André Frazão Helene

Aquisição e uso de memória implícita

São Paulo

2006

André Frazão Helene

Aquisição e uso de memória implícita

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Doutor em Ciências, na Área de Fisiologia Geral.

Orientador: Gilberto Fernando Xavier

São Paulo

2006

H 474a

Helene, André Frazão

Aquisição e uso de memória implícita / André Frazão Helene. – São Paulo : A. F. Helene, 2006.
150 p. : il. + anexos

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Fisiologia, 2006.

1.Memória.2.Aprendizagem.3.Neurociências-História. 4. Simulação (Aprendizagem). 5. Atenção.
I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Fisiologia. II. Título.

LC: QP 406
QP 408

Agradecimentos

Antes de qualquer coisa preciso agradecer aos meus pais, pelo apoio e participação importante que tiveram; e à Carol, por estar ao meu lado durante todo o árduo processo que perfaz a pós-graduação.

Certamente só foi possível atravessar esta etapa pela confiança e parceria que encontrei no Gilberto, a quem devo mais do que agradecimentos, por ter estado sempre disposto ao debate ao longo desta que é, antes de tudo, uma empreitada.

Agradeço à sorte de ter tido a oportunidade de trabalhar junto ao grupo ao qual estive associado. De poder conviver com as pessoas que em muito contribuíram para que tivesse uma vida acadêmica instigante: Lotte, Andréa, Adriano, Paula, João, Cyrus, Arnaldo, Luiz, Claudia, Edson, Claudia Salai, Tatiana.

Neste contexto, gostaria de fazer um agradecimento especial àqueles que foram meus parceiros acadêmicos nos mais variados projetos, sensatos ou apenas instigantes que fossem, Rodrigo e Pedro.

Gostaria de agradecer a todos aqueles com quem tive a felicidade de conviver durante o tempo em que estive no doutorado. Não somente àqueles que participaram do dia-a-dia da execução do trabalho, mas aos meus amigos Leonardo e Fritz; e à Glaucia, Bárbara e Veronica.

Aos companheiros com os quais pude aprender que com (muito) esforço podemos fazer coisas importantes: Tatiana, James e Zezinho.

Enfim, gostaria de agradecer aos que me ajudaram, por mostrar que combinando esforços chega-se mais longe e àqueles que não o fizeram também, por mostrar que sem persistência não há boa idéia ou intenção, capacidade ou sorte que consiga garantir qualquer coisa que seja.

Índice

Resumo	3
Abstract	4
Capítulo I. Introdução.....	5
1. Um breve histórico das analogias sobre o funcionamento do SNC	6
1.1 A busca da perfeição geométrica.....	7
1.2 O encéfalo, os nervos e a analogia hidráulica	10
1.3 Da desespiritualização do problema à materialização da solução: a máquina elétrica	16
1.4 A máquina elétrica autônoma	17
1.5 A máquina elétrica computacional e a materialização da solução	25
2. Concepções contemporâneas sobre memória	29
2.1 Casos neurológicos	31
2.2 O desenvolvimento dos modelos atuais de funcionamento do SNC	34
2.3 Modelos computacionais e memória em sistemas biológicos	40
3. Afinal: o que esperamos encontrar em nossas cabeças?.....	42
3.1 Sobre o conceito de sistemas de memória de longa duração.....	42
3.2 Aquisição, organização e uso de conhecimento implícito.....	44
3.3 Transferência de conhecimento entre os sistemas de memória.....	48
Bibliografia.....	55
Capítulo II. Objetivos	58
Capítulo III. Experimento 1 – Aquisição de habilidades motora por treino imagético, sem o desempenho real da tarefa motora.....	59
1. Introdução	59
1.1 Memória Operacional	61
1.2 Imagética e aquisição implícita	63
2. Material e métodos	69
2.1 Voluntários	69
2.2 Pré-exposição à aparelhagem	69
2.3 Pré-treino (PT).....	70
2.4 Treino	71
2.5 Teste	73
2.6 Teste de recordação da sequência.....	73
2.7 Análise estatística e apresentação dos dados	73
3. Resultados.....	74
3.1 Pré-treino e treino	74
3.2 Teste	77
3.3 Teste de recordação da sequência.....	79
3.4 Tempo de transição entre pares específicos de oposições	79
4. Discussão	82
Bibliografia.....	91
Capítulo IV. Experimento 2 - Transferência de conhecimento implícito como modelo para investigar especificidade e generalização da informação arquivada na memória humana	96
1. Introdução	96
1.1 Dissociação de propriedades dos sistemas de memória implícita e explícita... ..	98
2. Material e Métodos	103
2.1 Voluntários	103
2.2 Coleta de dados.....	103

2.3 Arranjo experimental	104
2.4 Estímulos utilizados durante as fases de treino e teste	105
2.5 Constituição dos grupos	108
2.6 Análise dos dados	111
3. Resultados.....	113
3.1 Treino	113
3.2 Teste	117
3.3 Análise dos tempos de leitura corrigidos do primeiro bloco	120
4. Discussão	122
Bibliografia.....	129
Capítulo V. Discussão Geral	131
Discussão Geral	132
Bibliografia.....	136
ANEXOS	137
ANEXO 1	138
ANEXO 2	140
ANEXO 3	143
ANEXO 4	146
ANEXO 5	149

Resumo

A idéia de que memória possa ser segregada em diferentes sistemas e processos possui uma longa história. O desenvolvimento desta concepção esteve associada a casos clínicos envolvendo pacientes amnésicos, estimulando a noção da existência de funções cognitivas específicas relacionadas ao funcionamento de regiões específicas do sistema nervoso. Considerando o contexto histórico no qual se inserem os modelos de memória de longa duração explícita e implícita, a proposta do presente trabalho foi avaliar (1) a extensão da aquisição de conhecimento implícito percepto-motor por meio da imaginação vista aqui como um mecanismo de manipulação de informações na memória operacional, por controle da atenção, e (2) se conhecimento implícito adquirido num dado contexto de treino pode ser utilizado em novos contextos, contrariando conceitos estabelecidos na área, de que esse tipo de conhecimento está firmemente associado ao contexto em que se deu a aquisição. O Experimento 1 mostrou inequivocamente que há aquisição de habilidades motoras por meio de treino imaginativo e, adicionalmente, que essa aquisição segue um curso temporal idêntico àquele observado na aquisição por treino real, sugerindo que ambos os tipos de aquisição exibem propriedades similares, podendo ser equivalentes. O Experimento 2 mostrou que a aquisição de conhecimento implícito envolvendo leitura de texto cujos caracteres foram submetidos a variados tipos de rotação favorece o desempenho na leitura de texto com rotação completamente nova, indicando que o conhecimento implícito adquirido previamente foi flexivelmente empregado no desempenho da nova tarefa. No conjunto, esses resultados mostram que a manipulação de conteúdos na memória operacional permite adquirir conhecimento implícito “de-cima-para-baixo” e que a utilização desse tipo de conhecimento não está restrita ao contexto de sua aquisição, podendo ser empregado flexivelmente em novas situações. Esses resultados indicam para a necessidade de revisão dos conceitos vigentes sobre a interação entre sistemas de memória e sobre as propriedades do sistema de memória implícita.

Abstract

The notion that memory may be dissociated in distinct systems is antique. The development of this assumption seems to be associated with studies involving amnesic patients, which contributed for the notion that specific cognitive functions are underlied for specific brain regions. Taking into account the historic context in which the models for explicit and implicit long-term memory developed, the aims of this study was to evaluate (1) to which extent there is acquisition of perceptual-motor implicit knowledge by way of imagery - seen here as a manner of handling information in working memory by control of attention, and (2) to which extent implicit knowledge acquired in a specific context may be used to solve problems in novel contexts, confronting established assumptions that this type of knowledge is strongly associated to the context of its acquisition. The Experiment 1 showed that there is acquisition of perceptual-motor implicit knowledge by way of imagination; the time-course for this acquisition is similar to that seen when acquisition occurs by actual task performance, suggesting that similar properties underlie both types of acquisition. The Experiment 2 showed that prior implicit knowledge acquisition related to reading rotated texts favors performance for reading texts with completely novel types of rotations, indicating the occurrence of transfer of training and, more importantly, that implicit knowledge was flexibly used for performance of a novel task. Taken together, these results show that handling information in working memory promotes “top-down” acquisition of perceptual-motor implicit knowledge and that this type of knowledge is not strictly associated to the specific context of its acquisition, being used for novel tasks. These results indicate the need for a review of the current assumptions about the interaction of memory systems and about the admitted properties of the implicit memory system.

Capítulo I. Introdução

“É difícil, é quase impossível falar de fatos mentais, a não ser por meio de analogias tomadas de empréstimo ao universo que nos é mais familiar – o das coisas materiais,”

(Aldous Huxley, “As portas da percepção”, p.56)

Analogias são freqüentemente utilizadas para o raciocínio científico. A busca por compreensão formal de problemas é uma das estratégias humanas para relacionar-se com o ambiente, com seu próprio corpo e, como não poderia deixar de ser, com os fatos mentais.

Mais do que apenas uma forma poética de falar sobre o conhecimento (e especialmente sobre o desconhecido), o uso da metáfora no processo de entendimento permite questionar os limites da nossa própria estratégia de compreensão de problemas novos.

Em uma interessante pesquisa sobre a forma como o uso de metáforas pode auxiliar na compreensão de um problema Reynolds e Schwartz (1983 apud Draaisma, 2005) ressaltam-se as vantagens dessa estratégia. Os autores apresentaram aos participantes de seu experimento oito textos curtos a serem estudados. Cada texto terminava com uma conclusão. Em uma das situações a conclusão era um enunciado literal; em outra situação era uma metáfora. A reprodução do que fora lido mostrou que as conclusões metaforicamente formuladas foram retidas mais eficientemente do que as conclusões literais. Ademais, no caso da situação metafórica, os voluntários recordaram de mais detalhes do texto apresentado. Os autores concluíram que as metáforas capacitam a pessoa a pôr em ação o processo de reprodução com maior facilidade e a praticá-lo por mais tempo.

A metáfora mais imediata da memória é a escrita ou realizada em desenhos, que auxilia na manutenção do passado para uso futuro. No entanto,

excluindo a “lousa mágica de Freud”, parece que a escrita pouco contribui para a compreensão da memória enquanto fato mental.

Modelos são essencialmente analogias e estas tendem a mudar e se desenvolver de acordo com as mudanças sociais e tecnológicas de cada época. A história dos estudos sobre memória e sobre o sistema nervoso revela de maneira clara como modelos (ou analogias) são influenciados pelas concepções vigentes em cada tempo histórico. Nesse sentido, o entendimento da evolução das principais teorias sobre a memória é facilitado pela compreensão da própria história das metáforas sobre memória e sobre o sistema nervoso.

1. Um breve histórico das analogias sobre o funcionamento do SNC

A construção do arcabouço teórico sobre o qual se criou o entendimento atual sobre o funcionamento do sistema nervoso central (SNC) como aquele responsável pelo arquivamento, pela seleção e pela evocação de informações, é antigo e marcado por fases distintas. Uma das principais características que podemos ressaltar em sua história é o fato de, variadas vezes, propostas inteiras terem caído em desuso completo, o que marca cada uma destas fases. Boa parte disto parece decorrer do uso de modelos parciais; ou seja, que no intento de analisar uma, ou um pequeno grupo de características, adota-se uma analogia fragmentada que pouco a pouco torna o próprio modelo inviável, apesar disto pouco ou nada mudar na validade das observações individuais realizadas e usadas para a geração dos modelos em questão, parecendo mais fruto do uso incorreto destas evidências para geração de cada modelo.

A proposta do texto que se segue é resgatar, mesmo que de maneira sintética, modelos anteriores, contextualizando nossa compreensão atual em uma linha histórica coerente. Isto na tentativa de permitir observar o modelo atual sobre como o sistema nervoso central arquiva informações frente a um conjunto de outros modelos, abrindo espaço para o sempre importante debate crítico ao qual devemos estar sempre dispostos a realizar na construção de assertivas científicas.

1.1 A busca da perfeição geométrica

Apesar de Hipócrates (~460-379 AC) afirmar que “(...) a fonte de nosso prazer, diversão, riso, satisfação, como de nosso desespero, dor, ansiedade e lágrimas, não é outra senão o encéfalo. Ele é especificamente o órgão que nos permite pensar, ver, ouvir, e distinguir o feio do bonito, o mal do bem, o prazer do desprazer”, discordando de muitos de seus contemporâneos [como Aristóteles (384-322 AC), que atribuía ao coração as funções do pensamento], a origem de um modelo de alguma forma fisiológico para a associação entre o funcionamento do SNC e controle do comportamento é atrelada aos trabalhos de Galeno, no século II, mas pode certamente ser remontada para muito antes disso. Famoso por criar o primeiro modelo fisiológico envolvendo o SNC como controlador de funções comportamentais e integrando vários órgãos em sistemas responsáveis pelo controle de diferentes funções, o modelo proposto por Galeno (Figura 1-1) pode ser facilmente visto como o marco de uma visão científica (ou pré-científica) do funcionamento do corpo. Seu modelo de energias em muito carregava consigo a concepção da existência de um plano perfeito, distinto do real em que vivemos, e integrava o funcionamento de diferentes órgãos à capacidade de manipulação destas energias essenciais. Suas concepções metafísicas, derivadas em muito dos modelos de Platão e Aristóteles, também traziam em si a busca do ideal geométrico da perfeição postulado por Pitágoras, que inseriu a necessidade de proposições serem passíveis de teste e análise distanciadas do objeto. Com isto Pitágoras tenta criar um ambiente de imaterialidade aos seus postulados, gerando explicações aparentemente autônomas, replicáveis e independentes do contexto de observação, análogo ao que Galeno preconizava em relação ao SNC.

