo duro. [DMBHE; DNA].

Corpo estriado (latim: *corpus striatum*; *striatum*, de *stria*, estria): A denominação por corpo estriado deve-se ao fato de que esse conjunto de massa cinzenta não apresenta coloração nem textura homogênea. A cápsula interna o atravessa e envia ao seu interior fibras brancas que formam estrias. O corpo estriado é formado pelos núcleos caudado e lentiforme (putame e globo pálido). É dividido em uma parte recente, neoestriado

(striatum), que compreende o putame e o núcleo caudado, e uma parte antiga, paleoestriado ou pálido (pallidum), constituída pelo globo pálido. O complexo estriatopalidal (corpo estriado) constitui a porção central dos núcleos da base, sendo o striatum sua principal porção receptora e a estação integradora formada pelo globo pálido. O striatum recebe suas principais aferências do córtex cerebral, da substância negra, do *locus ceruleus* (latim: *locus*, lugar, *ceruleus*, da cor do céu. Área de coloração ligeiramente escura na porção superior (pontina) do assoalho do quarto ventrículo, localizada lateralmente à eminência medial e superiormente à fóvea superior (ângulo superior do quarto ventrículo). Corresponde a um complexo nuclear (núcleo cerúleo, núcleo subcerúleo). Pertence ao grupo de células monoaminérgicas e à formação reticular. Recebe aferências dos núcleos da rafe e envia eferências para várias áreas do cérebro. A função do *locus ceruleus* está relacionada com os mecanismos do sono, mais especificamente com a fase do sono paradoxal), dos núcleos da rafe e núcleos intralaminares do tálamo. [DMBHE].

Corpo geniculado lateral (latim: *corpus*, corpo; *geniculare*, dobrar o joelho): O corpo geniculado lateral forma ligeira saliência na face póstero-inferior do tálamo. Está ligado anteriormente ao trato óptico e posteriormente ao colículo superior através do braço do colículo superior. É formado por camadas concêntricas de substância branca e cinza e recebe pelo trato óptico fibras provenientes da retina. Projeta fibras através do trato geniculocalcarino para a área visual do córtex, situada nas bordas do sulco calcarino. Passam fibras pelo braço do colículo superior que atingem o núcleo pré-tetal e os colículos superiores. Essas fibras fazem parte das vias que medeiam os reflexos ópticos. [DNA, p. 61].

Corpo geniculado medial (latim: *corpus geniculatum mediale*): Pequena massa com formato ovóide que se projeta ventralmente a partir do pulvinar do tálamo. Liga-se ao colículo inferior pelo braço do colículo inferior. O corpo geniculado medial recebe pelo

braço do colículo inferior fibras provenientes do colículo inferior e origina as radiações auditivas para o córtex auditivo no giro temporal transversal anterior. [DNA, p. 61].

Corpo mamilar (latim: *corpus mamillare*; *corpus*, *corpo*; *mammilla*, *mamilo*; diminutivo de *mamma*, *mama*): Os corpos mamilares são duas eminências arredondadas de substância cinzenta, evidentes na parte anterior da fossa interpeduncular, imediatamente atrás do *túber cinéreo* (latim: *tuber*, proeminência arredondada; *cinereum*, cinzento. Área mediana do assoalho do hipotálamo, ligeiramente acinzentada, situada atrás dos quiasma óptico e dos tratos ópticos, entre estes e os corpos mamilares) e à frente da substância perfurada posterior, na face inferior do hipotálamo. É formado por um complexo de cinco núcleos. Recebe um feixe principal de fibras hipocâmpais, a partir do fórnice. Suas vias eferentes são representadas pelo fascículo mamilotalâmico (fascículo de Vicq d'Azyr) e pelo fascículo mamilotegmentar (fascículo de Gudden). O corpo mamilar faz parte do circuito de Papez e sua lesão determina alterações afetivas. [DNA, p. 62].

Corpo medular do cerebelo (latim: *corpus medullare cerebelli*): Centro de substância branca de onde irradiam as lâminas brancas que formam as folhas do cerebelo. Cortes sagitais do cerebelo seccionam transversalmente as lâminas em ângulos retos, denominando-se a superfície cortada por árvore da vida. O corpo medular é composto por fibras aferentes e eferentes e acomoda os núcleos centrais do cerebelo. As fibras aferentes penetram no cerebelo pelos pedúnculos cerebelares e se dirigem ao córtex; as fibras eferentes originam-se nos núcleos centrais do cerebelo e também cursam pelos pedúnculos cerebelares. [DRAE; DNA, p. 62].

Corpo neuronal (soma neuronal): Refere-se à parte central (sem prolongamentos) do neurônio. Contém o núcleo e as organelas responsáveis pelo metabolismo da célula nervosa. Parte do neurônio onde se integram as aferências dendríticas. [DMBHE].

Corpo trapezóide (latim: *corpus trapezoideum*): Conjunto de fibras originadas nos núcleos cocleares dorsal e ventral que cruzam para o lado oposto, e infletem-se cranialmente para formar o lemnisco lateral. Situa-se na parte anterior da calota pontina, imediatamente à frente da oliva superior. Ao longo dessas fibras encontra-se pequena massa de substância cinza, denominada núcleo trapezóide. As fibras do corpo trapezóide projetam-se superiormente no colículo inferior. Faz parte da via auditiva.

Corpo vertebral (latim: *Corpus vertebralis*): Parte mais volumosa da vértebra e varia de tamanho, forma e proporções nas diferentes regiões.

Corpúsculo de Golgi-Mazzoni: Terminação nervosa sensorial encapsulada, receptora de pressão. Descrita por Camillo Golgi (1843-1926) e Vittorio Mazzoni (1880-1940).

Corpúsculo de Krause: Terminações nervosas receptoras de tato. Descrita por Wilhelm Johann Friedrich Krause (1833-1910).

Corpúsculo de Meissner (corpúsculo tátil): Terminações nervosas sensitivas (receptores) localizadas nas papilas dérmicas, principalmente naquelas da pele espessa das mãos e dos pés. São receptores de tato e pressão. Descrito em 1853 por George Meissner (1829-1905).

Corpúsculo de Merkel (menisco tátil ou disco de Merkel): Terminação nervosa sensitiva tátil especializada, localizada na epiderme. Descrito em 1880, por Friedrich Sigmund Merkel (1845-1919).

Corpúsculo de Paccini (corpúsculo de Vater-Paccini ou corpúsculos lamelados): Terminações nervosas sensitivas formadas por camadas concêntricas de tecido conjuntivo. Localizam-se no celular subcutâneo das mãos e dos pés, responsáveis pela

sensibilidade vibratória. Descrito por Abraham Vater (1684-1751) e Filippo Paccini (1812-1883).

Córtex (latim: *Cortex*, casca): Termo que designa a parte mais superficial de uma estrutura ou núcleo. Denomina a substância cinza disposta em camada fina na superfície do cérebro e do cerebelo.

Córtex agranular: Córtex cerebral que não possui camadas (estratos) granulares. Corresponde às áreas que originam as eferências corticais.

Córtex auditivo: Região do córtex cerebral onde chega a radiação auditiva do corpo geniculado medial, grupo de células talâmicas que recebe informações auditivas dos núcleos cocleares. Corresponde às áreas 41 e 42 de Brodmann.

Córtex calcarino (área visual primária): A área visual primária localiza-se nas bordas do sulco calcarino (área 17 de Brodmann). Nessa área chegam as fibras do trato geniculocalcarino originadas no corpo geniculado lateral. Tem projeções eferentes para o pulvinar do tálamo, colículo superior, formação reticular e as áreas 18 e 19 de Brodmann. Denomina-se também por área estriada, uma vez que contém em sua estrutura a estria de Gennari ou de Vicq d'Azur.

Córtex cerebelar (latim: *Cortex cerebelli*): Fina camada de substância cinza que envolve o corpo molecular e as folhas do cerebelo. Formado de três lâminas ou estratos (granuloso, purkinjense e molecular) cujas principais células são: células de Purkinje, células granulares, células em cesto e células de Golgi. Recebe as terminações aferentes das fibras trepadeiras e musgosas. As fibras olivocerebelares trepadeiras fazem sinapse com os neurônios de Purkinje e as fibras musgosas comunicam-se com esses neurônios através dos neurônios granulares e seus axônios paralelos. A eferência do córtex cerebelar é constituída pelas células de Purkinje.

Córtex cerebral (latim: *Cortex cerebri*): Fina camada de substância cinza disposta na superfície dos hemisférios cerebrais. Possui espessura média de 2 mm e ocupa superfície de 2.500 cm². Contém neurônios, células da glia e fibras. O córtex cerebral é a porção filogeneticamente mais desenvolvida e mais diferenciada do sistema nervoso responsável pela integração das funções superiores (cognição, memória, consciência, linguagem e movimentos voluntários). Do ponto de vista citoarquitetural, divide-se em isocórtex e alocórtex. O córtex cerebral apresenta organização laminar de componentes celulares e fibrosos, de forma que suas células nervosas encontram-se empilhadas em estratos definidos cujo número varia de três, como no arquicórtex do hipocampo, a seis no neocórtex.

Córtex cingulado (latim: *cingulum*, *cintura*): Parte medial do córtex cerebral que forma parte do sistema límbico e se relaciona com os mecanismos cerebrais da emoção e da motivação.

Córtex de associação: Termo genérico que designa as grandes áreas do córtex cerebral que não são sensitivas nem motoras, mas estão envolvidas no processamento das informações sensoriais, na integração multissensorial ou na integração sensorimotora.

Córtex de projeção: Termo usado para designar as áreas corticais que recebem ou dão origem a fibras relacionadas diretamente com a sensibilidade e a motricidade. As áreas de projeção podem ser divididas em áreas sensitivas e áreas motoras.

Córtex frontal: Córtex do lobo frontal do hemisfério cerebral. Originalmente referia-se a toda área cortical anterior ao sulco central, incluindo o córtex motor agranular e pré-motor (áreas 4 e 6 de Brodmann), o córtex disgranular (área 8) e o córtex frontal granular (pré-frontal) anterior ao último.

Córtex occipital: Área do córtex cerebral situada na parte posterior do hemisfério cerebral e que contém as principais áreas de processamento da informação visual.

Córtex parietal: Região do córtex relacionada com as sensações somáticas, linguagem e processamento e controle visuoespacial.

Córtex pré-frontal: Córtex de associação situado na parte mais rostral do lobo frontal. Compreende a parte anterior não-motora do lobo frontal e no homem ocupa um quarto da superfície do córtex cerebral. Sua definição e os limites neurofisiológicos são dados pelas projeções do núcleo dorsomedial do tálamo. Essa área está envolvida com a escolha das opções e estratégias comportamentais, a manutenção da atenção, o controle do comportamento emocional, a memória operativa ou funcional e a programação ou planificação do ato motor voluntário.

Córtex pré-occipital: Área cortical situada anterior à área paraestriada, localizada principalmente nos lobos parietal e temporal. Corresponde à área 19 de Brodmann. É uma área de associação visual que se relaciona também com os movimentos optocinéticos dos olhos.

Córtex temporal (lobo temporal): Parte do neocórtex relacionado com o processamento da informação auditiva e visual, comportamento emocional e memória.

Córtex visual (área visual primária): Região do córtex cerebral sobre a superfície do lobo occipital, formada pelas áreas 17, 18 e 19 de Brodmann. A área 17 (córtex estriado ou área estriada, uma vez que a linha de Gennari pode ser vista em sua superfície) é o córtex visual primário, onde chega a radiação visual do corpo geniculado lateral do tálamo. As áreas adjacentes 18 (córtex paraestriado) e 19 (córtex ou área periestriada) estão envolvidas nas etapas subseqüentes do processamento de informações visuais, correspondem ao córtex visual secundário.

Crânio (latim: *Cranium*; grego: *kranion*, diminutivo de *kranos*, casco): Esqueleto da cabeça dos vertebrados, cuja cavidade encerra e protege o encéfalo. Em sentido mais limitado, o neurocrânio, a caixa óssea que contém o cérebro, excluindo os ossos da face.

Crista (latim: *crista*, saliência): Termo que designa as saliências estreitas e alongadas de alguns ossos.

Crista frontal (latim: *Crista frontalis*): Septo ósseo mediano que se inicia na extremidade anterior da fossa anterior e se projeta para trás, em direção à inserção da foixe do cérebro.

Crista neural: Grupo de células que formam, de cada lado, uma lâmina longitudinal situada dorsolateralmente ao tubo neural. Origina elementos do sistema nervoso periférico, além de elementos não pertencentes ao sistema nervoso. A crista neural está dividida em cristas olfatória (nervo olfatório), terminal vomeronasal (gânglio e nervo terminal; gânglio e nervo vomeronasal), óptica (úvea do olho), mesencefálica (mesênquima cefálico; meninges), trigeminal (gânglio do trigêmeo), facial (gânglio facial), vestibular (gânglio vestibular), ótica (gânglio coclear), glossofaríngea (gânglio superior do nervo glossofaríngeo), do vago (gânglio superior do nervo vago), da medula (gânglios espinais, pia-máter, tronco e gânglios simpáticos).

Decussação (latim: *decussatio*, cruzar): Cruzamento em forma de X. Formação anatômica constituída por fibras nervosas que cruzam obliquamente o plano mediano e que tem aproximadamente a mesma direção. Principais vias que decussam: piramidal, lemniscos e pedúnculos cerebelares superiores. A decussação piramidal ou motora ocorre na porção inferior do bulbo. A decussação lemniscal ou sensitiva ocorre imediatamente acima do cruzamento dos tratos piramidais no bulbo. A decussação dos pedúnculos cerebelares superiores ocorre no tegumento do mesencéfalo.

Decussação das pirâmides: Corresponde à obliteração da fissura mediana anterior, na parte caudal do bulbo, decorrente do cruzamento do plano mediano pelas fibras do trato piramidal ou corticospinal. A decussação encontra-se imediatamente abaixo da pirâmide e nela decussam 70-90 % das fibras do trato piramidal para formar o trato piramidal lateral ou trato corticospinal lateral da medula espinal. A decussação das pirâmides foi descrita por Domenico Mistichelli (1675-1715) e posteriormente por Pourfour du Petit (1664-1741).

Dendrito (grego: δειδριτης; relativo a árvore; de dendr(o), - δειδρον, árvore + - it(es), elemento anatômico): Prolongação protoplasmática ramificada da célula nervosa. Os dendritos são numerosos e se ramificam de forma repetida perto da célula, formando uma disposição semelhante a uma árvore. São especializados na função de receber os estímulos do meio ambiente, de células epiteliais sensoriais ou de outros neurônios. Termo re-introduzido no século xvi com modificações conceituais. Em 1539, aparece como um termo botânico em uma obra em latim (tradução para o espanhol sob o título de *Discurso sobre si se puede hazer fiesta al primer padre del genero humano*, por Francisco de Miranda y Paz). O termo inglês *dendrite* também designa a concreção mineral que se constitui em forma de ramos de uma árvore e que geralmente ocorre em fissuras e juntas nas rochas. O termo apareceu em uma comunicação no Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia em 1880 (On Dendrites, vol 32, pp. 278-9, por Lewis, H. C.) com o sentido mineralógico. Foi introduzido em 1893 por Edward Albert Sharpey-Schäfer (1850-1935) como um termo de anatomia do sistema nervoso. Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) se referia aos dendritos por *expansiones protoplásmicas*. Segundo Ramón y Cajal, o termo dendrito consta em uma obra de Wilhelm His (1831-1904) de 1893 (*Ueber der Aufbau unseres Nervensystems*. Berl. Klin. Wochenschs, ns. 40 e 41). Os dendritos foram descritos primeiramente em 1865 por Otto F. Karl Deiters (1834-1863). Camillo Golgi (1843-1926) propôs o uso do termo

dendrito (designado também por prolongamentos protoplasmáticos de Golgi). [EH, p. 77; DP, p. 362-3; DMBHE; DRAE; DN, p. 86; HSNa, p. 48].

Dendrito apical (grego: *dendrites*, relativo a árvore; de *dendron*, árvore; latim: *apex*, ápice): Processo dendrítico que se estende desde o ápice de um neurônio cortical piramidal até a superfície do córtex cerebral. [DN, p. 86; DNA, p. 70].

Dendrito basilar: Processo dendrítico que se estende horizontalmente desde a base da célula piramidal até o córtex cerebral. [DN, p. 86; DNA, p. 70].

Diencefalo (latim: *Diencephalon*; grego: *dia*, *διά*, separação, através de + *en-képhal(o)*, *ἐγκέφαλος*, entre os hemisférios cerebrais, interior da cabeça): Estrutura situada na parte interna central dos hemisférios cerebrais. Designado também por cérebro intermediário. O diencefalo compreende a divisão posterior do prosencefalo. É quase por completo coberto pelo telencefalo. Compreende as seguintes partes: tálamo (Thalam – *θαλάμη*, toca, em anatomia designa ventrículo + u(m) latim. Em grego, *θάλαμος* (thálamos) significa habitação interior. Em anatomia especificamente, *θαλάμη* (thalámé) designa o ventrículo cardíaco na obra de Hipócrates (460 a.C. – 370 a.C.) e na obra de Claudio Galeno (129-217) designa ventrículo cerebral. Tálamo óptico (aproximadamente 1704) é a primeira designação moderna do termo na forma latinizada *Thalamus* com mudança de gênero), hipotálamo, epitálamo (neologismo do século xx, provavelmente apareceu pela primeira vez em meados de 1902, a partir do conceito de tálamo) e subtálamo. Todas essas partes se relacionam com o terceiro ventrículo. Trata-se de um neologismo do século xix. Segundo [DMBHE], o primeiro uso do termo é de 1883, embora a fonte não forneça a referência. Em 1915, o neurologista estadunidense Frederick Tilney (1875-1938) publica um trabalho específico sobre o diencefalo (*The morphology of the diencephalic floor; a contribution to the study of craniate homology*. Baltimore: Waverly Press, 1915, 75p.). [DMBHE; DN, p. 89; AT, p. 43; DNA, p. 71].

Disco do nervo óptico (latim: *Discus nervi optici*): Escavação do disco óptico. A escavação ou depressão normalmente presente no centro do disco óptico. Também denominada escavação fisiológica. [DNA, p. 71].

Divisão autônoma do sistema nervoso (latim: *Divisio autonómica systematis nervosi peripherici*; grego: *autos*, próprio; *nomos*, lei, controlado por si mesmo): Parte eferente ou motora do sistema nervoso visceral (as fibras eferentes viscerais gerais) que inervam músculos lisos, o músculo cardíaco e as células glandulares. Do ponto de vista funcional e estrutural, divide-se em dois componentes: simpático e parassimpático. Constituído por dois neurônios motores, o neurônio pré-ganglionar e o neurônio pós-ganglionar. O neurônio pré-ganglionar está situado na medula espinal ou no tronco encefálico; seu axônio (fibra pré-ganglionar) emerge como um nervo espinal ou craniano e faz sinapse com o neurônio pós-ganglionar dos gânglios autônomos. A fibra pós-ganglionar inerva os músculos lisos, o músculo cardíaco ou as células glandulares. O conceito de sistema nervoso autônomo ou involuntário foi proposto por Walter Holbrook Gaskell (1847-1914). A expressão *sistema nervoso autônomo* foi proposta em 1898 por John Newport Langley (1852-1925), referindo-se à propriedade autonômica dos processos viscerais. Langley dividiu o sistema nervoso autônomo em simpático e parassimpático. [DNA, p. 71].

Divisão filogenética do cerebelo (divisão transversal do cerebelo): Divisão do cerebelo baseada nas três etapas de sua evolução, distingue as seguintes partes: arquicerebelo, paleocerebelo e neocerebelo. Essas partes estão separadas pelas fissuras prima e pósterolateral. Apresentam orientação transversa e se dispõem no sentido rostrocaudal.

Divisão ontogenética do cerebelo: A divisão ontogenética do cerebelo leva em consideração o fato de que a primeira fissura a aparecer durante o desenvolvimento do órgão é a pósterolateral, e a segunda é a fissura prima. O cerebelo é dividido pela

fissura póstero-lateral em lobo floculonodular, formado pelo flóculo e pelo nódulo, e corpo do cerebelo, constituído pelo restante do órgão. O corpo do cerebelo é dividido pela fissura primária em lobo anterior e lobo posterior.

Dominância cerebral (dominância hemisférica): Conceito que se refere a lateralização das funções nos hemisférios cerebrais, em particular a linguagem. A linguagem está associada principalmente ao hemisfério esquerdo. Este hemisfério está relacionado com funções de categorização, motivo pelo qual é considerado hemisfério dominante. Em termos psicológicos, o conceito de dominância na metade do século xx designava a preponderância de um processo em conflito com um processo rival (lateralidade, manualidade, ocularidade). Deve-se distinguir do princípio de dominância, noção fisiológica aplicada ao sistema nervoso, pela qual um sistema hiperexcitado pode canalizar as ações, excitadoras de outros sistemas (o exemplo apresentado por Henri Piéron [DP, p. 156] é o da excitação do córtex de um animal, com o reto cheio, provocando a defecação em vez da reação motora normal). O princípio de dominância foi proposto pelo fisiologista russo Alexei A. Ukhtomsky (1875-1942) e foi aplicado aos estudos sobre atenção. [DNA, p. 72; DP, p. 156].

Dura-máter (latim: *dura mater*, mãe dura, possível tradução do árabe (*umm al-jafiyah*, proteção ou revestimento firme)): A mais superficial e mais resistente das três meninges, formada por tecido conjuntivo rico em fibras colágenas que contém vasos e nervos. Cláudio Galeno (130-200) usou o termo *meninx* para designar as membranas que recobrem o encéfalo. Há duas modalidades de dura-máter, a dura-máter craniana e a dura-máter espinal. [DNA, p. 73].

Ectoderma (grego: *Ektos*, fora; *derma*, pele): Capa embrionária externa do embrião. O ectoderma dá origem à pele e ao sistema nervoso.

Eferências corticais: Designa as fibras de projeção para as estruturas subcorticais, fibras de associação para regiões corticais contralaterais.

Eferente (latim: *efferens*, de *effere*, levar para fora de; de *ex* (*ef*), fora de e *ferre*, levar): Vias nervosas que levam os impulsos para fora de um centro nervoso ou para fora do sistema nervoso central.

Efetor: Termo cunhado por Charles Sherrington (1857-1952) com o intuito de designar um tecido periférico que receba impulsos nervosos e reaja pela contração muscular, secreção de alguma glândula ou descarga elétrica (caso de alguns peixes que possuem um órgão elétrico).

Eminência (latim: *Eminentia*): Área de elevação circunscrita acima do nível da superfície adjacente.

Eminência colateral (latim: *Eminentia collateralis*): Elevação longitudinal da porção lateral do assoalho posterior do corno inferior do ventrículo lateral. Corresponde à proeminência do sulco colateral da base do lobo temporal e dispõe-se lateralmente ao hipocampo, e posteriormente se continua com o trígono colateral.

Eminência medial (latim: *Eminetia medialis*): Eminência do assoalho do quarto ventrículo, localizada entre o sulco mediano e o sulco limitante. Corresponde a núcleos de nervos cranianos.

Eminência mediana (latim: *Eminentia mediana*): Pequena elevação no assoalho do terceiro ventrículo, onde a haste hipofisária conecta-se com o infundíbulo. Nessa região encontram-se tufo capilares das artérias infundibulares, das quais se origina o sistema venoso porta-hipotalâmico-hipofisário. Corresponde à porção mais central do túber cinéreo.

Encefalização: Conceito que se refere à evolução das partes superiores do encéfalo, a qual aumenta a complexidade do processo de informação e do controle do comportamento. Em linhas gerais, o conceito de encefalização refere-se ao aumento geral do tamanho e da complexidade das conexões do encéfalo à medida que se ascende na escala dos vertebrados. O cérebro e o cerebelo são as estruturas que de forma mais evidente expressam esse processo. A encefalização alcança sua maior expressão no homem.

Encéfalo (latim: *Encephalon*; grego: *enkephalos*, de *en*, dentro; *khephale*, cabeça): O encéfalo é a parte do sistema nervoso central situada dentro do crânio, sendo formado pelo cérebro, cerebelo e tronco encefálico.

Endoneuro (latim: *Endoneurium*; grego: *endon*, dentro; *neuron*, nervo): Membrana de fibras colágenas que envolve cada fibra nervosa dos nervos.

Epêndima (latim: *Ependyma*; grego: *epi*, sobre; *endyma*, vestuário; *ependyma*, revestimento superior): Membrana de epitélio unicelular que reveste os ventrículos cerebrais e o canal central da medula espinal. O revestimento endimário dos ventrículos apresenta-se, altamente modificado, onde permanece adjacente à camada vascular dos plexos coriáceos. O termo foi introduzido por Rudolph Ludwig Karl Virchow (1821-1902).

Epineuro (latim: *Epineurium*; grego: *epi*, sobre; *neuron*, nervo): Envoltório mais externo dos nervos que penetra entre os fascículos, formado de tecido conjuntivo rico em vasos. Com o endoneuro e o perineuro, o epineuro compõe o estroma do nervo periférico.

Espaços meníngeos: Espaços localizados entre as três meninges. De fora para dentro encontram-se o espaço epidural (entre o osso e a dura-máter), o espaço subdural (entre a dura-máter e a aracnóide) e o espaço subaracnóideo (entre a aracnóide e a pia-máter).

Espongioblasto (grego: *spongio*, esponja; *blastos*, germe): Célula do epêndima que se encontra em toda a espessura da parede do cérebro ou da medula espinal, ou seja, da membrana limitante interna até a externa. Os espongioblastos transformam-se em células da neuroglia e ependimárias.

Estrato (latim: *Stratum*, camada): Lâmina de uma substância que se situa sobre a outra e distingue-se dela pela diferença na textura ou coloração, ou por não ser contínua com ela.

Fascículo (latim: *Fasciculus*, pequeno feixe): Diminutivo de *fascis*. Feixe de fibras nervosas. O termo também designa usualmente um trato mais compacto.

Fascículo cuneiforme ou fascículo de Burdach (latim: *Fasciculus cuneatus*; *fasciculus*, pequeno feixe; *cuneus*, cunha, forma): Denominado em razão de se interpor como cunha entre o fascículo grácil e a coluna posterior. É evidente a partir da medula torácica alta e continua no bulbo, sendo visível somente em sua porção fechada. Termina no núcleo cuneiforme, situado no tubérculo do núcleo cuneiforme do bulbo. Formado por fibras que são prolongamentos centrais dos neurônios sensitivos situados nos gânglios espinais das raízes cervicais e torácicas superiores. Denomina-se também por fascículo de Burdach em homenagem a Karl Friedrich Burdach (1776-1847).

Fascículo de Goll ou fascículo grácil (latim: *Fasciculus gracilis*; *fasciculus*, pequeno feixe; *gracile*, delgado): Fascículo longo e delgado e que se estende ao longo de todo o funículo posterior da medula espinal. Constitui a parte medial do funículo posterior da medula, situado entre o sulco mediano posterior e o sulco intermédio posterior. Continua

no bulbo, sendo visível apenas na sua porção fechada. Termina no núcleo grácil, situado no tubérculo do núcleo grácil do bulbo. Formado por prolongamentos centrais dos neurônios sensitivos situados nos gânglios espinais. Conduz impulsos nervosos relacionados com a propriocepção consciente, o tato discriminativo, a sensibilidade vibratória e a estereognosia dos membros inferiores e da metade inferior do tronco. As fibras que chegam ao fascículo vão se localizar no lado externo daquelas já presentes no mesmo. Assim, as fibras mais internas são as que se originam mais abaixo, e as fibras mais externas são as de aquisição mais recente. Conhecida como lei formulada por Otto Kahler (1849-1893) em 1882. Harriet E. Goll (1829-1903) descreveu esse fascículo em 1862, por isso, também é designado por fascículo de Goll.

Fascículo talâmico (latim: *Fasciculus thalamicus*): Trato de fibras que se origina no núcleo lentiforme, passa sobre a zona incerta e termina nos núcleos ventrais do tálamo. Contém prolongamentos do fascículo lenticular e da alça lenticular, fibras denteatotalâmicas e rubrotalâmicas e fibras talamoestriadas.

Feixe (fascículo): Estrutura composta de um grupo de fibras nervosas.

Fenda cerebral de Bichat (fissura transversa do cérebro): Fenda profunda. Simétrica e de direção transversal, entre o mesencéfalo, diencéfalo e telencéfalo. Apresenta forma de ferradura com concavidade para a frente. Sua parte média situa-se abaixo do esplênio do corpo caloso. A fissura transversa do cérebro ou fenda de Bichat homenageia Marie François Xavier Bichat (1771-1802).

Fibra (latim: *fibra*): Fio ou filamento delgado. Axônio da célula nervosa e sua bainha formada por célula da glia ou pela célula de Schwann.

Fibras dos nervos periféricos: Joseph Erlanger (1874-1965) e Herbert Spencer Gasser (1888-1963) classificaram as fibras nervosas dos nervos periféricos em três tipos: A, B e

C. A fibra *A* é mielínica, tem diâmetro superior a 3 μ e velocidade de condução entre 20 e 100 m/s. É subdividida em α (aferência de fuso muscular primário e fibras motoras para os músculos esqueléticos, com velocidade de condução de impulsos que pode variar de 80 a 120 m/s), β (aferência cutânea para tato e pressão, mielinizada e com velocidade de condução de 40 a 70 m/s), γ (fibras motoras para o fuso muscular, mielinizada e com velocidade de condução de 15 a 40 m/s) e δ (aferência cutânea para temperatura e dor, fibra mielinizada e com velocidade de condução entre 12 e 30 m/s). A fibra *B* é mielínica, possui diâmetro inferior a 3 μ e velocidade de condução entre 3 e 15 m/s. A fibra *B* é representada pelas fibras sinápticas pré-ganglionares. A fibra *C* é a mais fina das três fibras (*A*, *B* e *C*), com diâmetro entre 0,2 e 1,5 μ . É amielínica e possui baixa velocidade de condução, alcançando a velocidade entre 0,3 e 1,6 m/s. A fibra *C* também é denominada por fibra de Remak (epônimo em homenagem a Robert Remak (1815-1865)) e é representada pelas aferências cutâneas para dor e fibras sinápticas pós-ganglionares.

Fibra comissural (latim: *Fibra commissuralis*): Fibras nervosas que cruzam perpendicularmente o plano mediano e possui direções diametralmente opostas. Formam as comissuras.

Fibra de associação (latim: *Fibra associationis*): Fibra de associação de determinada área ou órgão do sistema nervoso central. São fibras que associam pontos mais ou menos distantes dessa área ou desse órgão sem, no entanto, abandoná-lo.

Fibra de projeção (latim: *Fibra projectionis*): Fibras de projeção de determinada área ou órgão do sistema nervoso central. São fibras que deixam os limites dessa área.

Fibra nervosa (latim: *neurofibra*): A fibra nervosa ou neurofibra corresponde ao axônio da célula nervosa embainhado por células da oligodendróglia no sistema nervoso central e por células de Schwann nos nervos periféricos. Elemento essencial da

substância branca, sendo que também existe na substância cinza, mesmo que em menor quantidade. São responsáveis pelo impulso nervoso (potenciais de ação). O fisiologista britânico Edgar Douglas Adrian (1889-1977) realizou o primeiro registro de uma fibra nervosa isolada. As fibras nervosas foram classificadas funcionalmente por Albert E. Herrick (1869-1960), considerado o fundador da neurologia comparada, nas seguintes categorias: eferentes somáticas, eferentes viscerais gerais e especiais, aferentes somáticas gerais e especiais, aferentes viscerais gerais e especiais.