Figura 1-1. Modelo proposto por Galeno no século II. Esta síntese resgatava propostas anteriores, inseridas dentro das (talvez) primeiras propostas fisiológicas. No modelo a formação do espírito animal ocorreria no cérebro por meio da conjunção dos espíritos natural e vital. Neste processo a pneuma seria especialmente importante na geração do comportamento volitivo (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

Esta análise, muito mais que tentar explorar a obra de Galeno, tem como objetivo evidenciar de que forma muitas vezes não conseguimos chegar ao ideal geométrico e matemático de Pitágoras, sobre a possibilidade de implementar demonstrações distanciadas de maneira imaterial e intelectual (como aquelas vistas nas proposições matemáticas). Nesse contexto, o uso de alguma abordagem não necessariamente “imaterial” é quase sempre um passo essencial para a construção do entendimento ideal secundário, ambicionado pela ciência.

A construção de analogias para o entendimento do problema em questão é prática comum e importante, apesar de poder ser considerada efetivamente como uma etapa pré-científica da abordagem, por sua saturação de elementos externos ao problema. O raciocínio a partir de analogias é muitas vezes usado como sinônimo de abordagem a partir de observação. No entanto, é também usado para caracterizar a utilização de métodos de resolução de problemas com base em casos passados e de um domínio diferente, onde se trata o objeto desconhecido

como se fosse aquele já conhecido, ao menos até se poder determinar as características próprias e exclusivas do objeto.

Neste sentido, a busca de Galeno para encontrar nos órgãos a explicação de uma conceituação baseada nas proposições metafísicas vigentes na época, nada possuía do “raciocínio ideal”, desejado e pregado por Aristóteles. Apesar de ser surpreendente sua capacidade de gerar abstrações acerca do funcionamento dos órgãos, seus conceitos podem ser entendidos como consequência natural do uso de uma estratégia analógica de abordagem do problema através de um modelo incapaz de explicar toda gama de riquezas que caracterizam seu funcionamento efetivo.

A proposta de Leonardo da Vinci (1452-1519), que sintetizou a teoria medieval sobre a localização de funções no SNC, se valeu das idéias clássicas sobre como este se organizaria. Segundo seu modelo o encéfalo seria uma glândula contendo três ventrículos cerebrais. De acordo com seu esquema (Figura 1-2), o 1º ventrículo lidaria com sensações e movimento, o 2º com pensamento e raciocínio, e o 3º seria a sede da memória. Sensações e movimentos seriam possíveis graças ao deslocamento de fluídos nos ventrículos. Da mesma forma que Leonardo da Vinci, hieróglifos egípcios atribuídos a Imhotep, descritos por Edwin Smith, e datados de 1700 anos AC, fazem referência também aos ventrículos, assim como às meninges, às circunvoluções e ao fluido cérebro-espinhal sendo estes, de fato, considerados os primeiros tratados escritos que fazem alguma referência direta ao sistema nervoso e a alterações no comportamento decorrentes de danos na sua estrutura. Da mesma forma já Herófilo de Alexandria (332-280 AC), considerado o pai da anatomia científica, defendia que os ventrículos encefálicos eram a sede da inteligência.

Figure 2.3 An early (ca. 1490) drawing of the eye and cerebral ventricles of the brain that uncritically combines Greek, Arab, and medieval views. W12603r

Figura 1-2. Da Vinci expressou a teoria medieval de localização de funções (segundo a qual o encéfalo seria uma glândula) por meio de um esboço dos três ventrículos. O 1º ventrículo lidaria com sensações e movimento, o 2º com pensamento e raciocínio e o 3º seria a sede da memória. Sensações e movimentos seriam possíveis graças ao deslocamento de fluidos através dos nervos (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

1.2 O encéfalo, os nervos e a analogia hidráulica

No século XV, com o advento de máquinas capazes de executar movimentos a partir de uma fonte de energia própria, então gerada por artefatos hidráulicos, surge uma nova perspectiva de entendimento do funcionamento do corpo, seus órgãos e a forma como estes são controlados. A possibilidade de descrever o corpo humano como uma série de alavancas que se articulam de uma forma complexa para gerar movimentos finos trouxe consigo a possibilidade de entender de que maneira cada uma de suas partes agia para este imenso conjunto de peças formar corpos. Inúmeros são os estudos de anatomia e engenharia acerca de que tipo de “máquinas hidráulicas” que eram os corpos dos seres vivos. Os estudos de anatomia de Andreas Vesalius (1514-1564) e Thomas Willis (1621-1675) são verdadeiras obras de arte da análise da máquina corpo (Figura 1-3). Da mesma forma, os estudos sobre a arquitetura das estruturas musculares e ósseas produzidas por Giovanni Borelli (1608-1679) são a descrição clara da forma como se entendia a estrutura corporal (Figura 1-4). Talvez estes trabalhos devam sua inspiração mais inicial na idéia praticada por Ambroise Paré (1509-1590),

criador de próteses mecânicas e um dos precursores da utilização prática desta abordagem do maquinismo (Figura 1-5).

Figura 1-3. Os trabalhos de anatomia de Vesalius e Willis. Ilustrações dos trabalhos anatômicos. (a) Andreas Vesalius (gravuras 66 e 67 do sétimo livro do *De Humani Corporis Fabrica*). Note que na figura superior as circunvoluções cerebrais são apenas algo semelhantes às reais, já que o autor não se preocupava com a exatidão de suas localizações. (b) Thomas Willis, do original de *The Anatomy of the Brain*, 1664. Vale ressaltar a preocupação com a exatidão da representação presente no trabalho.

Figura 1-4. Os estudos de Giovanni Borelli. Prancha do original de Giovanni Borelli sobre a arquitetura das estruturas musculares e ósseas - De Motu Animalium, de 1680.

Figura 1-5. Próteses mecânicas que seriam capazes de gerar movimentos idênticos àqueles perdidos por uma amputação, de Ambroise Paré.

Neste contexto, Descartes (1596-1650) faz a descrição mais “profunda” acerca do funcionamento do SNC, do funcionamento do corpo, de seu controle e de que maneira pode-se explicar como surgem as inúmeras possibilidades de variação do comportamento (Figura 1-6).

Figura 1-6. O encéfalo segundo Descartes. Os nervos conduzem os fluídos humorais dos olhos aos ventrículos cerebrais. Assim, glândula pineal (H) trabalha como uma “válvula” para controlar o movimento destes fluídos através dos nervos que ao alcançar os músculos se expandem, inflando e lhes conferindo movimento (Finger, 1994, modificado de Bear e col., 2002).

A quinta parte do texto “O discurso de método”, quando Descartes se debruça sobre a questão da natureza das coisas materiais, traz uma belíssima descrição do funcionamento do corpo humano e de como podemos compreendê-lo. Para Descartes, a existência de um funcionamento maquinal, baseado nas leis da física, era suficiente para explicar qualquer efeito observado em um corpo independente de qual fosse. Uma única exceção se apresentava a esta regra: a capacidade de gerar raciocínio lógico, pensar e falar (entenda-se aqui encadear idéias, não apenas emitir sons) que foram vistos como atributos de uma “alma racional”.

Considerando que somos máquinas, Descartes defende que não é de se estranhar que “esse corpo, uma máquina que, tendo sido feita pelas mãos de Deus, é incomparavelmente mais bem organizada e capaz de movimentos mais admiráveis do que qualquer uma que possa ser criada pelos homens”. Neste

sentido se somos diferentes de todos os outros animais é porque em essência possuímos uma alma racional, fruto de possuímos uma alma “(...) *de natureza inteiramente independente do corpo e, conseqüentemente, que não está de maneira alguma sujeita a morrer com ele...*”.

Nesse contexto do entendimento do funcionamento do corpo, Descartes descreve o SNC como órgão fundamental. Em seu modelo o SNC serviria não só para alocar a alma, mas também para controlar os movimentos, através da coordenação (que em nós humanos seria gerida por esta alma – “encapsulada” na glândula pineal) pelo envio dos “*fluídos humorais*” vindos do coração, através dos nervos, para os músculos. Nestes últimos, os fluídos humorais, por sua característica fluída se expandiriam e mudariam o formato deste músculo, induzindo movimento.

Em sua concepção, Descartes agrega diferentes órgãos, na formação de sistemas que funcionariam de maneira semelhante a máquinas hidráulicas. Assim ele descreve a origem e o percurso traçados pelos “espíritos animais” (que são os fluídos humorais) até gerar o movimento muscular esperado:

“E, por fim, o que existe de mais extraordinário em tudo isso é a geração dos espíritos animais, que são como um vento muito sutil, ou melhor, como uma chama muito pura e muito viva que, subindo ininterruptamente em grande quantidade do coração ao cérebro, dirige-se a partir daí, pelos nervos, para os músculos, e imprime movimento a todos os membros; sem que seja necessário imaginar outra causa que leve os elementos do sangue que, por serem os mais agitados e penetrantes, são os mais adequados para compor tais espíritos, a se dirigirem mais ao cérebro do que a outras partes; mas que as artérias, que os transportam para aí, são aquelas que provêm do coração em linha mais reta de todas, e que, de acordo com as leis da mecânica, que são as mesmas da natureza, quando várias coisas tendem a mover-se em conjunto para um mesmo lado, onde não existe espaço suficiente para todas, tal qual os elementos do sangue que saem da concavidade esquerda do coração tendem para o cérebro,

os mais débeis, os menos agitados devem ser desviados pelos mais fortes, que por esse meio aí chegam sozinhos,”(p.80)

Esta concepção, do corpo-máquina, surge com as primeiras máquinas e tende a reproduzir seu funcionamento, seja em termos de funcionamento mecânico, seja do ponto de vista estrutural de suas partes. Com isto é natural a possibilidade de se construir um corpo, claro que muito menos complexo e interessante que aquele construído por Deus, mas que de alguma forma detivesse a essência de seu original divino. Os autômatos, na concepção de Descartes e outros importantes defensores deste ideal de corpo-máquina (como Thomas Willis), poderiam ser tão perfeitos como réplica a ponto de afirmar que “(...) *se existissem máquinas assim, que fossem providas de órgãos e do aspecto de um macaco, ou de qualquer outro animal irracional, não teríamos meio algum para reconhecer que elas não seriam em tudo da mesma natureza que esses animais (...)*”. Este ideal não deixou de ser seguido pela sociedade e muitas foram as réplicas “perfeitas” construídas por autores como Jacques de Vaucanson no século XVIII (Figura 1-7).

Figura 1-7. De autômatos. Uma das réplicas construídas por autores como Jacques de Vaucanson, no século XVIII.

No entanto, apesar destas concepções descreverem, assim como já fazia aquela defendida por Galeno, aspectos centrais e reais do funcionamento do corpo (seus órgãos e especialmente do SNC), todas têm em comum um forte

caráter analógico, parcialmente correto, mas que não foram suficientes para o passo seguinte: descrever de que maneira agia o SNC.

1.3 Da desespirtualização do problema à materialização da solução: a máquina elétrica

Cabe aqui relatar dois importantes experimentos realizados posteriormente aos estudos de Descartes, Willis e seus contemporâneos. Johann Swammerdam, cientista holandês, se propôs a testar a teoria dos fluídos de Descartes. Em sua preparação, induzia a contração de um músculo dentro de ambiente fechado e repleto de líquido (Figura 1-8). Monitorando o nível do líquido no sistema, Swammerdam observou que a contração do músculo não alterava o volume do sistema como previsto pela teoria da expansão de fluídos de Descartes. Este resultado contrariava o modelo de Descartes e Willis: se havia um fluído que mudaria o volume interno do músculo e produziria sua contração, deveria haver uma mudança no volume da preparação. O segundo experimento, foi proposto por Luigi Galvani e mostrava que a musculatura do sapo se contraía frente a um estímulo elétrico; ou seja, o que se propagava pelos nervos eram impulsos elétricos e não fluídos humorais (Figura 1-9).

Figura 1-8. O experimento de Swammerdan. Swammerdan criou no século XVIII um arranjo experimental para testar a hipótese cartesiana de que a contração muscular se daria pela expansão de fluídos provenientes dos nervos. Em um recipiente de vidro Swammerdan montou um músculo cujo nervo eferente foi colocado em contato com um fio de prata e uma barra de latão que, ao se tocarem, induziam a contração. O tubo, repleto de líquido, trazia uma marca do nível antes da contração que comparada com a marca após a contração provou não haver expansão do volume da montagem (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

Estes dois experimentos reafirmaram a noção de que podíamos ser entendidos como máquinas; porém, revelavam que a proposta cartesiana de que éramos máquinas hidráulicas estava errada. Inicia-se, então, uma nova analogia do entendimento do funcionamento do SNC: a da máquina elétrica.