Fibra nervosa amielínica: Fibra nervosa desprovida do envoltório de mielina (fibra de Remak ou fibra C).

Fibra nervosa mielínica: Fibra nervosa envolvida pela bainha de mielina formada por células da oligodendróglia (sistema nervoso central) e por células de Schwann (nervos periféricos). A bainha de mielina não é contínua ao longo de todo o axônio. Há intervalos regulares de interrupção, denominados de nódulos de Ranvier, em homenagem ao histofisiologista francês Louis-Antoine Ranvier (1835-1922).

Fibras aferentes: Fibras que conduzem os impulsos nervosos para os gânglios ou centros nervosos localizados no sistema nervoso central.

Fibras arciformes do cérebro: Fibras curtas, de associação. Conectam giros adjacentes do córtex cerebral.

Fibras arqueadas do cérebro ou fibras em U (latim: *Fibrae arcuate cerebri*): São fibras curtas que associam áreas vizinhas do córtex (dois giros, por exemplo). Cada fibra tem a forma de U, cuja parte média compreende, em sua concavidade, o fundo do sulco e cujos ramos se elevam nos giros contíguos.

Fibras cerebello-hipotalâmicas: Fibras nervosas que se originam em células dos núcleos cerebelares e se projetam, via pedúnculo cerebelar superior, para o hipotálamo contralateral, principalmente para as áreas dorsal, lateral e posterior e para o núcleo dorsomedial.

Fibras de associação hemisféricas (fibras de associação intra-hemisféricas): Fibras nervosas que conectam regiões corticais homolaterais do cérebro. Foram descritas por Theodor Hermann Meynert (1833-1892).

Fibras de associação longas (latim: *Fibrae associationis longae*): Fibras de associação que interligam áreas distantes do córtex cerebral de um mesmo hemisfério. São fibras de associação longas: fascículo do cíngulo, fascículo longitudinal superior (fascículo arqueado), fascículo longitudinal inferior, fascículo uncinado, fascículo occipitofrontal inferior, fascículo occipitofrontal superior.

Fibras de Bergmann: Fibras da glia que cruzam o córtex cerebelar perpendicularmente à superfície. Estas fibras foram descritas pelo anatomista alemão Gottlieb H. Bergmann (1781-1861).

Fibras de passagem: Axônios que atravessam uma estrutura ou núcleo cerebral, podendo ou não ter relação anatomofuncional com os mesmos.

Fibras do centro branco medular do cérebro: O centro branco medular do cérebro ou centro semioval é constituído de fibras mielínicas classificadas em fibras de projeção e fibras de associação. As primeiras unem o córtex aos centros subcorticais, e as segundas conectam áreas corticais situadas em pontos diferentes do cérebro. As fibras de associação são divididas em fibras de associação intra-hemisféricas e fibras de associação inter-hemisféricas (comissurais), conforme associam áreas dentro de um mesmo hemisfério ou entre dois hemisférios.

Fibras do cerebelo (latim: *Fibrae cerebelli*): As fibras que penetram no cerebelo são de dois tipos: fibras musgosas e fibras trepadeiras. As fibras trepadeiras são axônios de neurônios situados no complexo olivar inferior, enquanto as fibras musgosas representam a terminação dos demais feixes de fibras que penetram no cerebelo. As fibras aferentes cerebelares são de origem vestibular (fascículo vestibulocerebelar), medular (tratos espinocerebelar anterior e espinocerebelar posterior) e pontina (fibras pontinas ou pontocerebelares). As fibras eferentes saem dos núcleos centrais do cerebelo (trato fastigiobulbar, fibras intepósito-rubrais, fibras interpósito-talâmicas, fibras denteatotalâmicas).

Fibras do corpo caloso (latim: *Fibrae corporis callosi*): As fibras do corpo caloso, bem como, a comissura do hipocampo e a comissura anterior, compõem as fibras comissurais telencefálicas. O corpo caloso é formado por um grande número de fibras mielínicas que cruzam o plano sagital mediano e penetram de cada lado no centro branco medular do cérebro, unindo áreas simétricas do córtex cerebral de cada hemisfério.

Fibras eferentes: Fibras que saem de determinada área do sistema nervoso.

Fibras motoras: Fibras nervosas transmissoras de impulsos para as células musculares.

Fibras nervosas autônomas (latim: *Neurofibrae autonomicae*): Fibras nervosas pré e/ou pós-sinápticas que compõem as partes simpática e parassimpática da divisão autônoma do sistema nervoso periférico.

Fibras nervosas somáticas (latim: *Neurofibrae somaticae*): Fibras aferentes e eferentes distribuídas pelo lado externo das cavidades do corpo (paredes). Transmitem impulsos relacionados ao soma ou parede corporal. A maioria das fibras somáticas aferentes conduz impulsos que estimulam a sensibilidade consciente. Todas as fibras somáticas eferentes estimulam músculos somáticos (voluntários esqueléticos).

Fibras nociceptivas: As fibras primárias aferentes nociceptivas são do tipo Aδ e conduzem o componente rápido e intenso da dor aguda, e do tipo C, que conduz a dor lenta (em queimação).

Fibras nucleocorticais: Termo geral utilizado para as projeções que partem de um núcleo e se dirigem para estrutura cortical suprajacente. Quando empregado de modo específico, o termo designa os axônios de células dos núcleos cerebelares que se projetam para o córtex cerebelar (fibras nucleocorticais do cerebelo), onde terminam como fibras musgosas.

Fibras paralelas do cerebelo: Axônios das células granulares do córtex cerebelar que cursam ao longo do estrato (lâmina) molecular, em um plano paralelo ao eixo longitudinal da folha cerebelar. Estas fibras estabelecem sinapses com os dendritos das células de Purkinje.

Fibras piramidais (latim: *Fibrae pyramidales*): Fibras do trato corticospinal. O trato corticospinal foi identificado em 1852 pelo neurologista austríaco Ludwig Türck (1810-1868). O anatomista francês Guichard Joseph Duverney (1648-1730), cerca de 150 anos antes, propôs a denominação por trato piramidal em função das duas eminências descritas por ele no bulbo (pirâmides bulbares). Origina-se no córtex cerebral e termina nos neurônios da coluna anterior da medula. Suas fibras têm o seguinte trajeto: giro pré-central (maioria), coroa radiada, perna posterior da cápsula interna, base do pedúnculo cerebral, base da ponte e pirâmide bulbar. No bulbo, uma parte das fibras continua ventralmente, constituindo o trato corticospinal anterior, enquanto cerca de 70-90 % cruza na decussação das pirâmides, formando o trato corticospinal lateral (trato piramidal).

Fibras pós-comissurais da coluna do fórnice: Fibras que passam posteriormente à comissura anterior (fibras pós-comissurais da coluna do fórnice), em direção ao corpo mamilar.

Fibras pós-ganglionares: Fibras cujo corpo celular está localizado em gânglio autônomo (motor) e cujo processo periférico termina em músculo liso, músculo cardíaco ou epitélio glandular. Estão associadas às partes simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo.

Fibras pré-comissurais da coluna do fórnice: As fibras que passam anteriormente à comissura anterior (fibras pré-comissurais da coluna do fórnice) formam um fascículo (denominado por Achille-Louis Foville (1799-1878) de fascículo olfatório do corno de Ammon) que segue, de cima para baixo, a borda póstero-inferior do septo pelúcido, passa à frente da comissura anterior e dirige-se à substância perfurada anterior, onde se une à estria diagonal.

Fibras pré-ganglionares: Fibras cujo corpo celular está localizado no núcleo autônomo na medula espinal ou no tronco encefálico, cujo axônio termina em gânglio autônomo (motor). Estas fibras se encontram em nervos que transportam fibras simpáticas ou parassimpáticas.

Filamento terminal (latim: *Filum terminale*): Delgado filamento meníngeo da pia-máter, de aproximadamente 20 cm de comprimento, e que continua caudalmente com o cone medular.

Fissura (latim: *Fissura*, fenda): Sulco, fenda ou abertura profunda. As principais fissuras descritas no sistema nervoso são: longitudinal do cérebro ou inter-hemisférica, que separa os dois hemisférios cerebrais; mediana anterior, localizada em toda a extensão da face anterior da medula e do bulbo; transversal ou de Bichat, fissura

aproximadamente circular que corresponde à margem medial do manto cerebral marcando o hilo do hemisfério cerebral, e que consiste no sulco calosomarginal e no sulco coriídeo, ao longo do hipocampo.

Formação reticular (latim: *Formatio reticularis*; *reticulum*, pequena rede; diminutivo de *rete*, rede): Entre as áreas de substância cinza e substância branca organizadas encontram-se áreas onde as substâncias cinza e branca se misturam, com fascículos de fibras nervosas que se entrecruzam em muitas direções. Os neurônios se dividem em grupos mal definidos. Essas regiões são as chamadas reticulares. Formam agregados mais ou menos difusos de neurônios de tamanhos e tipos diferentes, e que estão separados por rede de fibras nervosas que ocupa a parte central do tronco encefálico. Apresentam agrupamentos celulares organizados, os núcleos da formação reticular (núcleos medianos, centrais e dorsais).

Fórnice (latim: *Fornix*; *fornix*, arco, abóbada): Feixe de fibras, em forma de C ou arco, que cursa em torno do tálamo, na parede do ventrículo lateral. Conecta o córtex do hipocampo ao corpo mamilar. Formado por duas metades laterais e simétricas afastadas nas extremidades e unidas entre si no trajeto abaixo do corpo caloso, o conjunto forma um X com extremidades curvas ou uma abóbada de quatro pilares. Apresenta um corpo, duas colunas e duas pernas. O corpo consiste numa lâmina triangular de substância branca, ímpar e mediana, situada abaixo do corpo caloso e acima do tálamo, constituindo o teto do terceiro ventrículo. Originárias de células piramidais do hipocampo, as fibras do fórnice acumulam-se primeiramente na fímbria do hipocampo e, em seu trajeto posterior, compõem sequencialmente a perna, corpo e a coluna do fórnice. Esta estrutura foi descrita pelo anatomista belga Vesalius (1514-1564) e que o denominou por trígono cerebral. A denominação por *fornix cerebri* se deve a Thomas Willis (1621-1675).

Fuso muscular ou fuso neuromuscular: Terminações nervosas sensitivas (receptores) em forma de fuso situadas nos músculos estriados esqueléticos (fibras intrafusais), que respondem ao estiramento muscular.

Gânglio (latim: *Ganglion*; grego: *gangglion*, intumescência ou nódulo): Dilatação ou massa de tecido nervoso localizada no sistema nervoso periférico e que contém células nervosas. São divididos em craniospinais sensitivos e viscerais. Os gânglios craniospinais sensitivos são os gânglios sensitivos dos nervos espinais e os gânglios sensitivos dos nervos cranianos. Os gânglios viscerais localizam-se junto às vísceras e apresentam fibras nervosas pré-ganglionares e pós-ganglionares.

Gânglio cerebral: Cada um dos dois ou mais gânglios que formam o cérebro dos invertebrados (dois nos anelídios e quatro no gasterópodo *Aplysia*).

Giro ou circunvolução cerebral (latim: *Gyrus*; grego: *gyros*, círculo): Cada uma das elevações arredondadas e proeminentes do córtex cerebral delimitada por sulcos.

Glândula pineal ou corpo pineal ou epífise (latim: *Glândula pinealis*, *Corpus pineale*; *pinealis*, de *pine*, pinha, fruto do pinheiro; grego: *epi*, sobre; *physis*, formação): Glândula endócrina, ímpar e mediana. Localiza-se abaixo do esplênio do corpo caloso e que repousa sobre o teto mesencefálico (na depressão entre os dois colículos superiores), na porção posterior do terceiro ventrículo, entre as comissuras posterior e habenular. A glândula pineal é o elemento mais evidente do epitélamo e tem como principal função a sincronização de ritmos endógenos aos ritmos ambientais de claro-escuro, através da secreção de melatonina. Recebe aferências principalmente do núcleo supra-óptico. Foi descrita por Berengarius (1470-1530) por volta de 1500. Descartes (1596-1650) considerou essa estrutura como sede da alma.

Glia ou neurógliia ou gliócito (grego: *neuron*, neurônio, *glia*, cola): As células gliais correspondem ao conjunto de células que ocupam os espaços entre os neurônios, com funções de sustentação, revestimento ou isolamento, modulação da atividade neuronal e defesa. Compreende as seguintes células: astrócitos, oligodendrócitos, microgliócitos e células ependimárias. As células de Schwann ao redor das fibras nervosas periféricas podem ser interpretadas como células da oligodendróglia do sistema nervoso periférico. A neuroglia foi descrita por Rudolf Virchow (1821-1902) em 1846. Em 1891, Mihály von Lenhossek (1863-1937) denominou as células da glia por astrócitos. O histologista espanhol Pío del Río Hortega (1882-1945), em 1919, identificou dois tipos de células diferentes dos astrócitos, que ele denominou de oligodendróglia e micróglia.

Hemisfério cerebral (latim: *Hemispherium cerebri*): As duas metades que formam o telencéfalo, incompletamente separadas pela fissura longitudinal do cérebro e ligadas por fibras comissurais, representadas principalmente pelo corpo caloso. Cada hemisfério é aproximadamente igual a um quarto de esfera. Os hemisférios apresentam duas extremidades (pólos frontal e occipital), três faces (súpero-lateral, medial e inferior) e três bordas (súpero-medial, ínfero-lateral e ínfero-medial).

Hemisfério do cerebelo (latim: *Hemispherium cerebelli*): O cerebelo é dividido em vermes e hemisférios cerebelares, que correspondem às duas grandes massas laterais do cerebelo. São formados por folhas, cobertas de substância cinza (córtex cerebelar) e ligadas ao corpo medular do cerebelo. O hemisfério cerebelar apresenta quatro faces: superior ou tentorial, posterior ou suboccipital, inferior e anterior ou petrosa. A face superior é a maior, sendo coberta pela tenda do cerebelo. A face posterior se encontra abaixo da superior. A face inferior encontra-se entre as tonsilas, o lóbulo biventre e o bulbo, separada deste pela fissura cerebelobulbar.

Hipocampo ou corno de Ammon (latim: *Hippocampus*; grego: *hippos*, cavalo, *kampe*, curvatura, cavalo encurvado): O hipocampo é uma elevação curva e

pronunciada, mais volumosa em sua porção anterior, que se dispõe acima do giro parahipocampal. O significado morfológico corresponde a uma saliência determinada medialmente pelo sulco do hipocampo e que separa o giro denteado do giro parahipocampal. O termo hipocampo foi proposto em 1587 pelo embriologista italiano Arantius (1530-1589). Arantius comparou a protrusão do assoalho do corno temporal ao hipocampo ou cavalo-marinho. O hipocampo também é designado por hipocampo maior ou corno de Ammon, devido à sua semelhança com o chifre de carneiro que ornamenta a estátua de Júpiter Ammon, no Egito. Atribui-se a Jacob B. Winslow (1669-1760) essa denominação. [AT, p. 07; DNA, p. 136-7].

Hiponeuro: Sistema nervoso dos protóstomos (clado de animais com simetria bilateral e três camadas germinativas). Corresponde a um cordão longitudinal situado em posição ventral, abaixo do tubo digestivo.

Hipotálamo (latim: *Hypothalamus*; grego: *hipo*, abaixo, *thalamos*, câmara): O hipotálamo é formado pelas estruturas situadas nas paredes laterais do terceiro ventrículo, abaixo do sulco hipotalâmico, além das seguintes formações do assoalho do terceiro ventrículo, visíveis na base do cérebro: corpos mamilares, túber cinéreo e infundíbulo. O hipotálamo é dividido em: área hipotalâmica rostral, área hipotalâmica dorsal, área hipotalâmica intermédia, área hipotalâmica lateral e área hipotalâmica posterior. O hipotálamo possui conexões aferentes com o mesencéfalo, o sistema límbico e o cerebelo. Possui conexões eferentes com essas mesmas estruturas e com o lobo posterior da hipófise (pequena glândula situada na sela turca e ligada ao hipotálamo pelo infundíbulo). A conexão funcional entre o hipotálamo e o lobo anterior da hipófise se estabelece pelo sistema porta-hipotalâmico-hipofisário. O hipotálamo está envolvido nas funções do sistema nervoso autônomo, das emoções e nos mecanismos endócrinos. Estes mecanismos funcionais foram esclarecidos por Walter Rudolf Hess (1881-1973), que em 1949 dividiu o prêmio Nobel com o neurologista português Egas Moniz (1874-1955).