Figura 1-9. A montagem de Galvani. Arranjo experimental realizado por Galvani, mostrando que a contração era induzida eletricamente.

1.4 A máquina elétrica autônoma

Esta nova perspectiva soma-se a um novo pensamento científico onde havia a possibilidade de descartarmos a alma como controladora das vontades.

Sobre isso, Julien Offray de La Mettrie (Figura 1-10) em seu livro, de 1748, “L’home Machine”, qualifica o uso da alma para entender a razão humana como “uma espiritualização do problema e não uma materialização da solução”. Esta nova perspectiva insere dois grandes problemas ao entendimento do funcionamento do corpo, seus órgãos e, em especial, o SNC. Isto porque, sem a possibilidade do uso de uma alma, dever-se-ia propor uma máquina elétrica e mais importante ainda, autônoma. Certamente a conquista final desta autonomia completa da máquina parece ter advindo somente dos trabalhos realizados por Darwin, em seu livro “A origem das espécies”. No entanto, a perspectiva de que o abandono da alma era necessário fica claro já na obra de La Mettrie.

Figura 1-10. Julien Offray de La Mettrie, autor do livro “L’home Machine” de 1748.

O marco deste ideal foi o surgimento, a partir dos escritos no século 18, de uma proposta frenológica de entendimento do funcionamento do SNC, estimulada por de Franz Joseph Gall. Segundo esta proposta, o SNC estaria dividido em diferentes “órgãos”, que somariam 26 ao todo (Figura 1-11). Estes seriam responsáveis não só pelo controle motor a partir dos nervos, mas também pelo aparecimento de características específicas do comportamento individual. Um dos casos mais importantes nos quais se embasava o ideal frenológico era do paciente Phineas Gage, que, incrivelmente, sobreviveu a um acidente onde teve uma barra perpassada por seu crânio, a qual destruiu as estruturas mais frontais de seu encéfalo e que gerou no paciente um comportamento amoral, sem qualquer outra alteração comportamental evidente. Esta era uma mostra clara da forma como funcionaria o SNC: áreas específicas estariam ligadas a

comportamentos também específicos. A máquina elétrica funcionaria por partes, cada qual destinada a uma pequena função. Advém dessa premissa e do raciocínio de que da mesma forma que os músculos, áreas do córtex mais desenvolvidas seriam hipertrofiadas e induziriam um aumento na superfície craniana. O aspecto mais curioso da frenologia era pretender analisar características da personalidade das pessoas por estratégias de cranioscopia (mensurações realizadas na superfície do crânio).

Figura 1-11. A proposta frenológica. Apesar de Gall jamais ter aceitado a existência de mais de 27 órgãos, como proporia inicialmente, inúmeras foram as tentativas posteriores de estabelecer tal aumento. A figura à esquerda trás um esboço do original de Gall sobre a localização das áreas. O modelo acima é o proposto por H. Lundie em seu livro *The Phrenological Mirror; or, Delineation Book*. Lundie propunha a existência de 39 órgãos. (modificado de *The History of Phrenology on the Web*, <http://pages.britishlibrary.net/phrenology/> em 30 de maio de 2002).

No entanto, este entendimento deixava ao menos uma pergunta sem resposta. De onde viria o comportamento volitivo? Afinal, a proposta sobre a existência de estruturas corticais com funções de controle (muitas de controle moral) criava a necessidade de um homúnculo controlador e, adicionalmente, mas não independente disto, parece estranho que o SNC se estruture de maneira moral. Mais ainda, parece que esta dependência de uma moralidade embutida na base no funcionamento do SNC é, ao mesmo tempo, necessária em um modelo que pretendia resolver a abstenção da alma controladora e ingenuamente

equivocada como forma de explicar um modelo biológico. Talvez exatamente por este fato é tão comum a impressão disseminada de que há algo de circense no modelo frenologista. Poderia-se mesmo especular que haja algo charlatanesco no uso dado ao modelo frenologista (como a análise evolutiva proposta em *New Physiognomy, or Signs of Character*, publicado por S. Wells em 1871 – Figura 1-12), apesar de em sua origem isto não estar presente (como parece ser a idéia original de Gall na carta enviada a Joseph von Retzer em 1798)¹.

Apesar disso, o pensamento frenologista, muito em voga durante o século 19, possui características aceitas e proclamadas até hoje. Primeiramente o fato de ter sido a primeira escola de abordagem do sistema nervoso a indicar a importância de estruturas corticais para a variedade do comportamento humano e, em segundo lugar, a inserir a possibilidade de identificar estruturas isoladas como controladoras de funções individuais.

Fig. 142.—GRADES OF INTELLIGENCE.

Figura 1-12. Evolução e frenologia. Figura retirada do trabalho *New Physiognomy, or Signs of Character*, publicado por S. Wells em 1871. Neste trabalho o autor correlacionava o processo de evolução humana como o aumento de áreas associadas à inteligência e à moral, segundo Gall sítios frontais. Segundo o trabalho, pessoas que possuem uma linha imaginária passando pelo lábio superior e o supercílio com um ângulo mais afastado de uma linha vertical perfeita (com traços negróides), teriam os sítios dedicados à moral e a inteligência menores que pessoas que possuem esta linha imaginária determinando uma linha vertical (de feições caucasianas). A proposta esquematizada na figura indica os vários “graus de inteligência” (modificado de *The History of Phrenology on the Web*, <http://pages.britishlibrary.net/phrenology/> em 30 de maio de 2002).

¹ Carta enviada pelo Dr. F. J. Gall para Joseph Fr[ei]herr von Retzer, sobre As funções do encéfalo, em Homens e Animais, retirado de John van Wyhe, *The History of Phrenology on the Web*, <http://pages.britishlibrary.net/phrenology/>, 30 de maio de 2002.

No entanto, a fragilidade do argumento de que uma estrutura muito utilizada seria hipertrofiada e a aceitação de aspectos tão subjetivos do comportamento como passíveis de localização neural fizeram com que a análise frenologista sobre o funcionamento do SNC fosse, em grande parte, esquecida. Por outro, lado iniciou-se aí uma nova gama de possibilidades de análise do funcionamento do SNC no controle do comportamento humano.

Naquela ocasião, estudos referentes ao processamento de funções neurais vivia uma grande efervescência; era o final do século XIX. Em 1861, Paul Broca publica seu artigo intitulado "Perte de la parole, ramolissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau". Neste artigo Broca descreve que a lesão de uma região específica do lado esquerdo do córtex cerebral estava associada a graves problemas de linguagem, como a incapacidade de falar fluentemente. Parecia surgir assim demonstrações claras de que havia uma ligação direta entre funções comportamentais e áreas específicas do cérebro, ou seja, havia uma correlação funcional direta entre a lesão de uma área e a incapacidade de esboçar o comportamento de se comunicar através de linguagem, uma vez que estas pessoas conseguiam entender mas não falar (Figura 1-13).

Figura 1-13. As áreas de Broca e de Wernicke. Representação esquemática da localização das áreas descritas por Broca e Wernicke, ambas associadas a casos de afasia e hoje conhecidas pelo nome dos dois pesquisadores (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

No entanto, se os dados de Broca nada informaram sobre a possibilidade de que outras áreas do cérebro fossem responsáveis por esta mesma função de linguagem, em 1874, o neurologista alemão Carl Wernicke tornou mais precisa a doutrina da localização das funções, ao demonstrar que as imagens auditivas das palavras pareciam localizar-se num banco de memória distinto do que continha as imagens dos movimentos articulatórios das palavras (Figura 1-13).

Estes dois relatos marcaram profundamente o surgimento de um paradigma localizacionista no estudo das funções cognitivas. Assim, as áreas de Broca e de Wernicke estariam relacionadas a funções de linguagem mas a área de Wernicke estaria relacionada à representação auditiva da fala enquanto a área de Broca estaria relacionada à produção de movimentos da fala, caracterizando uma dupla dissociação (Figura 1-14).

Neste contexto, a possibilidade de estudar o sistema nervoso central como um conjunto de funções comportamentais anatomicamente segregadas, mas relacionadas, surge como o paradigma central da neurociência. Apesar disso o estudo das funções de memória, especificamente, era ainda muito incipiente para que pudesse ser influenciado diretamente por este caráter localizacionista do entendimento das funções neurais, apesar desta perspectiva localizacionista da memória já estar presente, mesmo que em outro contexto histórico, no modelo de Leonardo da Vinci (no terceiro ventrículo).

	Paciente descrito por Broca	Paciente descrito por Wernicke
Produção de linguagem	Prejuízo	Manutenção
Compreensão de linguagem	Manutenção	Prejuízo

Figura 1-14. Na figura está representada a dupla dissociação entre as áreas e funções descritas por Broca e Wernicke. Estas descrições permitiram concluir que as duas funções associadas às duas áreas lesadas mantinham independência funcional entre si, indicando a modularidade anatômica das funções (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

A concepção de que o SNC é responsável pela riqueza do repertório comportamental dos animais, incluindo o homem, em decorrência do funcionamento integrado de seus componentes celulares capazes de se comunicar elétrico-quimicamente, por meio de conexões sinápticas, trouxe uma nova perspectiva à discussão: qual seria a natureza da organização estrutural que permite esta riqueza? As descrições de Broca e Wernicke pareciam indicar que o sistema se organiza de forma modular, em núcleos funcionalmente independentes, porém cooperativos. No entanto, esta visão não era consensual. Flourens, renomado fisiólogo Francês da época, trabalhou nos anos de 1840 com o comportamento de marcha em aves, buscando avaliar a contribuição de áreas específicas (que ele concluiu não existirem) e do cérebro como um todo (o que lhe pareceu correto) para desempenho da marcha em pombos. Esta discussão era em grande parte fruto de um confronto já existente com a escola frenologista, muito em voga nas primeiras décadas do século XVIII, que identificava padrões comportamentais subjetivos associados a diferentes padrões externos da caixa craniana.

Ainda no fim do século 19, Santiago Ramón y Cajal, com suas preparações histológicas (com a utilização do método de coloração de Golgi), deu um novo passo no sentido do entendimento do funcionamento do SNC nesta direção. As preparações de Cajal permitiam a visualização precisa das células neuronais (Figura 1-15) introduzidas por Heinrich Wilhelm Gottfried Waldeyer (1826-1921) e as junções caracterizadas como sinapses por Charles Sherrington (1857-1952). Assim, uma imagem estrutural do SNC estava sendo construída: este era formado de elementos individuais (os neurônios), que se relacionavam pela proximidade física (sinapses) e tinham a capacidade de gerar eletricidade. Da mesma forma que os autômatos derivados das idéias e concepções decorrentes das analogias utilizadas por Descartes, estes poderiam descrever a essência da riqueza da vida “mental”; agora se poderia citar Frankenstein, a criatura feita de carne e animada por eletricidade (analogia da vida).

Figura 1-15. Desenho de Cajal sobre a circuitaria neural. As letras indicam diferentes componentes presentes nesta representação de células neuronais corticais (DeFelipe e Jones, 1988, Figura 90, modificado de Bear e col., 2002).

No entanto, após as observações de Broca/Wernicke, e outros parecia difícil não aceitar a noção localizacionista das funções ao menos até Karl Lashley tentar sistematicamente localizar a memória no sistema nervoso de ratos. Em 1950, Karl Lashley, depois de realizar diversos experimentos envolvendo lesões em ratos, defendeu que seria fútil tentar localizar espacialmente sítios corticais relacionados à memória. Lashley tentou localizar o sítio responsável por discriminações aprendidas em um labirinto, por meio de ablações do córtex (Figura 1-16), concluindo pela impossibilidade de se caracterizar endereços específicos para a memória e concluindo que esta estava distribuída por todo o córtex. Lashley afirmou:

“A capacidade de aprender o labirinto depende da quantidade de tecido cortical funcional e não de sua especialização anatômica.... Os resultados são incompatíveis com teorias de aprendizagem por mudança de estrutura sináptica, ou com quaisquer teorias que assumam que integrações neurais particulares dependem de caminhos anatômicos definidos especializados para elas.... Os mecanismos de integração devem ser buscados nas relações dinâmicas entre as

partes do sistema nervoso e não nos detalhes da diferenciação estrutural”
(citado de Gardner, 1985, p.276).

Figura 1-16.

Representação esquemática das lesões utilizadas por Lashley em seu estudo. As marcas escuras mostram algumas das diferentes lesões que foram realizadas (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

No entanto, é importante ressaltar que Lashley não considerou a possibilidade de que a aprendizagem e memória de labirintos envolvem estímulos de diferentes modalidades sensoriais e que mesmo tendo perdido parte dessas informações, pela lesão, as porções restantes persistiam, facilitando o desempenho. Isto é, danos em uma parte específica do córtex levariam a um prejuízo também específico, referente à modalidade sensorial atingida, mas não prejudicariam as demais modalidades sensoriais preservadas, daí seu “efeito de massa”. Tarefas especificamente desenhadas para avaliar essa interpretação teriam permitido identificar que ela é procedente.