Homúnculo (homúnculo de Penfield): Representação da aparência que teria um ser humano se as diferentes partes de seu corpo estivessem desenvolvidas proporcionalmente à superfície das áreas corticais sensoriais e motoras do hemisfério cerebral. Baseados em estudos com estimulação elétrica, Wilder Penfield (1891-1976) e Theodore B. Rasmussen (1910-2002) mapearam o córtex motor e sensitivo primários de acordo com a representação das diversas partes do corpo (determinação de sua somatotopia). Em 1870, Gustav Fritsch (1837-1927) e Eduard Hitzig (1838-1907) provocaram movimentos de partes do corpo por estimulação elétrica em áreas específicas do córtex do cão. Considera-se que os resultados desses autores constituem o primeiro mapeamento da área motora do córtex, estabelecendo o conceito de somatotopia das áreas corticais. Na representação dessa somatotopia, Penfield e Rasmussen imaginaram um ‘homúnculo motor’ de cabeça para baixo e de forma desproporcional no giro pré-central.

Internódulo: Áreas cobertas de mielina nas fibras nervosas mielínicas, entre os nódulos de Ranvier amielínicos.

Lei de Bell-Magendie: As raízes espinais anteriores são motoras, e as posteriores são sensitivas. Charles Bell (1774-1842) demonstrou em 1811 que a secção da raiz anterior do nervo espinal determinava perda da motricidade. François Magendie (1783-1855) demonstrou, em 1822, a função sensitiva da raiz posterior do nervo espinal e confirmou a função motora da raiz anterior, determinada onze anos antes por Bell. Um enunciado atual da lei de Bell-Magendie diz que a lâmina alar e as raízes dorsais associadas têm essencialmente função aferente, enquanto que, a lâmina basal e as raízes ventrais associadas são fundamentalmente eferentes.

Lei de Jackson: Enuncia que a perda das funções neurológicas devido à doença ocorre em ordem inversa ao seu desenvolvimento evolucionário. Lei formulada pelo neurologista inglês John Hughlings Jackson (1835-1911).

Lei de Müller (leis das energias nervosas específicas): Cada tipo de terminação nervosa sensorial, desde que estimulado, dá origem à sua própria sensação específica. Cada tipo de sensação não depende de características especiais dos diferentes nervos, mas da parte do cérebro em que terminam suas fibras. Proposta por Johannes Peter Müller (1801-1858).

Lei de Sherrington: Toda raiz nervosa espinal dorsal supre determinada área da pele, o dermatomo, que, no entanto, é invadido, acima e abaixo, por fibras dos segmentos espinais adjacentes. Formulada por Charles Scott Sherrington (1857-1952).

Lei de Waller: Após a secção da raiz posterior de um nervo espinal entre o gânglio da raiz e a medula espinal, a porção central degenera. Após a divisão da raiz anterior, a porção periférica degenera. O centro trófico da raiz posterior é, portanto, o gânglio, e o da raiz anterior, a medula espinal. Lei formulada por Augustus Volney Waller (1816-1870).

Líquido cerebrospinal ou líquido cefalorraquidiano ou liquor (latim: *Liquor cerebrospinalis*): Fluido aquoso e incolor que ocupa o espaço subaracnóideo e as cavidades ventriculares. É produzido pelo plexo corióide dos ventrículos laterais e através das aberturas laterais e mediana do quarto ventrículo passa para o espaço subaracnóideas, onde é reabsorvido, através das granulações aracnóideas para o sistema venoso. A natureza do líquido cerebrospinal e sua circulação foram descritas pelo anatomista italiano Domenico Cotugno (1736-1822) em 1764.

Lobo (grego: *Lobos*): Porção aproximadamente bem definida de um órgão, e que esteja limitada por sulcos, fissuras, septos de tecido conjuntivo ou outras demarcações estruturais.

Lobo frontal (latim: *Lobus frontalis*; *frons*, *frontis*, *fronte*, *testa*): Divisão anatômica do hemisfério cerebral localizada acima do sulco lateral e adiante do sulco central. Ocupa a parte anterior do hemisfério cerebral, sendo limitado atrás pelo sulco central, acima pela margem súpero-lateral e abaixo pela margem superciliar e pelo tronco do sulco lateral. Na face medial do hemisfério, é separado do giro do cíngulo pelo sulco do cíngulo.

Lobo límbico (latim: *Lobus limbicus*; *limbus*, *orla* ou *contorno*): Formação contínua, visível na face medial de cada hemisfério cerebral, formando um anel cortical contínuo, constituído pelo giro do cíngulo, pelo istmo do giro do cíngulo, pelo giro parahipocampal e pelo unco. Dentro desse hilo hemisférico alojam-se o corpo caloso e o mesencéfalo. O lobo límbico é separado do córtex adjacente pela fissura límbica, sulco descontínuo formado sucessivamente pelos sulcos: paraolfatório anterior, do cíngulo, subparietal, calcarino anterior, colateral e rinal. Esses sulcos descontínuos formam a fissura límbica. O lobo límbico está relacionado ao comportamento emocional e ao controle do sistema nervoso autônomo. É rudimentar nos humanos e adquire grande importância morfológica nos animais com alto desenvolvimento da olfação, e que ocupa a maior parte da face medial do hemisfério cerebral. A denominação por lobo límbico dessa estrutura foi proposta por Pierre Paul Broca (1824-1880). Broca dividiu o lobo límbico em giros límbico e intralímbico. Em 1878, ano em que Broca propôs a expressão lobo límbico e atribuiu-lhe a função olfativa. Posteriormente, o lobo límbico foi denominado rinencéfalo. Em 1937, James Papez (1883-1958) sugeriu que, em humanos, esse lobo era apenas parcialmente relacionado a olfação. Papez sugeriu que o lobo límbico estava relacionado, principalmente, com o controle das emoções. Com o acréscimo de outras estruturas ao lobo límbico, esse passou a constituir o sistema límbico.

Lobo occipital (latim: *Lobus occipitalis*): Porção posterior do hemisfério cerebral. Na face medial do cérebro, seu limite anterior é o sulco parietoccipital; na face súpero-

lateral, esse limite é arbitrariamente situado na linha imaginária que une a terminação do sulco parietoccipital, na margem superior do hemisfério, à incisura pré-occipital, situada na margem ínfero-lateral do hemisfério, cerca de 5 cm anteriormente ao pólo occipital.

Lobo parietal (latim: *Lobus parietalis*): Divisão anatômica do hemisfério cerebral localizada acima do sulco lateral, atrás do sulco central e à frente da linha imaginária que liga o sulco parietoccipital à incisura pré-occipital. Na face medial do hemisfério cerebral, continua-se com o pré-cúneo. Sua face lateral é dividida em três áreas (giro pós-central, lóbulo parietal superior e lóbulo parietal inferior) pelos sulcos pós-central e intraparietal.

Lobo temporal (latim: *Lobus temporalis*): O lobo temporal ocupa a parte inferior do hemisfério cerebral. Na superfície lateral, é limitado posteriormente pela linha parietotemporal lateral (linha que liga a incisura pré-occipital ao sulco parietoccipital). O limite entre os lobos temporal e occipital na superfície basal é delineado pela linha que conecta a incisura pré-occipital ao término do sulco parietoccipital, a linha temporoparietal basal. A face lateral do lobo temporal é dividida em três giros paralelos (temporal superior, temporal médio e temporal inferior) por meio de dois sulcos (temporal superior e temporal inferior). A face inferior apresenta dois giros (occipitotemporal lateral ou fusiforme e parahipocampal) separados pelos sulcos colateral e rinal. Atualmente, o giro parahipocampal é considerado como constituinte do lobo límbico.

Lobos do cérebro (latim: *Lobi cerebri*): Divisões do hemisfério cerebral delimitada por sulcos. Em 1838, o anatomista alemão Friedrich Arnold (1803-1890) denominou os lobos cerebrais de acordo com os ossos do crânio com os quais se relacionam. A designação dos lobos frontal, temporal, parietal e occipital se deve a Arnold. A primeira versão da *Nomina anatomica*, publicada em 1895, dividia cada hemisfério cerebral nos lobos frontal, temporal, occipital e parietal, dispondo a insulo em anexo, porém, sem

identificá-la como um lobo. A *Nomina anatomica* de 1975 considera a insula como um lobo cerebral. A primeira versão da *Terminologia anatômica* (1998), que substitui a *Nomina anatomica*, inclui o lobo límbico como nova divisão dos hemisférios cerebrais em lobos. De acordo com a nomenclatura oficial, cada hemisfério cerebral é atualmente dividido nos lobos frontal, parietal, temporal, occipital, da insula e límbico.

Lóbulo (latim: *lobulus*, diminutivo de *lobo*): Subdivisão de um lobo.

Macróglia (grego: *makros*, grande; *glia*, cola): Grande célula da glia. Divisão da neuroglia que inclui os astrócitos e oligodendrócitos. Termo comumente utilizado em oposição à micróglia.

Medula espinal (latim: *Medulla spinalis*; *medulla*, de *medius*, meio): Etimologicamente medula significa miolo, indicando o que está dentro. A medula espinal é uma massa cilíndrica de tecido nervoso situada dentro do canal vertebral, ocupando os dois terços superiores do mesmo. No homem adulto, a medula espinal mede aproximadamente 45 cm e estende-se do forame magno à segunda vértebra lombar. A medula espinal é coberta pela dura-máter, pela aracnóide e pela pia-máter espinais. Entre a aracnóide e a pia-máter (espaço subaracnóideo) circula o líquido cefalorraquiano. Continua cranialmente com o bulbo e estreita-se caudalmente, formando o cone medular, de cujo ápice desce o filamento terminal. Fissuras e sulcos estendem-se ao longo da superfície externa da medula espinal. É dividida em cinco partes, cada qual dividida em segmentos que correspondem à emergência de raízes: cervical, torácico, lombar, sacral e coccígeo. A medula espinal é formada por fibras nervosas agrupadas em tratos com função de condução e por centros com função de integração de reflexos.

Membrana (latim: *Membrana*): Fina lâmina ou camada de tecido elástico que serve como revestimento ou envoltório de uma parte, como o revestimento de uma cavidade, como uma divisão ou um septo, ou unindo duas estruturas.

Membrana pós-sináptica: A parte da membrana de um neurônio ou fibra muscular com a qual uma terminação axônica forma uma junção sináptica.

Membrana pré-sináptica: A parte da membrana de uma terminação axônica voltada para a membrana plasmática do neurônio ou fibra muscular com a qual a terminação axônica estabelece uma junção sináptica.

Meninges (francês: *meninges*; latim: *meninx*; grego: *méninx*, *membrana*): Constantino, o africano, no século xi utilizou o latim *mater* devido uma tradução equivocada do termo árabe *umm*, que designa em anatomia membrana. A expressão grega *σκληρά μήνιγξ*, que aparece nos escritos de Claudio Galeno (130-200) retira o termo latino *dura*. Por volta do século xvi, o termo *meninx* aparece em escritos médicos. Galeno foi um dos primeiros a utilizar o termo especificamente para as membranas que recobrem o encéfalo. As meninges são membranas conjuntivas que envolvem o sistema nervoso central. Divide-se em três tipos: dura-máter, aracnóide e pia-máter. O termo meninge derivou outros termos técnicos da área médica. Em 1797, o adjetivo *meningeal* designa aquilo que é próprio das meninges. Outro neologismo derivado de meninge é o termo meningioma (semelhante a melanoma, carcinoma e mieloma), proposto em 1922, com mesma raiz mais o sufixo - *oma* -, designando um tumor benigno encapsulado e com crescimento lento. Félix Herpin (1772-1852) propôs o termo *meningite* em 1803 na obra *Méningitis, ou inflammation des membranes de l'encéphale*, com o acréscimo do sufixo grego - *itis* – que designa inflamação (faringite, labirintite). [DRAE; DMBHE; DN, p. 173].

Mesencéfalo (latim: *Mesencephalon*; grego: *mesencephalon*, *mesos*, *meio*; *enkephalos*, *cérebro*): Uma das vesículas encefálicas primordiais que sofre poucas modificações no desenvolvimento embrionário e no adulto conserva o mesmo nome. Desenvolve-se a partir da vesícula cerebral intermédia, uma das três vesículas cerebrais

primárias do embrião. O mesencéfalo localiza-se entre a ponte e o tálamo. É constituído por uma porção dorsal, o teto do mesencéfalo, e outra ventral, os pedúnculos cerebrais, separados pelo aqueduto cerebral.

Métodos de pesquisa do sistema nervoso no século XIX: Na metade do século xix, as pesquisas sobre o sistema nervoso basicamente se restringiam a sete categorias: (1) análise química; (2) dissecação do cérebro; (3) experimentos com animais vivos; (4) anatomia comparativa; (5) embriologia: condição fetal e o crescimento do cérebro; (6) observações patológicas e; (7) frenologia: exame externo do crânio. Em 1840, o psiquiatra americano Amariah Brigham (1798-1849) propôs a classificação dos sete métodos acima em seu livro *An inquiry concerning the diseases and functions of the brain, the spinal cord, and the nerves*. Esses sete métodos englobavam metodologias específicas. Por exemplo, a dissociação das células nervosas poderia ser feita de duas formas: (a) mecânica em processos de dissecação de partes do cérebro e; (b) por métodos de análise química. [NCONC, p. 09].

Micróglia ou célula de Hortega (grego: *mikros*, pequeno; *glia*, cola): Pequena célula glial. O corpo das células da micróglia é alongado e pequeno. Suas células têm função fagocítica, semelhantes aos histiócitos do tecido conjuntivo. Também denominada por microgliócito. Célula descrita pelo histologista espanhol Pio del Rio Hortega (1882-1945) em 1921.

Mielina: Material lipoproteínáceo da bainha de mielina, composto de membranas alternadas de lamelas lipídicas e proteína.

Mielinização central: A mielina do sistema nervoso central é produzida pelos oligodendrócitos, sendo formada após o nascimento.

Mielinização periférica: A mielina do sistema nervoso periférico é produzida pelas células de Schwann, sendo formada antes do nascimento.

Motoneurônio: Neurônio motor da medula espinal cujo axônio conecta-se com o efetor muscular.

Neocórtex (latim: *Neocortex*; grego: *neos*, novo; latim: *cortex*, casca): Córtex que surge nos répteis e predomina nos mamíferos. Corresponde ao isocórtex, córtex formado por seis camadas e que apresenta espessura de 2 a 5 mm. No homem, o neocórtex ocupa 90% da área cortical e está localizado em quase todo o hemisfério, com exceção do hipocampo, do uncus e de parte do giro parahipocampal. No neocórtex são integrados os processos cognitivos.

Nervo (latim: *Nervus*; grego: *neuron*): Estrutura esbranquiçada em forma de cordão, constituída por feixes de fibras nervosas reforçadas por tecido conjuntivo, que unem o sistema nervoso central aos órgãos periféricos e que têm como função conduzir impulsos nervosos. Podem ser espinais ou cranianos, conforme a união se faça com a medula espinal ou com o encéfalo.

Neurobiotaxia (grego: *neuron*, nervo; *bios*, vida; *taxis*, disposição): Tendência das células nervosas, durante o desenvolvimento, de migrar para a área na qual recebem mais estímulos.

Neuroblasto (grego: *neuron*, nervo; *blastos*, germe): Célula embrionária que dá origem às células nervosas.

Neuroectoderme: Região central do ectoderma do embrião que por desenvolvimento posterior, formará o sistema nervoso.