Começa-se a compreender a estrutura do SNC, mas e não propriamente seu funcionamento, o qual provavelmente estaria representado pela forma estrutural como este sistema estava organizado funcionalmente.

1.5 A máquina elétrica computacional e a materialização da solução

A concepção de que o SNC estaria organizado funcionalmente de maneira modular, ou seja, em regiões relativamente independentes, caminhou para o objetivo de analisar sua natureza funcional. Desta forma, o entendimento do funcionamento do SNC deveria ser buscado na medida em que se conseguisse isolar seus módulos funcionais, descrevendo suas bases neurofisiológicas.

As concepções sobre como o sistema nervoso seleciona, adquire, armazena e evoca informações comumente chamadas de memória, valem-se do conhecimento de processos bioquímicos específicos, da neurofisiologia e de como regiões também específicas têm suas atividades associadas ao desempenho de tarefas particulares. Esta abordagem contribuiu para o entendimento de como estes processos se dão (para revisão ver Helene e Xavier, 2003).

Em 1953, Scoville submete um paciente epilético, que ficou conhecido como H.M., a uma cirurgia desenvolvida para o controle de epilepsia, intratável com os meios de então. A cirurgia consistiu na ablação de parte considerável de seu lobo temporal medial e trouxe diversas conseqüências associadas ao fim das crises epiléticas. Entre elas, como descrito por Scoville e Milner (1957), a perda de sua capacidade de memória recente, sem prejuízo de sua memória antiga, num típico padrão dissociativo. Isto implicava necessariamente na existência de diferentes sistemas envolvidos no armazenamento e utilização de informações, ou seja, que havia diferentes processos de memória anatomicamente segregados. Mais do que isso, o paciente H.M. podia conversar coerentemente com uma pessoa que ele acabara de conhecer, desde que não houvesse interrupção neste diálogo; no entanto, caso houvesse qualquer desvio de atenção durante a conversa, ele não conseguiria manter na memória qualquer informação sobre aquela conversa. Estes dados podem ser interpretados como o primeiro indicativo da existência de um sistema de memória de curta duração, intacto no paciente H.M., e outro de longa duração, perdido no paciente H.M..

Esta noção posteriormente denominada “modelo modal da memória”, consolidou-se alguns anos mais tarde, com base em estudos do efeito de posição na série durante a evocação de uma lista de palavras (Postman e Philips, 1965) (Figura 1-17). Nesta tarefa, apresentava-se uma lista de palavras (seja ela de 10, 20 ou mesmo 30 palavras) para um voluntário instruído a memorizá-las. Se o teste de recordação fosse realizado imediatamente após a apresentação da lista, havia uma maior recordação das palavras apresentadas no início e ao final das listas com menor recordação das palavras apresentadas nas posições

intermediárias da lista. A recordação dos primeiros itens foi denominado “efeito de primazia” e a recordação dos últimos itens da lista foi denominado “efeito de recência”. Porém, se o teste de recordação fosse realizado 20 ou 30 segundos depois da exibição das listas, observa-se a perda do efeito de recência, com manutenção do efeito de primazia. Interpretou-se que isto seria decorrência direta da atuação de dois sistemas de memória. Aparentemente, de forma similar ao que se havia observado no paciente H.M., atuaria aqui um sistema de curta duração, responsável pela recordação das informações apresentadas mais recentemente (efeito de recência) e um sistema de longa duração responsável pela recordação das palavras apresentadas no início da lista (efeito de primazia). A inserção do intervalo de tempo entre o fim da apresentação da lista e antes do início da fase de evocação (intervalos de 15 e 30 segundos, em experimentos independentes) revelou, como vimos, que as palavras apresentadas no início da lista eram recordadas com maior frequência. Isto parecia comprovar a noção de que uma informação deveria ser mantida de curta duração antes de ser transferida para a memória de longa duração, uma das idéias centrais do modelo modal.

Intervalos entre o fim da apresentação e o início da tarefa de recordação

0 segundos

20 segundos

30 segundos

Figura

1-17.

Representação esquemática da capacidade de evocar listas de palavras apresentadas (listas de 10, 20 ou 30 palavras cada) em função de sua posição na série. Observava-se que no caso da evocação ser realizada imediatamente após a apresentação da lista há uma recordação maior tanto das palavras apresentadas no início quanto fim das listas, em detrimento daquelas apresentadas no meio destas (painel superior). A partir do momento em que são inseridos intervalos de tempo entre a apresentação das listas e a evocação (sejam estes de 20 ou 30 segundos) há maior recordação das primeiras palavras da lista em relação àquelas apresentadas nas demais posições da série (painéis intermediário e inferior). A ordenada está representada como % de recordação em relação ao total de palavras apresentado. (modificado de Helene e Xavier, no prelo).

Apesar da diferença substancial entre as dimensões temporais do que é considerado memória de curta duração no caso do paciente H.M. e memória de curta duração nos resultados com evocação de listas de palavras, concluiu-se pela existência de dois sistemas de memória, um de longa duração e outro de curta duração, que interagiriam sequencialmente, sendo que as informações, após serem registradas, seriam inicialmente armazenadas em um sistema de memória de curta duração e a seguir passariam para um sistema de longa duração. Baseados nessas observações, Atkinson e Shiffrin (1968) propuseram o “modelo

modal” sobre como os sistemas de memória seriam organizados e como se relacionavam, como pode ser visto na Figura 1-18.

O foco central desta análise parece assenter-se na analogia “neurônio – bit”. Segundo esta analogia pode-se descrever o funcionamento de uma célula nervosa como um sistema que possui duas condições: “ligado e desligado”. Esta concepção é reforçada pela concepção de que a informação é transportada e armazenada na estrutura do sistema nervoso na forma de conjuntos (ou vias) de neurônios que se ativam conjuntamente. Desta forma, entende-se que qualquer informação está representada na forma de um conjunto de neurônios ligados entre si por sinapses.

Esquema Modal proposto por Atkinson e Shiffrin

Figura 1-18. Esquema do modelo modal de aquisição de memória desenvolvido por Atkinson e Shiffrin (modificado de Helene e Xavier, no prelo).

2. Concepções contemporâneas sobre memória

Quando os primeiros computadores eletrônicos foram desenvolvidos, logo se tornou aparente que essas máquinas tinham algo em comum com o modo de funcionamento do sistema nervoso. As bases do funcionamento computacional são em muito comparáveis àquelas encontradas nos sistemas neurais biológicos. Primeiramente, todos os sistemas computacionais têm (ou podem ter) circuitos de entrada de informação, comparáveis aos sistemas sensoriais e suas porções neurais centrais, assim como circuitos de saída, comparáveis aos sistemas de

controle pré-motor, motor etc. Entre estes dois circuitos, de entrada e saída, encontram-se sistemas de processamento e manipulação das informações, ou seja, um sistema de tomada de decisões baseado tanto em seu modo de funcionamento estrutural quanto nas informações previamente adquiridas. Mais ainda, decisivamente esta forma de processamento da informação envolve tanto a estrutura dos sistemas quanto as informações previamente arquivadas neste (aqui novamente para sistemas computacionais ou biológicos).

Complementarmente, vemos que nos sistemas mais simples (computacionais ou biológicos) as informações de entrada são muitas vezes suficientes para explicar quase integralmente as saídas observadas. Já em sistemas mais complexos, o processamento encontrado entre estes circuitos de entrada e saída fazem com que a partir de uma entrada diversos passos sejam adicionados para compreender a saída correspondente.

O uso de termos advindos da área computacional em neurociências e a “interconexão” entre sistemas biológicos e artificiais, como se propõe na área de inteligência artificial, expandiu em muito o intercâmbio de linguagem e definições dessas duas áreas. Assim, expressões como “frame”, “schemas” ou “script”, se tornaram correntes na área de neurofisiologia e neuropsicologia, como ressaltam Simon e Kaplan (1993). Da mesma forma, a idéia de que houvesse no sistema nervoso uma arquitetura (i.e., uma estrutura “fixa” que provê o quadro geral sobre o qual ocorrem os processos cognitivos) de alguma forma equivalente àquela presente em sistemas computacionais foi imediatamente incorporada (Newell e col., 1993). Estas análises preconizam que a arquitetura simbólica presente no sistema nervoso possa ser entendida a partir dos princípios utilizados nas ciências computacionais (Figura 1-19).

Figura 1-19. Modelo de processamento em bloco (Card e col. (1983) apud Newell e col., 1993). Neste modelo estão definidos os elementos (composição da unidade de memória, tamanho da memória de curta duração, tempo necessário para cada operação elementar, tempo gasto para cada passo em um problema espacial e tempo necessário para aprender um novo material, assim como seus valores) que comporiam a arquitetura simbólica envolvida na cognição e suas regras e valores de interação (modificado de Newell e col. (1993).

Estas observações são indícios de que por mais criticável que possa ser a comparação entre sistemas biológicos e computacionais esta não é totalmente absurda.

2.1 Casos neurológicos

O histórico das observações de pessoas com patologias neurológicas é tão antigo quanto a própria vontade de entender este que é um dos grandes mistérios sobre o funcionamento do corpo, o Sistema Nervoso Central. Relatos de que injúrias neurais trazem alterações tanto comportamentais quanto fisiológicas podem ser encontradas desde tempos históricos antiguíssimos, como aqueles descritos por Edwin Smith referentes a papiros com mais de três mil e quinhentos anos, atribuídas a Imhotep.

Diferentes casos clínicos envolvendo pacientes que tiveram alguma lesão neurológica sempre foi decisiva para os principais passos no sentido da compreensão do funcionamento do sistema nervoso central. Por exemplo, uma das evidências consideradas como sólidas acerca das interpretações frenologistas propostas por Frans Joseph Gall, no século XIX, foi o caso de Phineas Gage (Figura 1-20) e as alterações morais dramáticas que apresentou após ter sua cabeça transpassada por uma barra de ferro com lesões, entre outras, na região do córtex frontal (Damásio e col.. 1994). Da mesma forma, os estudos de Paul Broca

e Carl Wernicke com paciente afásicos nas últimas décadas do século XIX, foram decisivos para o enviesamento em direção à abordagem de localização de funções em áreas específicas do sistema nervoso relacionadas a comportamentos específicos. Já na segunda metade do século XX, os estudos sobre o paciente H.M., submetido a uma cirurgia bilateral da região temporal medial (incluindo parte do hipocampo), apresentado por Brenda Milner, e operado por William Scoville, também foram críticos para a atual concepção de organização das funções de memória e sua relação com o sistema nervoso.

Figura 1-20. Phineas Gage. Trajeto da

barra de ferro, que após ter sido expelida de um orifício onde jazia pólvora para explodir uma rocha para a construção de uma estrada de ferro, atravessou o crânio de Phineas Gage, um operário responsável pelo preparativo dos orifícios para explosão.

É importante ressaltar que apesar das evidências mencionadas acima sobre como se dá a relação entre as funções de memória e o sistema nervoso, não há de fato um consenso a esse respeito. Um contra-ponto possível a esta abordagem localizacionista deriva de evidências de como apenas o funcionamento sistêmico de uma rede neuronal é capaz de gerar comportamentos interessantes de organização e estruturação de memória. Um exemplo de como isto seria possível foi apresentado no livro de Donald Hebb (1949). O principal postulado neurofisiológico de Hebb defende: *“Quando um axônio da célula A está próximo o suficiente para excitar uma célula B e repetida e persistentemente toma parte em dispará-la, alguns processos de crescimento ou mudanças metabólicas serão realizados em uma ou em ambas as células, tal que a eficiência de A em disparar B será aumentada”* (Hebb 1949, apud Barreto, 1998).

Hebb propôs que haveria apenas três aspectos centrais que determinariam o funcionamento de um sistema neuronal: (1) a conexão entre neurônios é mais eficaz quanto maior for o grau de relação entre as porções pré e pós sináptica, (2) grupos de neurônios que tendem a disparar conjuntamente irão formar agrupamentos celulares cuja atividade se mantém expressa mesmo após o fim do estímulo que gerou a atividade e, (3) cognição deriva da atividade sequencial destes agrupamentos celulares facilitados. Por exemplo: a partir de uma estimulação perceptual específica, o sistema nervoso mobilizaria um grupo de neurônios para representar o evento, por meio de sua atividade e conexões. Assim, depois do desaparecimento do estímulo gerador da atividade, sua representação seria mantida enquanto houvesse reverberação da atividade nervosa correspondente ao estímulo inicial. A formação de uma memória sobre esse evento envolveria o fortalecimento das conexões entre as células dedicadas a essa percepção, resultando num agrupamento celular cujas conexões seriam mais eficientes. Assim, a reverberação na rede de conexões nervosas representaria as informações correspondentes àquela experiência, mantidas na memória (Figura 1-21).

Figura 1-21. Agrupamento de células e esquema de como ocorreria o processo de reforço como proposto por Hebb (modificado de Xavier e Helene, no prelo).

Essa idéia permite gerar algumas previsões sobre o funcionamento da memória. Por exemplo, parece plausível pensar que estimulações parciais correspondentes à experiência original sejam capazes de regenerar a atividade em toda a rede, contribuindo para a lembrança completa da experiência original. Além disso, se dois eventos forem pareados no tempo supõe-se que haja a formação de redes tais que a estimulação da atividade do primeiro evento gera o padrão de atividade eletrofisiológica associada ao segundo evento, levando à sua previsão. Apesar da proposta de redes Hebbianas em nada excluir a possibilidade de que haja correlatos neuroanatômicos para o entendimento da memória, ela consegue explicar como se daria este funcionamento da memória sem fazer uso da idéia de que haja estes correlatos.

2.2 O desenvolvimento dos modelos atuais de funcionamento do SNC

O estudo de correlatos anatomo-funcionais envolvendo processos de memória vem se beneficiando do conceito de modularidade das funções de

memória, isto é, da noção de que memória compreende um conjunto de habilidades mediadas por diferentes módulos do sistema nervoso que funcionam de forma independente, porém cooperativa (para revisão, ver Xavier, 1993; 1996). O processamento de informações nesses módulos dar-se-ia de forma paralela e distribuída, permitindo que um grande número de unidades de processamento influencie outras em qualquer momento no tempo e que uma grande quantidade de informações seja processada concomitantemente.

Embora a proposta de que existem diferentes módulos de memória geralmente seja aceita, há discrepâncias em relação a quantos tipos de memória existiriam e, particularmente, quanto à relação entre eles. Deve-se ter em mente, no entanto, que é possível (talvez provável) que o processamento dessas informações envolva sistemas diferentes nos estágios iniciais e finais do processo de aquisição, ou que a contribuição relativa de cada sistema mude ao longo do processamento e da sua posterior utilização.

Atualmente, o entendimento de que há ao menos dois grandes sistemas de processamento e arquivamento de informações na memória de longa duração parece estar sedimentado. Um lidaria com o arquivamento de informações contextuais e autobiográficas (Memória Declarativa) e outro com informações de natureza procedimental (Memória Implícita) (Figura 1-22). Ao mesmo tempo também é bastante aceito que haveria um terceiro componente de memória que talvez seja mais bem entendido como um “processo de memória”. A este terceiro componente da memória poder-se-ia definir uma característica diferente dos anteriores, pois, aparentemente, não está ligado necessariamente a uma área ou conjunto de áreas nervosas para retenção de informações, sendo mais um sistema de gerenciamento de atividade oriunda de informações perceptuais concomitantemente a um coordenador de atividade de áreas ligadas à retenção de informações de natureza perene.

Figura 1-22. Taxonomia dos sistemas de memória de longa duração (adaptado de Squire e Knowton, 1995).

2.2.1) Memória operacional

Embora memória operacional seja muitas vezes identificada com (e mesmo tratada como sinônimo de) memória de curta duração, como proposto por Atkinson e Shiffrin (1968), esta última mostrou-se por demais simples para lidar com os tipos de retenção de informação por curtos períodos de tempo, evidenciados experimentalmente. Assim, desenvolveu-se o conceito de memória operacional como um sistema de capacidade limitada e com múltiplos componentes (ver Baddeley e Hitch, 1974).

De acordo com Baddeley (1992), memória operacional compreende um sistema de controle de atenção, a central executiva, auxiliado por dois sistemas de suporte responsáveis pelo arquivamento temporário e manipulação de informações, um de natureza vísuo-espacial e outro de natureza fonológica. A central executiva, com capacidade limitada, proporcionaria a conexão entre os sistemas de suporte e a memória de longa duração e seria o responsável pela seleção de estratégias e planos (Baddeley, 1992); sua atividade estaria

relacionada ao funcionamento do lobo frontal que teria a função de supervisionar informações a serem codificadas, armazenadas e evocadas, concomitantemente ao seu ingresso no sistema (Figura 1-23).

Figura 1-23. Memória operacional. (A) Modelo de três componentes proposto inicialmente por Baddeley e Hitch (1974), a área central se refere ao componente de gerenciamento atencional (a central executiva), enquanto as áreas laterais da figura representam as alças de manutenção de informações por curto período de tempo (adaptado de Baddeley, 1982), (B) Em 2000, Baddeley inseriu um quarto componente, o retentor episódico, em seu modelo original. As áreas em branco representam os componentes atencionais e de retenção temporária de informações e as áreas em cinza os sistemas de retenção de longa duração (adaptado de Baddeley, 2000).

2.2.2) Sistemas de memória de longa duração

i) Memória declarativa (ou explícita)

Memória declarativa é muitas vezes referida como “saber que”, e como o próprio nome sugere, refere-se a tudo aquilo que podemos relatar verbalmente, sobre nossas lembranças.

De acordo com Cohen (1984) e Squire e Knowlton (1995), a memória declarativa depende de estruturas localizadas no lobo temporal medial e diencéfalo. Estudos envolvendo pacientes amnésicos (e.g., Scoville e Milner, 1957) e primatas não-humanos (e.g., Squire e Zola-Morgan, 1991) apóiam este ponto de vista. Por exemplo, em estudos envolvendo primatas não-humanos observou-se deficiências progressivamente maiores em decorrência de lesões progressivamente mais extensas, envolvendo maior quantidade destas estruturas (Squire e Zola-Morgan, 1991). Esses resultados são consistentes com os observados em seres humanos; o paciente R.B., com lesões restritas ao campo

CA1 do hipocampo exibia uma amnésia menor que a do paciente H.M., que possuía lesões mais extensas da formação hipocampal.

A aquisição de conhecimentos declarativos é tradicionalmente considerada viável após apenas um episódio de aprendizagem. É praticamente inquestionável que esta idéia se aplica com propriedade a informações de caráter episódico, dado que são, por definição, relativas a contextos temporais e espaciais únicos e específicos. Em relação a certos tipos de aquisição semântica, como conhecimentos factuais, o mesmo pode ocorrer. Todavia, nos casos de formação de conceitos, a aquisição semântica implica em múltiplos encontros com vários elementos representativos da categoria em questão, sendo a aprendizagem incremental, voltada aos aspectos invariantes dos estímulos, e não necessariamente dependente da aprendizagem declarativa sobre cada um dos exemplares estudados.

ii) Memória não-declarativa (implícita ou procedimental)

Memória implícita, usualmente referida como “saber como”, de acordo com Schacter (1987), “é revelada quando a experiência prévia facilita o desempenho numa tarefa que não requer a evocação consciente ou intencional daquela experiência” (p. 501). Este sistema estaria ligado ao processamento de informações que independem de um processamento “consciente” e que poderiam ser adquiridas apenas por treino repetitivo da habilidade em questão. Subdivisões da memória implícita vêm sendo propostas e como visto na Figura 1-22 estão associadas a diferentes estruturas nervosas.

A aprendizagem de habilidades motoras parece depender de aferências corticais de áreas sensoriais de associação para o estriado ou gânglios basais (Mishkin e col., 1984). O caudado e putamen recebem grandes projeções corticais e projetam-se para o globo pálido e estruturas do sistema extrapiramidal, podendo se constituir num dos elos na aquisição de memória implícita que envolve conexões entre estímulos e respostas (Tulving, 1994). Grafton e col.

(1995), testando o envolvimento destas áreas na execução de tarefas motoras, observaram em uma tarefa de tempo de reação serial (TRS) que quando não havia a possibilidade de utilização de conhecimento explícito na execução de uma seqüência de movimentos, o aprendizado na tarefa se dava pelo engajamento de áreas efectoras motoras contralaterais à mão envolvida na execução da ação, incluindo áreas do córtex motor, áreas motoras suplementares e putamen. Já quando havia a possibilidade do envolvimento de memória declarativa foi observado, durante o aprendizado, o aumento da ativação da porção dorsolateral do córtex prefrontal, córtex pré-motor direito, porção ventral direita do putamen e ativação bilateral do córtex occipital. As diferenças marcantes entre os padrões observados durante o aprendizado da tarefa na condição com e sem conhecimento da seqüência (portanto, neste último caso, sem envolvimento de memória explícita) parece indicar as diferenças de áreas envolvidas com cada tipo de memória e marcar a presença mencionada anteriormente.

Uma segunda característica tida como exclusiva de memórias implícitas: é a especificidade. Diferentes autores têm argumentado que memórias implícitas são específicas, isto é, são sensíveis a mudanças das condições de aquisição em relação às de desempenho. Desta noção decorre, também, a concepção de que memórias explícitas seriam mais flexíveis, ou seja, memórias explícitas podem ser acessadas e usadas em contextos bastante diferentes daqueles em que foram adquiridas (Cohen e col., 1992; Cohen e Eichenbaum, 1993; Squire, 1992). A interpretação deste fato parece variar quanto à extensão esperada desta inflexibilidade em memórias implícitas (Nadel, 1994), apesar de Squire (2004) parecer aceitar este ponto como uma característica que distingue estes tipos de memórias.

A literatura oferece evidências derivadas de experimentação animal no sentido de corroborar esta posição. Saunders e Weiskrantz (1989) realizaram um experimento onde macacos com lesão no córtex temporal medial foram submetidos a uma tarefa complexa de reconhecimento objeto-objeto. Quatro objetos diferentes (A, B, C e D) foram apresentados aos animais aos pares,

podendo ou não ser seguidos de um reforço. Na montagem experimental, o objeto A era reforçado na presença de B, mas não de C. Já o objeto D era reforçado na presença do objeto C, mas não na presença de B. Animais lesados e seus respectivos controle operados aprenderam esta tarefa igualmente bem. No entanto, os animais submetidos à lesão mostraram dificuldades em expressar esta habilidade em uma nova condição de teste. Nesta nova condição um objeto era colocado na frente do animal (por exemplo, o objeto A) e dois outros objetos colocados lateralmente a este, sendo que um destes objetos estaria ligado ao reforço na presença de A (objeto B) e o outro não (objeto C). O animal deveria escolher um dos objetos (B ou C), sendo recompensado se escolhesse o objeto que, combinado com o objeto central (objeto A), seria recompensado na condição simples de treino (no caso o objeto B). Apenas os animais controle conseguiram executar apropriadamente a tarefa.

Este resultado foi semelhante ao encontrado em ratos com lesão temporal medial (Eichenbaum e col., 1989) e parece estar de acordo com que seria esperado para humanos amnésicos (Glisky e Schacter, 1987), corroborando, conforme interpretação de Reber e col. (1996) a idéia da inflexibilidade no uso de memórias implícitas.

2.3 Modelos computacionais e memória em sistemas biológicos

De acordo com Baddeley (1998), as contribuições da década de 80, época de uma grande explosão na quantidade de pesquisadores trabalhando assim como de grandes avanços na conceituação de memória, *“foram totalmente baseadas, ou influenciadas, pelo desenvolvimento e uso da computação eletrônica que influenciou a teoria psicológica oferecendo novos conceitos e uma nova linguagem para o entendimento do processamento da informação. Termos emprestados da computação tais como “buffer store”, “feedback”, “encoding” e “retrieval” rapidamente foram absorvidos no campo da pesquisa de memória,(p.2)”*. Frente a isto o autor defende que *“não há dúvidas de que este influxo de novas idéias enriqueceu substancialmente o estudo de memória e que*

em um período de tempo excepcionalmente curto as antigas técnicas experimentais e conceitos começaram a desaparecer das publicações.(p.2)” (Baddeley, 1998).

O uso de analogias para a geração de modelos traz a vantagem de poder oferecer alternativas para um entendimento inicial sobre o problema; porém, ela traz consigo também a desvantagem da dependência de aspectos exclusivos do objeto que está sendo usado como analogia para aquele que se pretende abordar por meio de analogia. Exatamente por isso é que qualquer uso de analogias deve ser seguido por uma avaliação das características exclusivas do objeto em questão, descartando-se o modelo inicial. Segundo a definição de Aristóteles a metáfora (ou o uso de analogias) se dá quando há *“o uso de um nome estranho por meio da transferência de gênero para espécie, ou de espécie para gênero, ou de espécie para espécie, ou por comparação, isto é, paralelo”* (Poética, 57b6; apud Draaisma, 2005). Deve-se ressaltar aqui um aspecto importante na definição de Aristóteles: o uso de relações entre elementos paralelos, ou seja, a transferência de significado imposto pelo *“uso de um nome estranho”*, como ressalta Draaisma (2005), para a definição de um objeto. A essência do uso de analogias reside na possibilidade de transferência de significados. Assim, *“um é o termo-tópico, o termo sobre o qual a metáfora afirma algo; o outro é o “termo-veículo”, o termo que transfere tal significado de outro contexto(p.32)”* (Draaisma, 2005), o “nome estranho” de Aristóteles.

No entanto o uso metafórico de termos deve cumprir um dado objetivo. O uso de metáforas em ciência tem a pretensão de qualificar um objeto que não podemos descrever por si só, o que a torna fundamental.