Neuroeixo (grego: *neuron*, *nervo*; *axon*, *eixo*): Porção axial e não pareada do sistema nervoso central (medula espinal, tronco encefálico e diencefalo), em contraste com o hemisfério cerebral pareado ou telencefalo.

Neurômero (grego: *neuron*, *neurônio*, *meros*, *parte*): Elevações na parede do tubo neural em desenvolvimento que formam subdivisões transversais (neurômeros), perpendiculares ao eixo longitudinal do encéfalo embrionário. Em cada neurômero fixam-se as raízes dorsal e ventral da medula espinal.

Neurônio (latim: *Neuron*; grego: *neuron*, *fibra*, *nervo*): Célula fundamental do sistema nervoso, constituindo sua unidade anatômica e funcional. Provavelmente surgiu nos celenterados. Hipócrates de Cós (460-377 a.C.) utilizou esse termo para descrever tendões, fâscias e todas as estruturas esbranquiçadas. Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.) limitou o uso do termo aos nervos. O uso limitado à célula nervosa foi introduzido em 1891, por Waldeyer (1837-1921). Wilhelm His (1831-1904) e Auguste Henri Forel (1848-1931), em 1887, formularam o conceito de unidade funcional celular que foi defendido por Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) em 1890. O neurônio ou célula nervosa é formado pelo corpo celular (pericário), por dendritos e axônio. São divididos em unipolares, pseudo-unipolares, bipolares e multipolares.

Neurônio aferente: Neurônio que traz impulsos a determinada área do sistema nervoso.

Neurônio autonômico: Neurônio cujo corpo celular encontra-se no sistema nervoso central (neurônio pré-ganglionar) e cujo axônio conecta-se com outro neurônio (neurônio periférico pós-ganglionar) que se localiza no gânglio autonômico e cujo axônio liga-se ao efector muscular ou glandular.

Neurônio bipolar: Neurônio com dois prolongamentos que deixam o corpo celular, um dendrito e um axônio. Entre esses estão os neurônios bipolares da retina e do gânglio espiral do ouvido interno.

Neurônio cordonal: Neurônio cujo axônio ganha a substância branca da medula, onde toma direção ascendente ou descendente, passando a constituir as fibras que formam os funículos da medula. Os neurônios cordonais de projeção possuem axônio ascendente, que se dirige ao encéfalo, integrando as vias ascendentes da medula. Os neurônios cordonais de associação terminam em torno da substância cinza da própria medula, onde formam os fascículos próprios da medula.

Neurônio de associação (neurônio internuncial): Neurônio que faz a associação de duas áreas do sistema nervoso central.

Neurônio de Golgi do tipo I: Neurônio cujo axônio longo deixa a substância cinza da qual faz parte.

Neurônio de Golgi do tipo II: Neurônio com axônio curto que se ramifica na substância cinzenta.

Neurônio de projeção: Neurônio com axônios longos que se conecta com outras áreas do sistema nervoso.

Neurônio eferente: Neurônio do sistema nervoso central que se projeta para a periferia. Leva impulsos de determinada área do sistema nervoso.

Neurônio em candelabro: Neurônios do córtex cerebral descritos por Ramón y Cajal. Receberam essa denominação devido a forma que possuem. Atuam como interneurônios inibitórios.

Neurônio motor: Célula nervosa do sistema nervoso segmentar (medula espinal e tronco encefálico), caracterizada por apresentar axônio que deixa o sistema nervoso central para estabelecer conexão funcional com o tecido efetor (músculo ou glândula).

Neurônio multipolar: Neurônio com vários dendritos e um axônio. Nesses neurônios, os dendritos conduzem potenciais graduáveis em direção ao pericário e este em direção à zona de gatilho, onde é gerado o potencial de ação que se propaga em direção à terminação axônica.

Neurônio pós-ganglionar: Neurônio do sistema nervoso autônomo cujo corpo está situado em um gânglio, fora do sistema nervoso central. A denominação neurônio ganglionar seria mais apropriada. Esse neurônio faz sinapse com o neurônio pré-ganglionar e seu axônio liga-se ao efetor glandular ou visceral.

Neurônio pré-ganglionar: Neurônio que tem o corpo celular dentro do sistema nervoso central. Faz sinapse com o neurônio pós-ganglionar localizado no gânglio autônomo.

Neurônio pseudo-unipolar (neurônio unipolar): São neurônios cujos corpos celulares se localizam nos gânglios sensitivos e apenas um prolongamento deixa o corpo celular, logo dividindo-se, à maneira de um T, em dois ramos, um periférico e outro central.

Neurônio sensorial: Neurônio aferente que envia a informação proveniente de receptores sensoriais ou terminações nervosas. O neurônio aferente pode ser sensorial geral ou especial. Pode ser primário, secundário ou terciário. O neurônio sensorial primário é o primeiro neurônio da via sensorial. Seu corpo encontra-se no gânglio, fora do sistema nervoso central e seu axônio termina no sistema nervoso central. O neurônio sensorial secundário é o segundo neurônio da via sensorial. Seu corpo celular localiza-se em um núcleo do sistema nervoso central e seu axônio termina no tálamo. O neurônio

sensorial terciário é o terceiro neurônio da via sensitiva. Seu corpo celular encontra-se no tálamo e seu axônio atravessa a cápsula interna e termina no córtex cerebral homolateral.

Neurônios do córtex cerebral: Segundo Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), os principais neurônios do córtex cerebral são, conforme a divisão do córtex em seis camadas: Camada I ou camada molecular: células horizontais de Cajal; Camada II ou camada granular externa: célula granular, neurônio piramidal pequeno e neurônio de Martinotti; Camada III ou camada piramidal externa: neurônio piramidal; Camada IV ou camada granular interna: célula granular, neurônio piramidal pequeno; Camada V ou camada piramidal interna: célula piramidal gigante de Betz; Camada VI ou camada de células fusiformes ou multiforme: neurônio fusiforme.

Neurópilo (grego: *neuron*, nervo; *pilos*, feltro): Rede complexa e semelhante a feltro de arborizações axonais, dendríticas e gliais que forma a massa da substância cinza do sistema nervoso central e na qual estão mergulhados os corpos das células nervosas.

Neuroplasma (grego: *neuron*, nervo; *plasma*, obra modelada): O protoplasma de uma célula nervosa.

Neurópode (grego: *neuron*, nervo; *podion*, pé pequeno): Parte terminal de um axônio.

Neurotúbulo: Um dos microtúbulos que ocorrem no corpo celular, nos dendritos, no axônio em algumas terminações sinápticas de neurônios.

Nêurula (grego: *neuron*, nervo; latim: *ulus*, pequeno): Estágio no desenvolvimento embrionário em que os processos proeminentes consistem em formação da placa neural e fechamento da placa para formar o tubo neural.

Neurulação: Formação da placa neural e seu fechamento para formar o tubo neural.

Nociceptor (latim: *nocere*, prejudicar; *capio*, tomar): Receptor, em forma de terminação nervosa livre, ativado por lesão tecidual. São classificados em dois grandes grupos: os mecanonociceptores, inervados por fibras A que respondem a estímulos mecânicos e os receptores polimodais, inervados por fibras C e que respondem a estímulos térmicos ou químicos de intensidades próximas à lesão tecidual. Existe um terceiro tipo, menos abundante, que responde a baixas temperaturas.

Nódulo (latim: *Nodulus*, diminutivo de *nodus*, nó): Pequena nodosidade (lóbulo) da extremidade anterior e inferior do verme do cerebelo que se projeta sobre a porção inferior do teto do quarto ventrículo. Opõe-se à língua que se projeta sobre a porção superior do teto do quarto ventrículo. É delimitado da úvula pela fissura póstero-lateral. O nódulo liga-se ao flóculo, lóbulo do hemisfério cerebelar, pelo pedúnculo do flóculo, formando o lobo floculonodular. É contínuo dorsalmente com o véu medular inferior.

Nódulo de Ranvier: Interrupção da bainha de mielina dos axônios a intervalos mais ou menos regulares. Nesse nódulo existe alta densidade de canais de sódio. A condução dos potenciais de ação salta de nódulo a nódulo, o que aumenta a velocidade de condução em comparação com as fibras amielínicas. Descrito em 1871 por Louis Antoine Ranvier (1835-1922).

Notocorda (grego: *notos*, dorso; *chorde*, corda): Nos vertebrados primitivos, refere-se à estrutura de suporte axial primário do corpo. É um importante organizador na determinação da forma final do sistema nervoso. No embrião, indica a corda fibrocelular axial ao redor da qual se desenvolvem os primórdios vertebrais. A notocorda foi descrita em 1827 por Von Baer (1792-1876). A maioria dos cordados possui uma coluna vertebral, cartilaginosa ou óssea, que se forma em torno da notocorda e, por isso são denominados vertebrados.

Núcleo (latim: *nucleus*, diminutivos de *nux*, noz, caroço): Massa de substância cinza dentro de substância branca do sistema nervoso central, ou grupo delimitado de neurônios com aproximadamente as mesmas estrutura e função.

Oligodendroblasto (grego: *oligos*, pouco; *dendron*, árvore; *blasto*, germe): Célula glial primitiva, precursora do oligodendrócito (célula da oligodendróglia, com poucas terminações dendríticas. Forma a mielina em torno dos axônios do sistema nervoso central).

Placa neural: Espessamento do ectoderma situado acima da notocorda do embrião, que dá origem ao sistema nervoso central.

Placa neuromuscular: Conjunto formado pelo terminal da fibra motora e a área da célula muscular com a qual se conecta.

Plexo (latim: *plexus*, trança): O plexo nervoso é formado pelo entrelaçamento de nervos ou fibras nervosas por meio de numerosos ramos ou fibras que se comunicam, formando uma trama ou rede de nervos. Anastomose entre os ramos ventrais dos nervos cervicais e lombossacros onde se dá o entrecruzamento de fibras.

Pli anastomotiques ou de communication (pregas anastomóticas): Expressão criada por Pierre Paul Broca (1824-1880) para indicar a anastomose que une giros adjacentes. Podem ser superficiais ou profundos.

Processo (latim: *Processus*, um avanço): Termo usado em anatomia para indicar uma projeção ou crescimento.

Quarto ventrículo (latim: *Ventriculus quartus*): Cavidade do rombencéfalo, de forma losângica, situada entre o bulbo e a ponte ventralmente, e o cerebelo dorsalmente. Continua caudalmente com o canal central do bulbo e da medula, e cranialmente com o aqueduto cerebral. Comunica-se com o espaço subaracnóideo, de cada lado, por meio das aberturas laterais do quarto ventrículo (forames de Luschka) e, medialmente, por meio da abertura mediana do quarto ventrículo (forame de Magendie).

Quimiorreceptores: São receptores sensíveis a estímulos químicos, como os da olfação e da gustação. Os receptores do corpo carótico detectam variações no teor de oxigênio circulante.

Raiz (latim: *radix*, raiz): Parte primária ou inicial de qualquer estrutura, como a de um nervo em sua origem no tronco encefálico ou na medula espinal.

Ramo (latim: *Ramus*): Uma das divisões primárias de um nervo, vaso sanguíneo ou sulco cerebral.

Receptor (latim: *recipio*, receber): Termo proposto por Charles Scott Sherrington (1857-1952) para designar as formações das extremidades periféricas das fibras nervosas sensitivas ou aferentes dos nervos. Também denominadas terminações nervosas sensitivas. Localizam-se dentro das lâminas que revestem as superfícies do corpo, dentro das paredes dos vasos sanguíneos e das vísceras e nos músculos, tendões e ligamentos. As células receptoras possuem membranas especializadas que respondem seletivamente a mudanças no ambiente interno ou externo do corpo. Cada receptor reage preferencialmente a somente um tipo de mudança energética, como determina a lei das energias nervosas específicas de Muller (1801-1858). Do ponto de vista morfológico, os receptores são classificados em receptores especiais e receptores gerais (livres e encapsulados). Do ponto de vista funcional, os receptores são classificados em:

quimiorreceptores, osmorreceptores, fotorreceptores, termorreceptores, nociceptores, mecanorreceptores.

Receptores encapsulados: Os receptores gerais encapsulados são mais complexos que os livres. Os mais importantes são os corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Ruffini, corpúsculos de Vater-Paccini, fusos neuromusculares e órgãos neurotendinosos de Golgi.

Receptores especiais: Os receptores especiais são estruturas relacionadas com um neuroepitélio (retina, órgão de Corti entre outros) e fazem parte dos chamados órgãos especiais do sentido (visão, audição e equilíbrio, gustação e olfação).

Receptores gerais: Os receptores gerais ocorrem em todo corpo, havendo maior concentração na pele. Em sua maioria, apresentam estrutura mais simples que a dos receptores especiais, podendo, do ponto de vista morfológico, ser classificados em dois tipos: livres e encapsulados.

Receptores livres: Os receptores gerais livres são terminações nervosas livres responsáveis pela sensibilidade do tato, térmica e dolorosa. Ocorrem em toda a pele.

Receptores somáticos: São os receptores que transmitem impulsos relacionados com o soma celular ou parede corporal. Correspondem aos exteroceptores (localizados na superfície externa do corpo, onde são ativados por agentes externos) e proprioceptores (localizados nos músculos, tendões, ligamentos e cápsulas articulares) da classificação de Sherrington.

Rede neuronal: Refere-se às interconexões entre neurônios relacionados com determinada função.

Reflexo (latim: *reflectere*, refletir): Reação motora ou secretora desencadeada pelo sistema nervoso fora da intervenção da vontade, em resposta à estimulação das terminações nervosas sensitivas. O conceito de ação reflexa, originalmente sugerido por Descartes (1596-1650) e posteriormente elaborado por Hales (1677-1761) e Whytt (1714-1766), foi finalmente estabelecido por Marshall Hall (1790-1857).

Sinapse (latim: *Synapsis*; grego: *synapsis*, contato; de *syn*, junto, *hapto*, prender): Conexão entre dois neurônios. Termo introduzido por Charles Scott Sherrington (1856-1952) em 1897. Sherrington utilizou o termo *syndesm* inicialmente, mas depois o substituiu por *synapse*, por sugestão de Arthur Woolgar Verrall (1851-1912; especialista em grego). A sinapse apresenta três partes: pré-sináptica, pós-sináptica e espaço sináptico. A sinapse pode ser química ou elétrica. Nas sinapses químicas, o impulso nervoso é transmitido por uma substância química liberada pela terminação pré-sináptica na fenda sináptica. Essa substância liga-se a receptores específicos localizados no terminal pós-sináptico. Nas sinapses elétricas, a transmissão do impulso nervoso ocorre por propagação direta do potencial de ação da membrana pré-sináptica para a membrana pós-sináptica. As sinapses são classificadas em: (1) axoaxônicas, em que o contato sináptico ocorre entre dois axônios; (2) axodendrítica, em que o contato é entre o axônio de um neurônio com o dendrito de outro; (3) axossomática, em que o contato é entre o axônio de um neurônio e o corpo celular de outro neurônio.

Substância gelatinosa de Rolando: Área localizada no ápice da coluna posterior da medula espinal, correspondendo à lâmina espinal II, constituída por tecido nervoso translúcido, rido em células neurogliais e pequenos neurônios. É contínua com a parte caudal do núcleo espinal do nervo trigêmeo. Chegam fibras sensitivas álgicas que entram pela raiz dorsal. Descrita pelo anatomista italiano Luigi Rolando (1773-1831) em 1809.

Sulco (latim: *sulcus*, depressão linear): Depressão estreita ou incisura. Os sulcos são encontrados principalmente na superfície do cérebro, onde delimitam as circunvoluções

ou giros. Podem ser contínuos ou interrompidos, curtos ou longos, e eventualmente compostos por vários segmentos.

Sulco ântero-lateral (latim: *Sulcus anterolateralis*): Fenda longitudinal superficial, localizada na face lateral da medula espinal e do bulbo, que separa os funículos anterior e lateral. Nesse sulco fazem conexão as raízes ventrais dos nervos espinais. No bulbo, corresponde ao sulco da face lateral que continua o sulco ântero-lateral da medula espinal.

Terminação axônica (terminação pré-sináptica): Botão pré-sináptico ou estrutura especializada na liberação de neurotransmissor.

Terminação pós-sináptica: Parte da membrana do neurônio receptora do estímulo. Separada da terminação pré-sináptica pela fenda sináptica.

Terminações nervosas (latim: *Terminationes nervorum*): Formações das extremidades periféricas das fibras dos nervos. Estas formações podem ser sensitivas ou aferentes (receptores) e motoras ou eferentes. As terminações nervosas sensitivas (receptores) são: receptores livres, corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Ruffini, corpúsculos de Vater-Paccini, fuso neuromusculares e órgãos neurotendinosos.

Trato (latim: *tractus*, área alongada, via, trajeto): Feixe de fibras nervosas com aproximadamente a mesma origem, a mesma função e o mesmo destino. Na denominação de um trato, usam-se dois nomes, o primeiro indicando a origem e o segundo a terminação das fibras.

Trato corticospinal ou trato piramidal (latim: *Tractus corticospinalis*): O trato corticospinal foi identificado em 1852 pelo neurologista austríaco Ludwig Türck (1810-1868). Foi denominado por Guichard Joseph Duverney (1648-1730) de trato piramidal

em função das duas eminências que ele determina no bulbo (pirâmides bulbares). Origina-se no córtex cerebral e termina nos neurônios da coluna anterior da medula. Suas fibras têm o seguinte trajeto: giro pré-central (maioria), coroa radiada, perna posterior da cápsula interna, base do pedúnculo cerebral, base da ponte e pirâmide bulbar. No bulbo, uma parte das fibras continua ventralmente, constituindo o trato corticospinal anterior, enquanto outra parte (70-90%) cruza na decussação das pirâmides, para formar o trato corticospinal lateral.

Trato de Türeck (trato corticospinal anterior): Porção do trato corticospinal que não cruza o plano mediano na decussação das pirâmides, sendo também denominado trato piramidal direto. Localiza-se no funículo anterior da medula, contíguo à fissura mediana anterior, mas é separado dessa fissura pelo fascículo sulcomarginal. É muito menor do que o trato corticospinal lateral. Descrito por Ludwig Türeck (1810-1868) em 1849, utilizando o método de degeneração por lesões patológicas e experimentais para identificar as vias nervosas (método baseado no fato de que, quando se secciona uma fibra mielínica, o segmento distal sofre degeneração walleriana, e a direção da degeneração do trato corresponde à direção da condução nervosa).

Tubo neural: Estrutura formada a partir da elevação e aproximação progressiva das bordas laterais da placa neural (pregas neurais), que finalmente se fundem. Esse fechamento do sulco neural começa no meio da placa neural, perto da junção dos futuros encéfalo com a medula espinal. As extremidades do tubo neural em desenvolvimento permanecem ainda abertas, formando os neuróporos cranial e caudal. O tubo neural dá origem aos elementos do sistema nervoso central.

Unidade motora: Conjunto constituído por um neurônio motor com seu axônio e as fibras musculares por ele inervadas. Cada motoneurônio inerva entre 10 e 10.000 fibras musculares. Definida por Charles Scott Sherrington (1857-1932).

Via: Conjunto de fibras nervosas que conduzem impulsos da periferia para o centro, do centro para a periferia ou que liga dois centros nervosos.

17. Referências bibliográficas

ACKERKNECHT, E. H. *Breve historia de la Psiquiatria*. Buenos Aires: Eudeba, 1964.

_____. *A short history of medicine*. New York: Ronald Press Co., 1968.

ADRIAN, E. D. *The mechanism of nervous action: Electrical studies of the neurone*. Pennsylvania: The Eldridge Reeves Johnson Foundation Lectures, 1931.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. et al. *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: EDUC/Livraria da Física/Fapesp, 2004.

ALEXANDER, F. G.; SELESNICK, S. T. *História da Psiquiatria*. São Paulo: Ibrasa, 1968.

AMARAL, I. M. S. P. *A emergencia da bioquímica em Portugal: as escolas de investigação de Marck Athias e de Kurt Jacobsohn*. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian, 2006a.

_____. *The emergente of new scientific disciplines in portuguese medicine: Marck Athias's histophysiology research school, Lisboa (1897-1946)*. Annals of Science, vol. 63, n. 1, 2006b. (pp. 85-110).

_____. *Os “bioquímicos” portugueses*. Boletim Olhares Quirais, 2008. (pp. 23-27).

_____. *Da química à bioquímica: o percurso científico de Kurt Jacobsohn em Portugal (1929-1979)*. Química 120, 2011. (pp. 49-54).

ANASTASSIOU ET AL. *Ephaptic coupling of cortical neurons*. Nature Neuroscience, 14 (2): 01-27, 2011.

ARVANITAKI, A. *Effects evoked in an axon by the activity of a contiguous one*. Journal of Neurophysiology, 5 (2): 89-108, 1942.

AZMITIA, E. C. *Cajal and brain plasticity: Insights relevant to emerging concepts of mind*. Brain Research Reviews, 55, 395-405, 2007.

BACON, F. *A sabedoria dos antigos*. São Paulo: Editora da UNESP, 2002.

_____. *O progresso do conhecimento*. São Paulo: Editora da UNESP, 2007.

_____. *Novum Organum, ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza*. São Paulo: Nova Cultural, 2005. (Coleção Os pensadores) pp. 09-237.

BAKER, J. R. *The cell-theory: a restatement, history, and critique. Part I*. Quarterly Journal Microscopical Science, vol. 89, part 1 September, 1948. pp. 103-125.

_____. *The cell-theory: a restatement, history, and critique. Part II*. Quarterly Journal Microscopical Science, vol. 90, part 1 March, 1949a. pp. 87-108.

_____. *The cell-theory: a restatement, history, and critique. Addendum Part II*. Quarterly Journal Microscopical Science, vol. 90, part 3 September, 1949b. p. 331.

_____. *The cell-theory: a restatement, history, and critique. Part III, the cell as a morphological unit*. Quarterly Journal Microscopical Science, vol. 93, part 2 June, 1952. pp. 157-190.

_____. *The cell-theory: a restatement, history, and critique. Part IV, the multiplication of cells*. Quarterly Journal Microscopical Science, vol. 94, part 4 December, 1953. pp. 407-440.

_____. *The cell-theory: a restatement, history, and critique. Part V, the multiplication of nuclei*. Quarterly Journal Microscopical Science, vol. 96, part 4 December, 1955. pp. 449-481.

BALZAC, H. *A pele de Onagro*. In: *A comédia humana: Estudos filosóficos*, vol. XV. (1829 - 1848). Tradução por Gomes da Silveira. São Paulo: Editora Globo, 1992a. pp. 13-246.

_____. *A obra-prima ignorada*. In: *A comédia humana: Estudos filosóficos*, vol. XV. (1829-1848). Tradução por Gomes da Silveira. São Paulo: Editora Globo, 1992b. pp. 391-418.

_____. *A procura do absoluto*. In: *A comédia humana: Estudos filosóficos*, vol. XV. (1829-1848). Tradução por Gomes da Silveira. São Paulo: Editora Globo, 1992c. pp. 475-635.

- BARLOW, H. B. *Single units and sensation: A neuron doctrine for perceptual psychology*. Perception 1: 371-394. 1972.
- _____. *The neuron doctrine in perception*. In: Gazzaniga, M. (Org.). *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge: MIT Press, 1995.
- BARSANTI, G. *Lamarck and the birth of Biology 1740-1810*. In: POGGI, S.; BOSSI, M. (Orgs.). *Romanticism in Science: Science in Europe, 1790 - 1840*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1993. pp. 47-74.
- BAUMER, F. L. *O pensamento europeu moderno: Séculos XIX e XX*. Rio de Janeiro: edições 70, 1977.
- BEALE, L. S. *Protoplasm; or, life, force, and matter*. London: J. Churchill & Sons, 1870.
- BEAR, M. F. et al. *Fundamentos*. In: _____. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: Artmed, 2002. pp. 02-253.
- BELL, C. [1811]. *Idea of a new anatomy of the brain*. In: Dember, W. N. (Ed.). *Visual Perception: The nineteenth century*. New York: John Wiley & Sons, 1964. (pp. 18-34).
- BERNARD, C. *Introdução à medicina experimental*. Lisboa: Guimarães & Cia, 1978.
- BERTHOZ, A. (Org.). *Lições sobre o corpo, o cérebro e a mente: as raízes das ciencias do conhecimento no Collège de France*. Bauru, SP: Edusc, 2005.
- BITTENCOURT, J. C. & ELIAS, C. F. *Métodos em neurociência*. São Paulo: Roca, 2007.
- BLANES, T. *Sobre algunos puntos dudosos de la estructura del bulbo olfatório*. Revista Trimestral Micrográfica, vol. III. Madrid: Imprenta y Libreria de Nicolas Moya, 1898.
- BLOCH, M. *Apologia da História ou o ofício de historiador*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 2001.
- BODANIS, D. *Universo elétrico: a impressionante história da eletricidade*. Rio de Janeiro: Record, 2008.
- BOLTZMANN, L. *Escritos populares*. São Leopoldo, RS: editora Unisinos, 2005.

- BORING, E. G. *A history of experimental psychology*. New York: Century Company, 1929.
- BORING, E. G.; HERRNSTEIN, R. J. (Orgs.). *Textos básicos de história da Psicologia*. São Paulo: Editora Herder, 1971.
- BRACEGIRDLE, B. *A History of microtechnique: The evolution of the microtome and the development of tissue preparation*. Second Edition. London: Science Heritage Ltd, 1987.
- BRAID, J. *Neurypnology, or the rationale of nervous sleep considered in relation to animal magnetismo or mesmerism*. London: George Redway, 1899. (Introduction and chapter 1; pp. 83-108).
- BRAUDEL, F. *Civilização material, Economia e Capitalismo: Séculos XV-XVIII O tempo do Mundo*. São Paulo: Martins Fontes, 1996. V.3.
- _____. *História e Ciências Sociais. A longa duração*. In: *Escritos sobre a História*. São Paulo: Perspectiva, 2007. (pp. 41-78).
- BURCH, G. E.; DE PASQUALE, N. P. *A history of electrocardiography*. Chicago: Year book medical publishers, 1964.
- BURCH, G. J. *The capillary electrometer: In theory and practice*. London, 1896.
- BURKE, P. *A escola dos Annales (1929-1989): A revolução francesa da historiografia*. São Paulo: Editora da Unesp, 1997.
- BUTTERFIELD, H. *As origens da ciência moderna*. Rio de Janeiro: edições 70, 1992.
- CALKINS, M. W. *Association: An essay analytic and experimental*. Psychological Review Monograph Supplement, 1, n. 2. 1896.
- CAMPANELLA, T. *Apologia de Galileu*. Tradução e introdução de Oliveira, E. D. Campinas, SP: [Dissertação de mestrado]. 2001.
- CANGUILHEM, G. *La formation du concept de réflexe aux xvii^e et xviii^e siècles*. Paris: Presses Universitaires de France, 1955.
- _____. *The concept of reflex*. In: Delaporte, F. (Ed.). *A vital rationalist: selected writings from Georges Canguilhem*. New York: Zone Books, 2000.

- _____. *O conceito de reflexo no século XIX*. In: _____. *Estudos de história e de filosofia das ciências*. Rio de Janeiro: Forense, 2012.
- CARLSON, E. T.; SIMPSON, M. M. *Models of the nervous system in eighteenth century psychiatry*. Bulletin of the History of Medicine. Vol. 43, March- April, n. 2, 1969. pp. 101-115.
- CARNOY, J. B. *Biologie Cellulaire: Étude comparée de la cellule dans les deux règnes*. Fascicule I. Lierre: Joseph van In & C^{ie}, 1884. (pp. 06-35; 173-204).
- CARUS, C. G. *Nine letters on landscape painting*. Los Angeles: Getty Publications, 2002.
- CASTAÑEDA, L. A. *História natural e as idéias de geração e herança no século XVIII: Buffon e Bonnet*. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, II (2) 33-50, jul-out, 1995.
- CLARKE, E. *The neural circulation: the use of analogy in medicine*. Medical History, 1978, 22: 291-307.
- CLARKE, E.; JACYNA, L. S. *Nineteenth-century origins of neuroscientific concepts*. Berkeley: University of California Press, 1987.
- CLARKE, G.; KASTEN, F. K. *History of staining*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1983.
- COLEMAN, W. *La Biología en el siglo XIX: problemas de forma, function y transformacion*. México: Fondo de Cultura Económica, 1983.
- COLLINGWOOD, R. G. *Idea de la naturaleza*. México: Fondo de Cultura Económica, 1950.
- CONN, H. J. *The evolution of histological staining*. Ciba Symposium: 1946. 7, 270-300.
- COPÉRNICO, N. *As revoluções dos orbes celestes*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- CORMACK, D. H. *Fundamentos de Histologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- COSTA, N.C.A. *Ensaio sobre os fundamentos da lógica*. São Paulo: Hucitec, 2008.

- CROFT, W. J. *Under the microscope: A brief history of microscopy*. World Scientific Publishing Company, 2006.
- CHALMERS, A.F. *What is this thing called Science?* University of Queensland Press, Open University Press: 3^a edição revista, Hackett, 1999.
- DEFELIPE, J. *Brain plasticity and mental processes: Cajal again*. Neuroscience (Perspectives). Vol. 7, 811-817. 2006.
- _____. *Cajal y la neurociencia del siglo XXI*. In: DeFelipe, J. et al. *Paisajes Neuronales: Homenaje a Santiago Ramón y Cajal*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007. pp. 41-97.
- _____. *From the connectome to the synaptome: An epic love story*. Science, vol. 330, 1198-1201, 2010. DOI: 10.1126/science.1193378.
- DICKENS, C. *Um conto de duas cidades*. Tradução por Débora Landsberg. São Paulo: Estação Liberdade, 2010.
- DILLENIUS, J. A. *Craneometria comparativa de los antiguos habitantes de la isla y del pukará de tilcara*. Buenos Aires: Imprenta de com hermanos, 1913. [tesis para el doctorado en Filosofía y Letras, 1911].
- DINI, A. *Vita e organismo: Le origini della fisiologia sperimentale in Italia*. Firenze: Leo S. Olschki Editore, 1991.
- DOSSE, F. *A história em migalhas: dos Annales à nova história*. Bauru, SP: EDUSC, 2003.
- DOYLE, D. A. et al. *The structure of the potassium channel: molecular basis of k^+ conduction and selectivity*. Science. 280, 69 (1998). DOI 10.1126/science.280.5360.69.
- DRIESCH, H. *Il Vitalismo*. Heidelberg, 1905.
- DRÖSCHER, A. *Camillo Golgi and the discovery of the Golgi apparatus*. In: Histochemistry and cell biology. Vol. 109, 5-6, 1998. (pp. 425-30).
- DROYSEN, J. G. *Manual de Teoria da História*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.
- DUMMETT, M. *Truth and other enigmas*. Harvard University Press, 1978.

- DUMONT, L. (1876). *De l'habitude*. Revue Philosophique de la France et de l'étranger. Paris: Germer Baillière. (pp. 321-366)
- DUTRA, L. H. A. *Claude Bernard, o vitalismo e o materialismo*. In: Russo, M.; Caponi, S. (orgs.). *Estudos de filosofia e história das ciências biomédicas*. São Paulo: discurso editorial, 2006. pp. 143-162.
- EBBINGHAUS, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York: Dover publications, 1964.
- FABER, D. & KORN, H. *Electrical Field Effects: Their relevance in central neural networks*. Physiological Reviews, 69 (3): 821-863, 1989.
- FAÑANÁS, J. R. *Nota preventive sobre el aparato reticular de Golgi en el embrión de pollo*. Madrid: Nicolas Moya, 1912a.
- _____. *Disposición del aparato endocelular de Golgi en el bulbo olfatorio del perro joven*. Boletín de la Sociedade Española de Biología. Madrid: Moya, 1912b.
- FEARING, F. *Reflex action: A study in the history of physiological psychology*. London: Tindall & Cox, 1930.
- FEYERABEND, P. K. *Against Method*. New Left Books, 1975.
- _____. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves editora, 1977.
- _____. *Matando o tempo: uma autobiografia*. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- _____. *Consolando o especialista*. In: Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979. pp. 244-284.
- FIELDS, R. D.; STEVENS-GRAHAM, B. *New insights into neuron-glia communication*. Sciences compass review. 18 October 2002, vol. 298, p. 556-562.
- FIGUEIREDO, B. G.; CONDÉ, M. L. L. (Orgs.). *Ciência, História e Teoria*. Belo Horizonte: Argumentum editora, 2005.
- FINGER, S. *Origins of Neuroscience: a history of explorations into brain function*. New York: Oxford University Press, 1994.