No que concerne ao atual entendimento do funcionamento do SNC, talvez ainda não tenhamos chegado ao ponto de podermos abandonar nossas metáforas. As concepções atuais sobre memória, por exemplo, podem corresponder a uma descrição tanto de sistemas biológicos, como de sistemas computacionais. A descrição de um sistema de armazenamento e gerenciamento de informações organizado em dois sistemas / processos distintos, um de retenção temporária e

outro de retenção perene, pode tanto ser vista como a explicação do funcionamento de um sistema biológico (com Memória Operacional e de Memória de Longa Duração), quanto computacional (com memória RAM e Hard Disk). Mais importante, para a discussão que se segue, é a distinção entre um sistema de memória declarativa e outro de memória implícita; mesmo que não mantenham uma relação imediata com a estrutura de um computador, dependem da expectativa de que haja estruturas com arquiteturas (computacionais) distintas.

Apesar de não haver qualquer fragilidade intrínseca dada pelo uso destas metáforas computacionais para o entendimento da memória como evento biológico, esta característica ressalta a dependência que ainda temos do uso da abordagem metafórica. Dada a enorme distinção na forma como computadores e sistemas biológicos arquivam e processam informações, parece pouco plausível crer que os mecanismos de organização funcional da memória nesses dois tipos de sistemas sigam as mesmas regras.

3. Afinal: o que esperamos encontrar em nossas cabeças?

Ressaltar as diferentes metáforas utilizadas para o entendimento do funcionamento do SNC e um de seus principais fenômenos, a memória, traz inevitavelmente a questão: podemos resolver integralmente a questão do funcionamento deste sistema através da metáfora computacional? Talvez não consigamos responder esta questão hoje, mas sem dúvida alguma a utilização da metáfora traz muito mais do que simplesmente especulações e modelos computacionais. A crença atual que temos na assertiva de que a melhor metáfora a ser usada é a computacional parece ter uma abrangência maior.

3.1 Sobre o conceito de sistemas de memória de longa duração

O benefício advindo do uso de metáforas deve ser restrito pela limitação imposta pela própria metáfora, ou seja, o impedimento de abordar características do problema a ser entendido, prevalecendo sobre eles as características referentes apenas ao objeto utilizado metaforicamente.

Conceber a existência de dois sistemas demanda mais que apenas a identificação de funções, depende da descrição de tipos, como descreve Tulving (1994), “paralelos e independentes” de memória e da identificação de áreas a eles relacionados; é preciso refletir sobre as razões que levaram à seleção dessa arquitetura ao longo do processo evolutivo. Nadel (1994) ressaltava esta questão ao indagar “*O que há sobre estes dois tipos de arquivamento (declarativo e implícito) que faz com que esta separação seja necessária, ou benéfica?* (p.56)”. Como o próprio autor defende, esta necessidade ou benefício parece advir das propriedades de cada tipo de memória: enquanto uma seria uma memória que “*observa diferenças entre as entradas, a outra requer um sistema que faz exatamente o oposto* (p.57)”. Assim, há a possibilidade de que um sistema dependente do hipocampo (de memória declarativa) seja “*perfeitamente arranjado para acentuar mesmo pequenas diferenças entre as entradas, contribuindo para o objetivo de arquivar memórias únicas* (p.57)”. E o outro sistema (de memória implícita) se encarregue de agregar conteúdos de difícil acesso presente nestes episódios, de maneira lenta, gradual e cumulativa.

O próprio Nadel (1994) sintetizou essa discussão como se segue. “O que é excitante sobre esta proposta é que ela prove razões computacionais para o arranjo particular observado na memória de longa duração, oferecendo uma explicação para o porque podem ser separados sistemas e provendo uma base para o entendimento que quais tipos de informação estes sistemas separados estão ligados. Assim um sistema de aprendizado rápido, dependente de um único episódio, tem que ser um sistema de memória espacial de certa forma (...) (p.58)”.

Apesar de todas as assertivas serem direcionadas para a existência de um sistema de memória explícita, as justificativas de que haja de fato um sistema explícito não determina a existência de um sistema implícito. Mais ainda, o conjunto de observações apresentadas por Nadel (1994) não parece ter sua única explicação na existência de sistemas de memória. Em verdade, quando avaliamos

a extensão do uso de metáforas computacionais para compreensão da memória, o conceito de que haja vários sistemas parece poder ser colocado em xeque.

A proposta no presente trabalho é avaliar de que maneira podemos entender o conceito de memórias e sistemas de memórias com ênfase nas regras de funcionamento do sistema de memória implícita, seus processos de aquisição e estrutura funcional de organização. Isto parece importante, uma vez que mais do que admitir a existência de um sistema hipocampo-dependente de memória declarativa, a proposta atual pretende que haja ao menos dois sistemas de memória de longa duração, com substratos neurais diferentes, regras diferentes e que cumprem funções também diferentes.

3.2 Aquisição, organização e uso de conhecimento implícito

Xavier (1993) propôs que a aprendizagem de natureza implícita (tratada pelo autor como não-declarativa) fosse possível apenas sob modulação do sistema de memória declarativo e/ou da memória operacional. Esta dependência seria fruto da necessidade de monitoramento *“intencional, com certo grau de monitoramento consciente (p.80)”*. Esta dependência seria paulatinamente abandonada, uma vez que *“à medida que essa habilidade torna-se, através da prática, automatizada, sua dependência em relação ao comando explícito diminui (p.81)”*. No entanto, a dependência do envolvimento atencional para a aquisição de memória implícita, originalmente defendida pelo autor como decorrente da ação do sistema de memória explícita, sinônimo do monitoramento de memória operacional (consciente), foi relativizada pelo próprio autor posteriormente (Xavier, 1996). Assim, o autor (Xavier, 1996) se define pelo envolvimento dos processos atencionais decorrentes das funções de memória operacional, fundamentais para a aquisição de memória implícita, principalmente durante os estágios iniciais de aquisição. Testando proposta equivalente, Cohen e colaboradores (1991) concluíram que a necessidade de monitoramento parece depender da estruturação da tarefa.

Helene e Xavier (2006), descreveram que há aquisição de conhecimento implícito apenas por controle atencional, isto é, de “cima-para-baixo”, sem o contato direto com a tarefa de memória implícita (cuja aquisição usualmente envolve processos “baixo-para-cima”, como ocorre durante a aquisição de habilidades); mais curioso, o desempenho concomitante em uma tarefa concorrente não interferiu nessa aquisição (ver detalhes adiante).

No mesmo trabalho Helene e Xavier, (2006) avaliaram o curso temporal dessa aquisição de “cima-para-baixo” em relação à aquisição de “baixo-para-cima”, tendo constatado que ambas carecem de treino repetitivo, e que sua aquisição é gradual e com cursos temporais similares. Portanto, mesmo em situações de aquisição de “cima-para-baixo”, como as demonstradas nesses estudos, esta característica básica associada à aquisição do conhecimento implícito é mantida.

Não obstante o processo de aquisição de conhecimento implícito seja gradual e ocorra através da repetição da ação (e da imaginação, como no estudo de Helene e Xavier, 2006), não parece que a especificidade e a inflexibilidade (discutidas anteriormente) desses conteúdos seja uma decorrência lógica. Finalmente, a noção de que haveria conteúdos exclusivos para cada habilidade em sua forma final de execução traz implicações que não parecem aplicar-se ao funcionamento do sistema nervoso (ver adiante).

Por exemplo, Choshi (1996, apud Tajima e Choshi, 2000) propôs que a aquisição de habilidades motoras segue uma organização hierárquica. Haveria uma fase inicial de estabilização, envolvendo processos de busca de uma consistência de execução da ação através de padronizações espaciais e temporais estáveis da execução. Em um segundo nível estariam processos de adaptação desta habilidade de execução já estabilizada e, em um terceiro nível estaria a fase de auto organização. No entanto, mesmo este modelo não descarta que a aquisição de habilidades motoras possa envolver um programa único, ou seja, não envolvendo múltiplas tarefas em conjunto, mas sim possivelmente distinguível em três. Haveria uma fase inicial de estabilização, envolvendo

processos de busca de uma consistência de execução da ação através de padronizações espaciais e temporais estáveis da execução. Em um segundo nível estariam processos de adaptação desta habilidade de execução já estabilizada e, em um terceiro nível estaria a fase de auto organização. No entanto, mesmo este modelo não descarta que a aquisição de habilidades motoras seja um programa único, ou seja, não envolvendo múltiplas tarefas em conjunto.

Eichenbaum e col. (1992) defendem que “*não há a possibilidade de uma flexibilidade representacional*” (p.5) em relação ao conhecimento implícito, em contraste com o que é observado em relação ao conhecimento explícito. Em outras palavras, segundo estes autores, não haveria no sistema implícito “*flexibilidade representacional, uma vez que memória implícita é representada em sistemas exclusivos*” (p. 4), o que enfatiza o caráter especializado e específico desse tipo de conhecimento. Porém, esta visão não é amplamente aceita.

Nadel (1994) questiona a noção de inflexibilidade das memórias implícitas; segundo ele “simplesmente não pode ser aceito que qualquer memória implícita é restrita ao estímulo e ao contexto no qual foi adquirido...” (p.53). De fato, é improvável que um organismo se depare, em momentos diferentes, com duas situações idênticas e, portanto, é improvável que um registro fiel da experiência no primeiro contexto seja prontamente aplicável ao segundo contexto. Mais adiante, Nadel (1994) manifesta surpresa face à aceitação por tanto tempo e por tantos autores, dessa noção envolvendo a inflexibilidade das memórias implícitas: “...aceitando-se que este erro é tão trivialmente incorreto, deve-se aceitar que os autores tinham algo mais em mente a este respeito” (p. 53).

É possível que esse “erro tão trivialmente incorreto” seja decorrente de um viés associado ao contexto histórico no qual se desenvolveram as primeiras teorias sobre aprendizagem e memória (ver Xavier, 1982), que ainda se faz presente nos modelos atuais. Em uma linha direta, criada por estes modelos iniciais (propostos pelos fundadores da psicologia experimental), temos hoje, mesmo após inúmeras revisões e reestruturações, marcas profundas herdadas

destes modelos. Em outras palavras, no final do século XIX e início do século XX a introspecção era amplamente utilizada como instrumento de estudos em psicologia. Nessa ocasião, os críticos dessa escola de pensamento argumentavam que para a psicologia ganhar um real “status” de ciência ela deveria (1) abandonar descrições introspectivas de seu objeto de estudo pois as mesmas não seriam objetivas, e (2) adotar uma abordagem experimental passível de descrição detalhada e objetiva. Ainda visando a objetividade, os teóricos dessa influente escola de pensamento incorporaram paulatinamente em seus modelos sobre aprendizagem um forte viés em direção à especificidade da associação entre os elementos envolvidos; e também viram-se obrigados a abandonar os conceitos de memória, antecipação, atenção e intencionalidade, pelo seu caráter supostamente subjetivo (ver Xavier, 1982).

Os modelos desenvolvidos nessa ocasião pareciam mais passíveis de abordagem experimental; e de fato houve um grande desenvolvimento de testes comportamentais para avaliar aprendizagem em animais de laboratório e no homem. A tentativa de utilizar esses testes comportamentais para investigar o funcionamento do sistema nervoso trouxe consigo essa forte restrição ao uso daqueles conceitos (memória, antecipação, atenção ou intencionalidade) e também o viés em favor da especificidade das associações. Em decorrência disso, a investigação sobre as relações entre memória, antecipação, atenção e intencionalidade, que parecem se constituir na essência do funcionamento do sistema nervoso, foi limitada por essas concepções. No entanto, esse quadro vem se modificando mais recentemente.

Especificamente, quanto ao conhecimento implícito, adotado no presente trabalho como modelo para investigar algumas dessas relações, concebemos que sua interação se dá, em linhas gerais, como descrito resumidamente a seguir.

O treino repetitivo oferece múltiplas oportunidades para desempenhar ações e analisar suas conseqüências, levando à transformação gradual do sistema. Com base nesse banco de dados criado através do treino, é possível antecipar probabilisticamente (com base nessa “memória implícita” sobre regularidades

passadas) quais ações são mais freqüentemente necessárias para atingir determinado fim a partir daquelas que foram também mais freqüentes em situações prévias (ver Helene e Xavier, 2003). Daí, a ação passa a ser intencional, isto é, com vistas a um objetivo, não importando se esse objetivo específico foi ou não previamente treinado. Quanto maior o treino prévio do sistema numa diversidade de tarefas, maior a precisão da previsão probabilística gerada e, portanto, do desempenho da nova ação mesmo que nunca praticada antes.

Essa concepção possibilita gerar previsões claras e testáveis sobre os efeitos do treino possibilitando sua própria avaliação experimental. Por exemplo, quanto maior o treino numa diversidade de tarefas, em contraposição a igual quantidade total de treino em uma única tarefa, melhor o desempenho numa tarefa nova. Além disso, pode-se idealizar situações de treino que direcionem a previsão probabilística num certo sentido, de modo que o desempenho dos sujeitos na nova tarefa fica enviesado por esse treinamento inicial.