- _____. *Minds behind the brain: A history of the pioneers and their discoveries*. New York: Oxford University Press, 2000.
- FINLAY, L. M. *Craniometry and Cephalometry: a history prior to the advent of radiography*. *Craniometry*, 50 (4), 1980, pp. 312-21.
- FLECK, L. *La gnesis y el desarrollo de um hecho cientfico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- FLOURENS, P. M. J. (1824). *A unidade do sistema nervoso*. In: Boring, E. G.; Herrnstein, R. J. (Orgs.). *Textos bsicos de histria da Psicologia*. So Paulo: Editora Herder, 1971.
- _____. *Examen de la Phrnologie*. Paris: Paulin diteurs, 1842.
- _____. (1855). *Curso de fisiologia comparada da ontologia ou estudo dos seres*. In: Berthoz, A. (Org.). *Lies sobre o corpo, o cerebro e a mente: as razes das ciencias do conhecimento no Collge de France*. Bauru, SP: Edusc, 2005.
- _____. (1858). *Eloge historique de Franois Magendie*. United States: Kessinger Publishing, 2010.
- _____. *De la Phrnologie et des tudes vraies sur l cerveau*. Paris: Garner Frres, 1863.
- FOREL, A. *Un aperu de psychologie compare*. *L'anne psychologique*, 2 anne, 1896.
- FOREL, G. *Memrias: vida e obra de um sexologista*. Porto Alegre: Edio globo, 1941.
- GALL, F. J. *On the functions of the cerebellum*. London: Maclachlan & Stewart, 1838.
- GALTON, F. *Statistics of mental imagery*. *Mind*, 5. 1880. (pp. 301-318).
- GARCA-LPES, P. et al. *Three-dimensional reconstruction and quantitative study of a pyramidal cell of a Cajal histological preparation*. *The Journal of Neuroscience*. 26(44): 11249-11252. 2006.

- _____. *The Discovery of dendritic spines by Cajal in 1888 and its relevance in the present neuroscience*. Progress in Neurobiology. 83, 110-130. 2007.
- _____. *The histological slides and drawings of Cajal*. Frontiers in Neuroanatomy. Vol. 4, 1 – 16. DOI: 10.3389/neuro.05.009.2010. 2010.
- GARCÍA-MARÍN, V. et al. *Cajal's contributions to glia research*. Trends in Neurosciences. Vol. 30, n 09, 479-487. 2007.
- _____. *The growth cone as seen through Cajal's original histological preparations and publications*. Journal of the History of the Neuroscience, 18: 197-210. 2009.
- GARDINER, P. *Teorias da História*. Lisboa: Gulbenkian, 1995.
- GIACOMINI, C. *Varietà delle circonvoluzioni cerebrali dell'uomo*. Torino: Tipografia celanza e comp., 1881.
- GIFFONI, R. T.; Torres, R. M. *Breve história da eletrocardiografia*. Revista Médica Minas Gerais 2010; 20(2): pp. 263-270.
- GINEFRA, P. *A evolução do eletrodo no registro dos potenciais elétricos cardíacos: Um pouco de história*. Revista SOCERJ, maio/junho 2007; 20(3): pp. 243-250.
- GOLGI, C. *Sulla sostanza grigia del cervello*. Gazzetta Medica Italiana, anno 1873. [também em: Opera Omnia, vol. I. Milano: Ulrico Hoepli, 1903. (pp. 91-98)].
- _____. [1880]. *Sulla origine centrale dei nervi*. Comunicazione fatta alla sezione anatômica del III congresso medico. Genova. In: Opera Omnia, vol. I. Milano: Ulrico Hoepli, 1903. (pp. 243-249).
- _____. *Origine del tractus olfactorius e struttura dei lobi olfattorii dell'uomo e di altri mammiferi*. Gazzeta degli ospitali, 1882. (pp. 02-05).
- _____. *La cellula nervosa motrice*. Lettura fatta alla IV Congresso dela Società Freniatria Italiana. Voghera, 1883. (pp. 537-542).
- _____. [1891]. *La rete nervosa diffusa degli organi centrali del sistema nervoso. Suo significato fisiológico*. In: Opera Omnia, vol. II. Milano: Ulrico Hoepli, 1903b. (pp. 579- 605).
- _____. *Sur la structure des cellules nerveuses*. Archives Italiennes de Biologie. Tomo 30. Turin: Hermann Loescher, 1898a. (pp. 60-71).

- _____. *Sur la structure des cellules nerveuses des ganglions spinaux*. Archives Italiennes de Biologie. Tomo 30. Turin: Hermann Loescher, 1898b. (pp. 278-286).
- _____. *Di nuovo sulla struttura della cellula nervosa dei gangli spinali*. Archives Italiennes de Biologie. Tomo 31. Turin: Hermann Loescher, 1899. (pp. 273-280).
- _____. *Istologia Normale: 1870-1883*. In: Opera Omnia, vol. I. Milano: Ulrico Hoepli, 1903a.
- _____. *Istologia Normale: 1883-1902*. In: Opera Omnia, vol. II. Milano: Ulrico Hoepli, 1903b.
- _____. *Opera Omnia*. vol. III. Milano: Ulrico Hoepli, 1903c.
- GOULD, S. J. *Ontogenia y filogenia: La ley fundamental biogenética*. Barcelona: Crítica, 2010.
- GRAINGER, R. D. *Observations on the structure and functions of the spinal cord*. London: Samuel Highley, 1837.
- GUSMÃO, S. S.; RIBAS, G. C. *Dicionário de Neuroanatomia*. Rio de Janeiro: Dilivros, 2009.
- HAMBLY, W. D. *Cranial capacities, a study in methods*. Chicago Natural History Museum, 36 (3), 1947, pp. 25-75.
- HARRÉ, R. (org). *Problemas da revolução científica: Incentivos e obstáculos ao progresso das ciências*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1976.
- HARTLINE, D. K. *What is myelin?* Neuron Glia Biology, 4, 2008. (pp. 153-163).
- HAUSER, A. *O romantismo alemão e ocidental; Naturalismo e Impressionismo*. In: HAUSER, A. *História social da arte e da literatura*. São Paulo: Martins Fontes, 2003. pp. 661-955.
- HEGENBERG, L. *Definições: Termos teóricos e significado*. São Paulo: Cultrix, 1974.
- HEMPEL, C. *Aspects of Scientific explanation and other essays in the Philosophy of Science*. Free Press, 1965.

- HENRY, J. *A Revolução científica e as origens da ciência moderna*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 1998.
- HESSEN, B. *As raízes sociais e econômicas dos Principia de Newton*. In: GAMA, R. (org.). *Ciência e tecnologia*. São Paulo: TA Queiroz, 1993. (pp. 30-89).
- HOBHOUSE, L. T. (1901). *Mind in evolution*. New York: Arno Press [1973].
- HOBBSAWM, E. J. *A era das revoluções: Europa 1789-1848*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.
- _____. *A era dos impérios: 1875-1914*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998a.
- _____. *Sobre História*. São Paulo: companhia das letras, 1998b.
- HOFFMAN, B. F.; CRANFIELD, P. F. *Electrophysiology of the Heart*. New York: McGraw-Hill; 1960: 1-41.
- HOFFMANN, E. T. A. *O pequeno Zacarias chamado Cinabre*. Tradução por Marion Fleischer. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- HOGG, J. *Microscope: Its history, construction, and applications*. London: The Illustrated London Library, 1854.
- HOLANDA, S.B. *O atual e o inatual em Leopold Von Ranke*. In: Holanda, S. B. (org.) *Ranke*. São Paulo: Ática, 1979.
- HULL, D. *Filosofia da ciência biológica*. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1975.
- JACOBSON, M. *Foundations of neuroscience*. New York: Plenum Press, 1993.
- JAMES, W. *Princípios de Psicologia*. Buenos Aires: Glem, 1945.
- JEFFERYS, J. G. R. *Nonsynaptic modulation of neuronal activity in the brain: Electric currents and extracellular ions*. *Physiological Reviews*, 75: 689- 723, 1995.
- KANT, I. *Primeiros princípios metafísicos da ciência da natureza*. Lisboa: Edições 70, 1990.
- _____. *Idéia de uma História universal de um ponto de vista cosmopolita*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

- KINOUCHI, R. R. *Darwinismo em James: A função da consciência na evolução*. Psicologia: teoria e pesquisa. Vol. 22, n. 3 (pp. 355-362). 2006.
- _____. *Tão perto, tão distante: William James e a Psicologia contemporânea*. Scientiae Studia, v. 7, n. 2 (pp. 309-315). 2009.
- KLEIN, E. *Observations on the structure of cells and nuclei*. Quartely Journal of Microscopical Science. London, 1878, 18: pp. 315-339.
- KÖHLER, W. (1917). *A compreensão dos macacos superiores*. In: Herrnstein, R. J. & Boring, E. G. (orgs.). *Textos básicos de história da psicologia*. São Paulo: Editora Herder, 1971. (pp. 704-714).
- KÖLLIKER, A. V. (1817-1905). *Elements D'Histologie Humaine*. Paris Masson, 1868.
- KOSELLECK, R.; GADAMER, H.G. *Historia y hermenéutica*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S. A. 1993.
- KOSELLECK, R. *Crítica e crise*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- _____. *Futuro Passado: Contribuição à semântica dos tempos históricos*. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.
- _____. *Uma história dos conceitos: problemas teóricos e práticos*. Estudos históricos. Rio de Janeiro, vol. 5, n. 10, 1992, pp. 134-146.
- KOYRÉ, A. *Estudos de História do pensamento científico*. Brasília: Editora UNB, 1982.
- _____. *Estudos Galilaicos*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora perspectiva, 1994.
- _____. *Science: The history of science*. In: Sills, D. L. (Org.). *International Encyclopedia of the social sciences*. Vol. 14. Nova York: Macmillan, 1968. pp. 74 - 83.
- _____. *Lógica da descoberta ou Psicologia da pesquisa?* In: Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979a. pp. 05-32.

- _____. *Reflexões sobre os meus críticos*. In: Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979b. pp. 285 - 343.
- _____. *A tensão essencial*. Lisboa: edições 70, 1989.
- _____. *The Essential Tension*. University of Chicago Press, 1977.
- _____. *O caminho desde a estrutura*. São Paulo: Editora Unesp, 2006.
- LACEY, H. *Valores e atividade científica*. São Paulo: Discurso editorial, 1998.
- _____. *Valores e atividade científica 1*. São Paulo: Editora 34, 2008.
- _____. *Existe uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais?* Scientiae Studia. São Paulo, vol. 1, n. 2, 2003. pp. 121-49.
- _____. *O princípio de precaução e a autonomia da ciência*. Scientiae Studia. São Paulo, vol. 4, n. 3, 2006. pp. 373-92.
- _____. *Aspectos cognitivos e sociais das práticas científicas*. Scientiae Studia. São Paulo, vol. 6, n. 1, 2008a. pp. 83-96.
- _____. *Ciência, respeito à natureza e bem-estar humano*. Scientiae Studia. São Paulo, vol. 6, n. 3, 2008b. pp. 297-327.
- _____. *O lugar da ciência no mundo dos valores e da experiência humana*. Scientiae Studia. São Paulo, vol. 7, n. 4, 2009. pp. 681-701.
- LACOSTE, Y. (Org.). *Ler Braudel*. Campinas, SP: Papirus, 1989.
- LAGERLÖF, S. *O Imperador de Portugal*. Tradução por Esther de Lemos. São Paulo: Ulisseia, 1988.
- LAKATOS, I. *História da ciência e suas reconstruções racionais*. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1970.
- _____. *Pruebas y refutaciones*. Madrid: Alianza Universidad, 1978.
- _____. *Lógica do descobrimento matemático: provas e refutações*. Rio de Janeiro: Zahar editor, 1978.

- _____. *O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica*. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979. pp. 109-243.
- _____. *Matemáticas, ciência y epistemología*. Madrid: Alianza Universidad, 1981.
- _____. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universidad, 1989.
- LANGLOIS, C. V.; SEIGNOBOS, C. *Introdução aos estudos históricos*. São Paulo: Editora Renascença, 1946.
- LATOUR, B. *A esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos*. Bauru, SP: EDUSC, 2001.
- LE GOFF, J. *História e memória*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1990.
- LEMOINE, A. *L'habitude et L'instinct*. Revue Philosophique de la France et de l'étranger. Paris: Germer Baillière. (pp. 198-209). 1876.
- LENOIR, T. Strategy of life: *Teology and mechanics in nineteenth century german biology*. Dordrecht: D. Reidel, 1982.
- _____. *Instituindo a ciência: a produção cultural das disciplinas científicas*. São Leopoldo RS: Editora Unisinos, 2004.
- LENT, Roberto. *As unidades do sistema nervoso. Forma e função de neurônios e glíocitos*. In: LENT, Roberto. *Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de Neurociência*. São Paulo: Atheneu, 2001. (pp. 65-96).
- LIDDELL, E. G. T. *The Discovery of reflexes*. Oxford: Clarendon Press, 1960. pp. 1 - 30.
- LING, G.; GERARD, R. W. *The normal membrane potential of frog sartorius fibers*. Journal Cell Physiology. 1949; 34: 383-96.
- LOMBARD, M. D. *Experimental researches on the propagation of heat by conduction in bone, brain-tissue, and skin*. Proceedings of the Royal Society of London, 1881. (pp. 11-15).

- LOSEE, J. A *Historical Introduction to the Philosophy of Science*. New York: Oxford University Press, 1998.
- MAESTRE DE SAN JUAN, A. *Tratado elemental de histología normal y patológica*. Madrid: Nicolas Moya editor, 2ª ed. 1885.
- MARTINS, R. A. *Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência*. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M. et al. *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: EDUC/Livraria da Física/Fapesp, 2004.
- _____. *Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas?* Episteme, Porto Alegre, n. 10, p. 39-56, jan/jun. 2000.
- MASTERMAN, M. *A natureza de um paradigma*. In: Lakatos, I.; Musgrave, A. A *crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979. pp. 72-108.
- MAYR, E. *Biologia, Ciência única*. São Paulo: Companhia das letras, 2005.
- MAZZARELLO, P. *The hidden structure: A scientific biography of Camillo Golgi*. New York: Oxford University Press, 1999.
- _____. *Il nobel dimenticato*. Turin: Bollati Boringhieri, 2006.
- _____. *Golgi: A biography of the founder of modern neuroscience*. New York: Oxford University Press, 2010.
- MELLAND, B. *A simplified view of the histology of the striped muscle fibre*. Quarterly Journal of Microscopical Science. London, 1885, 25: 371-390.
- MELVILLE, H. *Moby Dick*. Tradução por Berenice Xavier. São Paulo: Publifolha, 1998.
- MORA, F. & SANGUINETTI, A. M. *Diccionario de neurociencias*. Madrid: Alianza editorial, 1994.
- MOTTERLINI, M (Org.). *For and against method*. Chicago: University of Chicago Press, 1993.
- NAGEL, E. *Alguns problemas da Lógica da análise histórica*. In: GARDINER, P. *Teorias da História*. Lisboa: Gulbenkian, 1995.

- _____. *La estructura de la ciência: Problemas de la lógica de la investigación científica*. Buenos Aires: Paidós, 1968.
- NEUBURGER, M. *History of Medicine*. vol 2, part 1. London: Humphrey Milford, 1910. (pp. 49-117).
- NONIDEZ, J.F. *The nervous “terminal reticulum”. A critique. III. Observations on the autonomic ganglia and nerves with special reference to the problem of the neuro-neuronal synapse*. Concluding remarks. *Ant. Anz.* 1937, 84, 315-330.
- PAPILLAULT, G. *Entente internationale pour l’unification des mesures craniométriques et céphalométriques*. Compte rendu du xiii^e Congrès d’anthropologie et d’archéologie préhistoriques, session de Monaco, 1906, II, pp. 377-394. Monaco, 1908.
- PARELLADA, A. V. *Luis Simarro y su tiempo*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007.
- PAVLOV, I. P. (1904). *Physiology of digestion*. Nobel Lecture. (www.nobelprize.org).
- PÊCHEUX, M. & FICHANT, M. *Sobre a História das Ciências*. Lisboa: edições mandacaru, 1977.
- PERA, M. *The ambiguous frog: the Galvani-Volta controversy on animal electricity*. Princeton, 1992.
- PERRONCITO, A. *Contribution à l’étude de la biologie cellulaire. Mitochondres, chromidies et appareil réticulaire interne dans les cellules spermatiques. Le phénomène de la dictyokinése*. Archives Italiennes de Biologie. 54, 1910. (pp. 307-345).
- PLASTINO, C. E. *Realismo e anti-realismo acerca da ciência: Considerações filosóficas sobre o valor cognitivo da ciência*. São Paulo, 1995. Tese de doutorado.
- POGGI, S. *Neurology and Biology in the romantic age in Germany: Carus, Burdach, Gall, Von Baer*. In: POGGI, S.; BOSSI, M. (Orgs.). *Romanticism in Science: Science in Europe, 1790-1840*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1993. pp. 143-160.
- POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: editora Cultrix, 1972.

- _____. *A miséria do historicismo*. São Paulo: Cultrix, 1980.
- _____. *A racionalidade das revoluções científicas*. In: HARRE, Rom. (org). *Problemas da revolução científica: Incentivos e obstáculos ao progresso das ciências*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1976. (pp. 91-113).
- _____. *A ciência normal e seus perigos*. In: Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979. pp. 63-71.
- PROCHASKA, G. *On the functions of the nervous system*. Londres: Sydenham Society, 1851. (pp. 363-460).
- PUTNAM, H. *Razão, verdade e história*. Lisboa: Dom Quixote, 1992.
- RADL, E. M. *Historia de las teorías biológicas: Desde Lamarck y Cuvier*. Madrid: Alianza editorial, 1988. Tomo II.
- RAMÓN Y CAJAL, P. *Las células estrelladas de la capa molecular del cerebelo de los reptiles*. Revista Trimestral Micrográfica, vol. I, 1896. (pp. 221-222).
- RAMÓN Y CAJAL, S. *El Protoplasma: breve análisis de los últimos trabajos publicados acerca de su constitución anatómica*. In: La Clinica. Zaragoza, 1880a. 153: 299; 154: 306-308; 155: 313-315.
- _____. *Investigaciones experimentales sobre la génesis inflamatoria y especialmente sobre la emigración de los leucocitos*. In: El diario Católico, Zaragoza, 1880b.
- _____. *Los actos reflejos y la filosofía del inconsciente*. La clinica. Zaragoza, 1881a. 201: 265-267.
- _____. *Observaciones microscópicas sobre las terminaciones nerviosas en los músculos estriados de la rana*. (1881b). In: *Trabajos escogidos (1880-1890)*. Barcelona: Bosch editor, 2006. (pp. 53-95).
- _____. *Las maravillas de la Histologia*. La clinica. Zaragoza, 1883. 301: 225-226; 303: 241-242.
- _____. (1886a). *Notas de laboratorio*. La crónica Médica. Valencia. In: *Trabajos escogidos (1880-1890)*. Barcelona: Bosch editor, 2006. (pp. 199-205).

- _____. (1886b). *Contribution à l'étude des cellules anastomosées des épithéliums pavimenteux stratifiés*. Aus der internationalen Monatsschrift f. Anat. u. Histol. Bd. III. Heft 7. In: Trabajos escogidos (1880-1890). Barcelona: Bosch editor, 2006. (pp. 207-221).
- _____. (1887a). *Tejido Óseo*. Boletín Medico Valenciano. Valencia. In: Trabajos escogidos (1880-1890). Barcelona: Bosch editor, 2006. (pp. 223-225).
- _____. (1887b). *Sobre los conductos plasmáticos del cartílago hialino*. La crónica Medica. Valencia. In: Trabajos escogidos (1880-1890). (pp. 227-234).
- _____. (1887c). *Textura de la fibra muscular en los mamíferos*. Boletín Medico Valenciano. Valencia. In: Trabajos escogidos (1880-1890). (pp. 235-239).
- _____. (1887d). *Fibra muscular del ala de los insectos*. Boletín Medico Valenciano. Valencia. In: Trabajos escogidos (1880-1890). (pp. 241-245).
- _____. (1887e). *Músculos de las patas de los insectos*. Boletín Medico Valenciano. Valencia. In: Trabajos escogidos (1880-1890). (pp. 247-253).
- _____. (1887f). *Observations sur la texture des fibres musculaires des pattes et des ailes des insectes*. Aus der internationalen Monatsschrift f. Anat. u. Phys. Bd. V. Heft 6 u. 7.
- _____. *Estructura de la retina de las aves*. Revista trimestral de histología normal y patológica. n. 1-2. Madrid: maio e agosto, 1888.
- _____. *Manual de histología normal y técnica micrográfica*. Madrid: Nicolas Moya, 1889. 1ª edición.
- _____. *Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moelle embryonnaire*. Anatomischer Anzeiger, vol. 5. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1890a. pp. 111-19.
- _____. *A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moelle épinière du poulet?* Anatomischer Anzeiger, vol. 5. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1890b. pp. 631-39.
- _____. *Réponse à Mr. Golgi à propos des fibrillas collatérales de la moelle épinière, et de la structure générale de la substance grise*. Anatomischer Anzeiger, vol. 5. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1890c. pp. 579-87.

- _____. *Significación fisiológica de las expansiones protoplásmicas y nerviosas de las células de la sustancia gris*. Conferencia Congreso Médico de Valencia. 1891. pp. 1-15.
- _____. *La rétine des vertébrés*. In: Carnoy, J.B.; Gilson, G.; Denys, J. (eds). *La Cellule: Recueil de cytologie et d'histologie générale*. Tome IX. 1893. pp. 119 - 258.
- _____. *Consideraciones generales sobre la morfología de la célula nerviosa*. Madrid: La Veterinaria Española. N. 20 e 30, pp. 01-15. 1894.
- _____. *Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatómico de la ideación asociación y atención*. *Revista de medicina y cirugía prácticas*. Año XIX, n. 457, 5 de mayo. Pp. 497-508. 1895.
- _____. *Nueva contribución al estudio del bulbo raquídeo*. *Revista Trimestral Micrográfica*, vol. II. Madrid: Imprenta y Librería de Nicolás Moya, 1897a.
- _____. *Prólogo*. In: Pelaez, P. L. *Anatomía normal de la médula espinal humana*. 1897b.
- _____. *Elementos de histología normal y de técnica micrográfica*. Madrid: Nicolas Moya, 1901. 3ª ed.
- _____. *Algunas variaciones fisiológicas y patológicas del aparato reticular de Golgi*. *Trabajos del Laboratorio de investigaciones biológicas de la Universidad de Madrid*. Tomo XII, fascículos 2 e 3. Madrid: Nicolás Moya, 1915. (pp. 127-227).
- _____. *¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas*. Madrid: Instituto Cajal, 1952.
- _____. *Obras literarias completas*. Madrid: Aguilar Ediciones, 1954.
- _____. *Discurso de doctorado y trabajos de juventud*. Madrid: Editorial, 2001.
- _____. *Recuerdos de mi vida*. Barcelona: Critica editorial, 2006a.
- _____. *Trabajos escogidos (1880-1890)*. Barcelona: Bosch editor, 2006b.

- _____. [1899a] *Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*. Tomo I. Madrid: Consejo Superior de Insvestigaciones Científicas, 2007a.
- _____. [1899b] *Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*. Tomo II. Madrid: Consejo Superior de Insvestigaciones Científicas, 2007b.
- RAVETZ, J. R. *Et Augebitur Scientia: E o conhecimento crescerá*. In: HARRÉ, Rom. (org). *Problemas da revolução científica: Incentivos e obstáculos ao progresso das ciências*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1976. (pp. 59-74).
- REY, R. *História da dor*. São Paulo: Escuta, 2012. (Capítulo 6: século xix: as grandes descobertas; pp. 169-314).
- REXED, B. *Some aspects of the cytoarchitectonics and synaptology of the spinal cord*. In: Eccles, J. C.; Schädé, J. P (Orgs.). *Organization of the spinal cord*. Progress in Brain Research. Vol 11. New York: Elsevier Company, 1964. (pp. 58-92).
- RICOEUR, P. *História e verdade*. Rio de Janeiro: Companhia editora forense, 1968.
- _____. *Tempo e narrativa: tomo I*. Campinas, SP: Papyrus, 1994.
- RONAN, C. A. *História Ilustrada da Ciência: Oriente, Roma e Idade Média*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 2001a.
- _____. *História Ilustrada da Ciência: Da Renascença à Revolução científica*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 2001b.
- _____. *História Ilustrada da Ciência: A ciência nos séculos XIX e XX*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 2001c.
- ROY, A. C. *Cajal: triunfar a toda costa*. Madrid: Alianza editorial, 1999.
- RUSSELL, B. *O Impacto da Ciência na sociedade*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.
- RUSSELL, E. S. *Form and Function: A contribution to the history of animal morphology*. London: John Murray, 1916.
- RUSSO, M. *Irritabilidade e sensibilidade: Fisiologia e Filosofia de Albrecht Haller*. São Paulo: 2002. [Tese de doutorado – Universidade de São Paulo].

- RUSSO, M.; CAPONI, S. (Orgs.). *Estudos de filosofia e história das ciências biomédicas*. São Paulo: Discurso editorial, 2006.
- SABINE, L. C. *Proceedings of the Royal Society*. Vol. VI, n. 77. (pp. 01-03), 1850.
- SAN JUAN, A. M. *Histologia normal y patológica*. Madrid: Nicolás Moya editor, 1885.
- SANTANDER, R. G. *La escuela histológica española*. Alcala: Alcala de Henares, 2002.
- SANTARÉN, J. F. *Introducción*. In: RAMÓN Y CAJAL, S. *Recuerdos de mi vida*. Barcelona: Critica editorial, 2006. (pp. 09-74).
- SANTOS, B. S. *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Rio de Janeiro: Graal, 1989.
- SANTOS, G. F. *A teoria da gastrea de Ernst Haeckel*. São Paulo, 2011. [Dissertação de mestrado].
- SCHICKORE, J. *The microscope and the eye: A history of reflections, 1740-1870*. Chicago: Chicago University Press, 2007.
- SECHENOV, I. M. *Los reflejos del cerebro*. Cuba: Academia de ciências, 1965.
- _____. *Biographical sketch and essays*. New York: Arno Press, 1973.
- SERRES, M. *História das ciências: Do fim da Idade média a Lavoisier*. Lisboa: Terramar, 1994.
- SEYFARTH, E. A. *Julius Bernstein (1839-1917): Pioneer neurobiologist and biophysicist*. Biological Cybernetics (2006). 94: pp. 2-8.
- SHELLEY, M. *Frankenstein*. Tradução por Everton Ralph. São Paulo: Publifolha, 1998.
- SHEPHERD, G. M. *Foundations of the neuron doctrine*. New York: Oxford University Press, 1991.
- SHERRINGTON, C. *The integrative action of the nervous system*. Cambridge University Press, 1948.

- SILVA E CUNHA, B. J. *Um capítulo de teratologia: breves considerações sobre as causas e modo de formação das anomalias*. [dissertação inaugural apresentada à Escola médico-cirúrgica do Porto]. Porto: Typographia Occidental, 1884.
- SIMIAND, F. *Método histórico e ciência social*. Bauru, SP: EDUSC, 2003.
- SINGER, C. J. *Historia de la biologia*. Argentina, Buenos Aires: Espasa-caipe Argentina, 1947.
- SMALL, W. S. *Experimental study of the mental processes of the rat, II*. American Journal of Psychology, 12. (pp. 206-209; 218-220; 228-232). 1901.
- SPENCER, H. (1871). *The principles of Biology*. Vol. II. New York: D. Appleton and Company.
- SPURZHEIM, J. G. *Phrenology, in connexion with the study of Physiognomy*. Boston: Marsh, Capen & Lyon, 1833.
- TABAKOGLU, H. S. *The impact of the French revolution on the ottoman-Spanish relations*. Turkish studies. International periodical for the languages, literature and history of Turkish or Turkic. Vol. 3, 1 winter 2008, pp. 335-354.
- TATON, E. (Dir.). *História geral das ciências: Tomo III, A ciência contemporânea: O século XIX*. Vol. I. São Paulo: Difusão européia do livro, 1966.
- _____. *História geral das ciências: Tomo III, A ciência contemporânea: O século XIX*. Vol. II. São Paulo: Difusão européia do livro, 1967.
- TEULÓN, A. A. *La teoria celular: Historia de un paradigma*. Madrid: Alianza editorial, 1983.
- THÉODORIDES, J. *História da Biologia*. São Paulo: edições 70, 1965.
- THOMPSON, E. P. *A formação da classe operária inglesa: a árvore da liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. Vol. 1.
- _____. *A formação da classe operária inglesa: a maldição de adão*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002a. Vol. 2.
- _____. *A formação da classe operária inglesa: a força dos trabalhadores*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002b. Vol. 3.

- THORNDIKE, E. L. *Animal intelligence: an experimental study of the associative processes in animals*. The Psychological Review Monograph Supplements 2, n. 4. (pp. 1-8; 13-18; 73-74). 1898.
- TOSSATO, C. R. *Mysterium Cosmographicum, os antecedentes das duas primeiras leis keplerianas dos movimentos planetários*. Cadernos Espinosanos, n. 5, 2000, p. 35-63.
- _____. *Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 09/12/1599 de Brahe a Kepler, juntamente com a tradução da carta e notas a mesma*. Scientiae Studia, vol. 2, nº 4, out/dez 2004, p. 537-78.
- TOULMIN, S. E. *É adequada a distinção entre ciência normal e ciência revolucionária?* In: Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979. pp. 49-59.
- VAN FRAASSEN, B. *A Imagem científica*. São Paulo: Editora Unesp, Discurso editorial, 2007.
- VIDAL, A. M. *Neurociencias y revolucion científica en Espana: La circulacion neural*. Madrid: CSIC, 1989.
- WADE, N. J. et al. *Ferruccio Tartuferi (1852-1925) and histology of the retina in Golgi's school*. Perception, vol. 36, Supplement, 2007. (p. 168).
- WHALEY, W. G. *The Golgi Apparatus*. New York: Springer-Verlag, 1975. (introdução e primeiros estudos, pp. 01-14).
- WAIKINS, J. W. N. *Contra a ciência normal*. In: Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix, 1979. pp. 33-48.
- WALLER, V. *Microscopic observations on the perforation of the capillaires by the corpuscles of the blood*. London: 1846.
- WILDE, O. *O retrato de Dorian Gray*. Tradução por Marina Guaspari. São Paulo: Publifolha, 1998.
- YERKES, R. M. *The formation of habits in the turtle*. The Popular Science Monthly, 58. (pp. 519-525). 1901.
- ZOLTÁN, M. *Thomas Willis (1621-1675): The founder of clinical neuroscience*. Perspectives. Nature Reviews Neuroscience. 5, April 2004. pp. 329-335.