Um dos objetivos do presente estudo é precisamente avaliar essa questão. Isto é, se o treinamento em uma diversidade de tarefas que levam à aquisição de conhecimento implícito resulta em melhora de desempenho em uma situação de teste de uma habilidade também implícita na qual os sujeitos não possuem qualquer experiência prévia. De acordo com a concepção adotada no presente trabalho, deve ocorrer essa transferência de treino, contrariamente ao previsto pela noção de inflexibilidade das memórias implícitas.

3.3 Transferência de conhecimento entre os sistemas de memória

A maioria dos estudos sobre sistemas / processos de memória se volta a propostas taxonômicas. Considerações sobre a interação entre os sistemas de memória são raramente contempladas pelos modelos sobre memória, ficando assim quase que completamente inexplorados os mecanismos de transmissão de informações entre eles. Mesmo no modelo de processamento serial, paralelo e independente de Tulving (1994), o único a mencionar essa questão, discute-se apenas as interações entre os sub-sistemas declarativos; a relação destes com os

não-declarativos (implícito ou de procedimentos) nem chegam a ser aventadas. Depreende-se daí que um dos avanços possíveis e desejáveis na compreensão dos fenômenos mnêmicos humanos é a investigação dos limites e das inter-relações entre seus sistemas, conforme apontado por Xavier (1993; 1996).

Um dos raros estudos direcionados à questão dos limites e interligações entre os sistemas de memória (no caso específico explícito e implícito e, secundariamente, de memória operacional) foi realizado por Nissen e Bullemer (1987). Esses autores avaliaram de que forma a aquisição de conhecimento implícito relaciona-se ao sistema explícito, em um teste de tempo de reação serial. Neste experimento, estímulos foram apresentados no monitor de um computador em 4 diferentes posições possíveis. Para cada uma das posições de apresentação o voluntário deveria pressionar, o mais rapidamente possível, uma tecla correspondente e específica com um dedo pré-estipulado. Duas situações experimentais foram utilizadas, uma envolvendo apresentação aleatória dos estímulos (portanto não passível de previsão) e outra envolvendo uma sequência fixa de posições de apresentação (portanto passível de previsão). Durante a fase de treino observa-se que o tempo de reação dos voluntários treinados com a sequência fixa foi menor em relação aos treinados com a sequência aleatória. Este efeito está associado (1) à aquisição da habilidade motora, presente nos dois grupos e, (2) no grupo treinado com a sequência fixa, com o benefício decorrente do conhecimento da sequência. De fato, a ocorrência do padrão repetitivo é identificada, completa ou parcialmente, de modo explícito pela maioria dos voluntários (Willingham e col., 1989). No entanto, nesta descrição os voluntários o fazem espacialmente, apontando as localizações, e não através de relatos verbais da sequência de números ou dos dedos utilizados e, mais do que isso, na condição de sequência fixa os voluntários apresentam melhora adicional de desempenho em relação aos sujeitos expostos à sequência aleatória antes mesmo de serem capazes de identificá-la explicitamente (Nissen e Bullemer, 1987; Willingham e col., 1989). Este dado é interpretado pelos autores como evidência do caráter automático ou involuntário do processamento de informações espaciais, que seriam, portanto, codificadas e evocadas mais facilmente que

construções verbais que descrevessem os locais de aparecimento dos estímulos. A divisão de atenção, nesta situação experimental, provocou um efeito negativo sobre o desempenho, anulando o benefício que a repetição da sequência fixa traz. Desta forma, concluiu-se que a alocação de recursos atencionais é essencial para a aquisição da memória implícita relativa ao procedimento. É importante notar, porém, que o desvio atencional produziu efeito deletério sobre o componente da tarefa que, na condição sem desvio atencional, torna-se-ia, com treinamento adicional, conhecimento declarativo e que permitiria antecipar o próximo movimento necessário (decorrente da próxima posição de apresentação) da sequência. Porém, não houve prejuízo de desempenho na sequência aleatória, indicando que conhecimento implícito para o movimento não foi alterado pelo desvio atencional.

Kolers (1976a) avaliou a aquisição e a retenção da habilidade de leitura de palavras geometricamente invertidas (rebatidas de “cabeça-para-baixo” e como se refletidas em um espelho). Ao longo do treino observou, como esperado, um efeito de aquisição da habilidade, expressa na melhora de desempenho. Além disso, o autor constatou que há retenção da habilidade de leitura mesmo 13 a 15 meses após o treinamento inicial, com especial efeito de facilitação do desempenho para o material previamente apresentado em relação ao material novo. Em um segundo teste os mesmos sujeitos tinham que indicar qual material havia sido lido durante a aquisição (13 a 15 meses antes) e qual material era novo (Kolers, 1976b). Apesar dos sujeitos lerem mais rapidamente o material previamente apresentado, este efeito mostrou-se totalmente dissociado do efeito de reconhecimento das listas. A partir desses resultados o autor conclui: *“desempenhos de memória, assim como são algumas ações perceptuais, não se apresentam como fenômenos monolíticos mas composições de sub-processos ou sub-rotinas complementares mas não obrigatoriamente semelhantes”*. Os resultados dos estudos de Kolers (1976a,b) enfatizam que a melhora de desempenho (decorrente da aquisição de memória implícita) está dissociada da capacidade de reconhecer o material visto (decorrente da aquisição de natureza explícita). Apesar da facilitação do desempenho devido à experiência prévia com

o material (13 a 15 meses antes), há manutenção da habilidade de leitura revelada pelo desempenho com material novo; mais interessante, esses processos parecem ser independentes do reconhecimento explícito do material utilizado na aquisição inicial.

Cohen (1984), ao avaliar o desempenho de sujeitos amnésicos na leitura de trincas de palavras espelhadas constatou, como Kolers (1976a,b) para sujeitos normais, que há melhora de desempenho para material novo, mas que essa melhora se mostra mais acentuada para material previamente apresentado, o que foi interpretado como um efeito de pré-ativação. Mais impressionante, esses pacientes não exibem qualquer lembrança declarativa para o material previamente experienciado. Estes efeitos demonstram haver, como descrito por Kolers (1976), aquisição de natureza implícita para o material previamente apresentado, o que foi interpretado como evidência de uma aquisição “não monolítica”.

Helene e Xavier (2006) desenvolveram uma estratégia para investigar (1) a transferência de informações entre memória operacional, memória implícita e memória explícita e (2) o impacto do desvio atencional sobre essa transferência, e (3) a possibilidade de aquisição de habilidades implícitas (ou perceptuais) apenas por controle de atenção (numa condição que certamente requer o envolvimento da memória operacional), sem o desempenho da ação propriamente dita. Grupos independentes de voluntários normais foram submetidos a treino nas seguintes condições: (1) ler palavras exibidas corretamente no monitor de um computador e “escrevê-las”, como se num quadro negro, com olhos fechados, também corretamente; ou (2) ler palavras normalmente apresentadas na tela de um computador e, com os olhos fechados; escrevê-las como se num quadro negro transparente de modo que o experimentador, sentado a sua frente, pudesse lê-las, implicando que as mesmas deveriam ser escritas de modo invertido sob o ponto de vista do próprio sujeito – portanto, o treinamento com letras invertidas não foi explicitado, estando embebido numa outra tarefa; e, (3) o mesmo que em “2”, mas com o desempenho concomitante de uma tarefa concorrente de informar, a

cada nova letra desenhada, o número de vogais e consoantes já desenhadas daquela palavra. Finalizada essa etapa de prolongado treino, todos os voluntários foram submetidos a um teste de leitura de não-palavras, como se vistas através de um espelho, na tela do computador. Durante esta fase, o desempenho dos sujeitos pré-treinados nas condições “2” e “3” igualou-se já no primeiro conjunto de não-palavras apresentadas e apresentou-se em nível assintótico. Por outro lado, os sujeitos treinados na condição “1” apresentaram tempo de leitura significativamente maior, em particular nas fases iniciais do teste de leitura. Com o prosseguimento do teste de leitura de não-palavras invertidas houve aquisição da habilidade; porém, mesmo após a leitura de 70 não-palavras, este grupo não alcançou o nível de proficiência, expresso no reduzido tempo de leitura, apresentado pelos sujeitos treinados nas condições “2” e “3”.

Ou seja, apenas o direcionamento intencional da atenção no sentido de imaginar as letras invertidas foi capaz de levar à aquisição de conhecimento implícito perceptual (é importante lembrar que os sujeitos desempenhavam esta tarefa com os olhos fechados), conhecimento esse que foi prontamente transferido para uma situação de leitura real. Além disso, o desempenho de uma tarefa concorrente (condição “3”), embora tenha produzido aumento no tempo necessário para desempenhar a tarefa principal durante o treino, não prejudicou a aquisição da habilidade de leitura do texto invertido no momento do teste, sugerindo que a divisão de atenção não prejudica, nas presentes condições experimentais, a aquisição do conhecimento implícito. Mais ainda, parece haver uma melhora adicional na aquisição induzida pelo treino imaginativo, talvez em decorrência de uma interferência contextual.

É importante enfatizar que, frente ao arranjo experimental utilizado, a aquisição do conhecimento implícito na tarefa se deu por controle atencional e que na condição com tarefa concorrente promoveu-se desvio atencional, mas que mesmo assim, não houve prejuízo da aquisição de conhecimento implícito.

No mesmo trabalho, Helene e Xavier (2006) investigaram também a aquisição da habilidade implícita de leitura invertida por controle atencional, ao

longo do próprio processo de aquisição; desvios atencionais de natureza fonológica e de natureza vísuo-espacial, cuja efetividade foi atestada pelo seu esperado efeito deletério sobre o desempenho dos sujeitos num teste de memória declarativa (ver adiante), foram utilizados. Os resultados mostraram que o treino envolvendo apenas imaginação ou controle atencional produziu taxas de melhora de desempenho em testes de leitura invertida equivalentes (ou melhores) em relação àquelas produzidas por treino real, confirmando os resultados do experimento anterior. Os desvios atencionais não levaram a qualquer alteração na taxa de aquisição de conhecimento implícito, quer para os grupos com treino real quer para os grupos com treino por controle atencional. Diferentemente, a quantidade de ítems evocados declarativamente pelos grupos com desvio atencional (tanto fonológico quanto vísuo-espacial) foi menor que a dos grupos sem desvio atencional, deixando claro que esses desvios atencionais levaram a substancial prejuízo no arquivamento de informações de natureza declarativa. Vale ressaltar que o desempenho dos voluntários na tarefa concorrente visual foi prejudicado.

Esses estudos demonstram incontestavelmente que é possível adquirir conhecimento implícito de “cima-para-baixo”, isto é, por controle atencional (ou ainda por engajamento da memória operacional). Isto implica que as estruturas nervosas envolvidas no processo de aquisição de conhecimento implícito foram mobilizadas ao longo do treino atencional repetitivo e que essa mobilização implicou em sua alteração, resultando em um melhor desempenho na condição de teste. Esses resultados mostram ainda que os desvios atencionais fonológicos ou vísuo-espaciais não interferem nessa aquisição, diferentemente do que ocorre em relação ao sistema declarativo, substancialmente afetado pelos desvios atencionais, enfatizando as diferenças nos mecanismos de aquisição nesses dois sistemas. Isto é, que a atenção parece necessária para a aquisição de conhecimento explícito sendo, aparentemente, menos crítica para a aquisição de conhecimento implícito (ver adiante).

A ausência de efeito do desvio atencional sobre a aquisição da tarefa implícita impõe um comentário adicional. Não está claro (1) se os recursos atencionais disponíveis são divididos para a execução paralela, mas concomitante, da tarefa de treino para aquisição da habilidade implícita (ler ou imaginar palavras invertidas) e da tarefa concorrente (desvio fonológico ou visuo-espacial), ou (2) se há uma dedicação exclusiva dos recursos atencionais para cada tarefa separadamente, associada à sua alternância de uma tarefa para outra, ao longo do tempo; neste último caso a divisão da atenção dar-se-ia no tempo. A maior quantidade de tempo requerida pelos grupos com desvio atencional em cada sessão de treino parece favorecer a segunda hipótese. Neste caso, deve-se argumentar que a transferência alternada de recursos atencionais entre tarefas não afeta a aquisição de conhecimento implícito mas afeta a aquisição de conhecimento explícito. Portanto, este último dependeria do envolvimento continuado da atenção enquanto o primeiro não, talvez em decorrência da natureza repetitiva envolvida na aquisição do conhecimento implícito. Porém, não se pode descartar sumariamente a primeira hipótese já que (pode-se argumentar) a divisão dos recursos atencionais para o desempenho de duas tarefas poderia implicar em queda da eficiência dos processamentos com conseqüente lentidão do processo.

Bibliografia

- HUXLEY, A. As portas da percepção e O céu e o inferno. São Paulo: Círculo do Livro, s.d.
- ATKINSON, R. C.; SHIFFRIN, R. M. Human memory: a proposed system and its control processes. In: The psychology of learning and motivation: advances in research and theory. New-York: Academic Press. 1968. v. 2, p. 89-195.
- BADDELEY, A. D. Working memory. Science. v. 255, p. 556-559. 1992.
- BADDELEY, A. D. Human memory: Theory and practice. Boston, MA: Allyn & Bacon. 1998.
- BADDELEY, A. D.; HITCH, G. Working memory. In: BOWER G. A. (Ed.). The Psychology of Learning and Motivation. New York: Academic Press. v. 8, p.47-89. 1974.
- BADDELEY, A. D. Working memory. Science. v. 255, p. 556-559, 1992.
- BADDELEY, A. D. Human memory: Theory and practice. Boston, MA: Allyn & Bacon. 1998.
- TAJIMA M, CHOSHI K. Effects of learning and movement frequency on polyrhythmic tapping performance. Perceptual Motor Skills. 2000 Abril;90(2):675-90
- GARDNER, H. A nova ciência da mente. Ed. EDUSP, 1985.
- COHEN, N.J. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In SQUIRE, L. R.; BUTTERS, N. (Eds.). The Neuropsychology of Memory. New York: Guilford Press, p. 83-103, 1984.
- COHEN N.J., KOLERS N. e BRADLEY S. Relation of global ratings of functioning with behaviour and development in delayed and disturbed preschoolers. Canadian Journal of Psychiatry. 1990 Agosto;35(6): p.514-8.
- COHEN, N. J.; EICHENBAUM, H. Memory, amnesia, and the hippocampal system. Cambridge, MA: MIT Press, 1993.
- DAMASIO, H., GRABOWSKI, T.; FRANK, R.; GALABURDA, A.M.; DAMASIO, A.R. The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. Science, v. 264, n.5162, p. 1102-1105, maio 1994.
- HEBB, D. O. The Organization of Behavior. New York: John Wiley, 1949.
- DRAAISMA, D. Metáforas da memória: uma história das idéias sobre a mente; tradução Jussara Simões. Bauru, SP: Edusc, 2005. 330p.
- EICHENBAUM, H. B.; WIENER, S. I.; SHAPIRO, M. L.; COHEN, N. J. The organization of spatial coding in the hippocampus: A study of neural ensemble activity. Journal of Neuroscience, v. 9, p. 2764-2775, 1989.
- EICHENBAUM, H.; OTTO, T.; COHEN, N. J. The Hippocampus - What Does It Do? Behavioral and Neural Biology, v. 57, n. 2, p. 1-35, 1992.
- GLISKY, E.L.; SHACTER, D. L. Acquisition of domain-specific knowledge in organic amnesia: Training for computer-related work. Neuropsychologia, v. 25, p. 893-906, 1987.
- GRAFTON, S.T. Doing more with less: the plight of the failing hippocampus. Annual Neurology. 2004 Jul;56(1): ps. 7-9.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. Neuroscience, v. 139, n. 1, p. 401-413, abr. 2006.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Building attention from memory. Revista Brasileira de Psiquiatria, v. 25, p. 12-20, dez. 2003.
- KOLERS, P. A. Pattern-analyzing memory. Science, v. 191, p. 1280-1281, 1976.
- KOLERS, P. A. Reading a year later. Journal of Experimental

- Psychology: Human, Learning and Memory, v. 2, n. 5, p. 554-565, 1976.
- MISHKIN, M.; MALAMUT, B.; BACHEVALIER, J. Memories and habits: two neural systems. In: LUNCH G, McGAUGH JL, WEINGARTEN NM, (Eds.). Neurobiology of learning and memory. New York: Guilford Press; 1984, p. 65-77.
- NADEL, L. Multiple memory systems: What and why, an update. In: SCHACTER, D. L.; TULVING, E. (Eds.). Memory systems, Cambridge, MA: MIT Press. 1994, p. 39-64.
- NEWELL, A.; ROSENBLOOM, P. S.; LAIRD, J. E. Symbolic Architectures for Cognition. In: POSNER, M. I. (ed.). Foundations of Cognitive Science, Cambridge, MA: MIT Press. 1993, p. 93-131.
- NISSEN, M.J.; BULLEMER, P. Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. Cognitive Psychology, v. 19, p.1-32, 1987.
- POSTMAN, L.; PHILIPS, L. W. Short-term temporal changes in free recall. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, v. 58, p. 193-198, 1965.
- REBER, P. J.; KNOWLTON, B. J.; SQUIRE, L. R. Dissociable properties of memory systems: Differences in the flexibility of declarative and nondeclarative knowledge. Behavioral Neuroscience, v. 110, p. 861-871, 1996.
- REYNOLDS, R. E.; SCHWARTZ, R. M. Relation of metaphoric processing to comprehension and memory. Journal of Educational Psychology, v. 75, No. 3, p. 450-459, 1983.
- SAUNDERS, R. C.; WEISKRANTZ, L. The effects of fornix transection and combined fornix transection, mammillary body lesions and hippocampal ablations on object-pair association memory in the rhesus monkey. Behavioral Brain Research, v. 35, p. 85-94, 1989.
- SCHACTER, D. L. Implicit memory: history and current status. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, v. 13, n.3, p. 501-508, 1987.
- SCOVILLE, W. B.; MILNER, B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry, v. 20, p. 11-20, 1957.
- SIMON, H.; KAPLAN, C. A. Foundations of Cognitive Science. In: Foundations of Cognitive Science, MIT Press, Massachusetts, p. 1-48, 1989.
- SQUIRE, L. Neurobiology of Learning and Memory. vol. 82 (3); p. 169-351, 2004.
- SQUIRE, L. R.; KNOWLTON, B. J. Memory, hippocampus, and brain systems. In: GAZZANIGA, M. S. (Ed.). The cognitive neurosciences. Cambridge, A Bradford Book, p. 825-837, 1995.
- SQUIRE, L.R.; ZOLA-MORGAN, S. The medial temporal lobe memory system. Science, v. 253, p. 1380-1386, 1991.
- SQUIRE, L. R. Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. Psychological Review, v. 99, p. 195-231, 1992.
- TULVING, E.; MARKOWITSCH, H.J.; KAPUR, S.; HABIB, R.; HOULE, S. Novelty encoding networks in the human brain: positron emission tomography data. Neuroreport, v. 5, n. 18, p. 2525-2528, dez. 1994.
- WILLINGHAM, D. B.; NISSEN, M. J.; BULLEMER, P. On the development of procedural knowledge. Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition, v. 15, p. 1047-1060, 1989.
- XAVIER, G. F. A modularidade da memória e o sistema nervoso. Psicologia USP, v. 4(1/2), p. 61-115, 1993.
- XAVIER, G. F. Aprendizagem da Esquiva I e II. Aspectos Historicos. CIENCIA E CULTURA, v.34, n. 11, p. 1443-1453 e v.34, n. 12, p. 1587-1600, 1982.

XAVIER, G. F. Memória: correlatos anátomo-funcionais. In: NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; MANSUR, L. L. (Eds.). Neuropsicologia - das bases anatômicas à reabilitação. São Paulo: Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas FMUSP; p.107-29, 1996.

<http://cscs.umich.edu/~crshalizi/LaMettrie/Machine/> acessado em 7 de junho de 2005

John van Wyhe, The History of Phrenology on the Web, <http://pages.britishlibrary.net/phrenology/>, 30 de maio de 2002

Sítios eletrônicos

Capítulo II. Objetivos

A proposta do presente trabalho é avaliar (1) se há aquisição de uma habilidade de natureza implícita motora por treino imaginativo, associada à aquisição de uma sequência repetitiva de movimentos e (2) avaliar a extensão da flexibilidade no uso da informação arquivada em sistemas de memória implícita.

A proposta aqui é testar dois importantes pilares da concepção de sistemas de memória, enfocando pontos importantes da descrição funcional destes. Em outras palavras, pretende-se reunir elementos que contribuam para a compreensão sobre (1) de que forma a interação entre memória operacional e o sistema de memória implícita se dá e (2) investigar especificidade e generalização da informação arquivada na memória implícita.

Capítulo III. Experimento 1 – Aquisição de habilidades motora por treino imagético, sem o desempenho real da tarefa motora

1. Introdução

Diversas teorias atuais assumem a existência de diferentes tipos de memória, baseadas na concepção de que haja diferentes sistemas, funcional e anatomicamente distintos. Por exemplo, o modelo de Atkinson e Shiffrin (1968, 1971), assumia a existência de três tipos de memória, incluindo (1) um sistema de registro primário de informação associada aos sistemas sensoriais, que transferiria o conteúdo adquirido para (2) um sistema de retenção de curta duração, que manteria temporariamente estas informações, responsável pelo processamento e estratégias de codificação envolvidas na retenção por um curto período de tempo e, adicionalmente, preparando estas informações para serem transferidas para (3) sistemas de retenção por um longo período de tempo. Assim, o fluxo da informação através dos sucessivos estágios de processamento determinaria se uma informação seria ou não arquivado na memória de longa duração, último estágio na cascata.

No entanto, evidências provenientes de estudos neuropsicológicos envolvendo pacientes amnésicos deram suporte para a noção de que o fluxo de informação entre sistemas de retenção de curta e longa duração pode se dar de maneira independente. Pacientes com dano em estruturas do lobo temporal medial mostram desempenho normal em tarefas de recordação de uma lista de dígitos que envolvem memória de curta duração (Baddeley e Warrington, 1970; Warrington, 1971); ou seja, estes pacientes são capazes de manter informações por períodos curtos de tempo, mesmo de listas relativamente longas (até o limite da capacidade de retenção do sistema) (Miller, 1956), e desde que não haja um desvio da atenção (Miller, 1956). Apesar disso, estes pacientes não são capazes de manter informações por períodos longos de tempo, mostrando um

comprometimento de seu sistema de memória de longa duração. Diferentemente, pacientes com lesões no córtex parieto-temporal esquerdo, ou perisilviano, apresentam retenção de informações verbais por períodos longos de tempo, ou seja, seu sistema de memória de longa duração está intacto. Porém, quando testados imediatamente após a apresentação de material verbal a ser retido, estes pacientes apresentam prejuízo na capacidade de retenção (Basso e col. 1982; Shallice e Warrington, 1970; Vallar e Baddeley, 1984; Warrington e Shallice, 1969). Vale ressaltar que este padrão é exatamente o oposto daquele apresentado por pacientes amnésicos. Essa dupla dissociação favorece a noção de que existem sistemas de memória de longa e de curta duração independentes (para revisão ver Shallice, 1988). Adicionalmente, estas evidências envolvendo a manutenção da integridade da memória de longa duração em pacientes com lesões parieto-temporal ou perisilviana (Basso e col., 1982; Warrington e Shallice, 1969) permitem questionar a noção de que o arquivamento de informações no sistema de longa duração seja mediado pelo sistema de curta duração. Shiffrin e Schneider (1977) propuseram que alterações no sistema de longa duração dependem de processamento controlado (e até certo ponto volitivo), de maneira similar aos primeiros modelos de atenção (e.g., Broadbent, 1958; Deutsch e Deutsch, 1963; Treisman, 1960). Nesse sentido, Posner (1984) argumentou que a dificuldade no processamento de informações apresentada por pacientes amnésicos seria derivada da incapacidade destes pacientes arquivarem conteúdos atencionais.

Posteriormente, foi proposto que o próprio sistema de memória de longa duração deveria ser subdividido em sistemas de retenção de conhecimento explícito (ou declarativo), envolvendo fatos e eventos, expresso pela evocação consciente de informações, e portanto, passíveis de relato verbal, e de retenção de informações implícitas (ou de procedimentos), conhecimento que se expressaria pelo desempenho habilidoso em tarefas previamente treinadas, incluindo habilidades perceptuais e motoras, hábitos e pré-ativação, sem a necessidade de recordação consciente acerca da exposição ao treino nessas tarefas (Squire e Zola-Morgan, 1992). Nas palavras de Ryle (1949, apud Cohen, 1984), “(...) a

*expressão ‘saber que’ indica o direcionamento consciente da atenção para o ato de recordar, já a expressão ‘saber como’ indica a mediação através do desempenho de uma tarefa de maneira que não envolve esforço atencional ou recordação consciente”*² (p.94). Estas habilidades, usualmente classificadas como conhecimento implícito, são adquiridas por treino repetitivo, aparentemente ligados às estruturas de processamento e aos procedimentos engajados, durante o próprio treino, pela tarefa desempenhada; assim, envolvem modificações graduais e cumulativas dos elementos envolvidos, expressos pela facilitação do desempenho *per se* mais do que por uma capacitação de realizar uma descrição verbal detalhada dos procedimentos envolvidos (Cohen, 1984). A aquisição de habilidades motoras inclui, ainda, o aprendizado de relações entre estímulos e respostas (e.g., Tulving, 1985).

1.1 Memória Operacional

Como alternativa ao modelo modal proposto por Atkinson e Shiffrin (1968), Baddeley e Hitch (1974) propuseram o modelo de memória operacional para descrever de que forma ocorreria a manutenção e manipulação de informação, por períodos de tempo relativamente curtos, na memória.

Como visto acima, o modelo de memória operacional e seus sub-componentes recebeu apoio de uma ampla gama de evidências experimentais envolvendo pessoas saudáveis desempenhando tarefas duplas cuja execução envolve tarefas concorrentes. Ou seja, voluntários que tinham de desempenhar uma tarefa principal simultaneamente a uma tarefa secundária mostraram que quanto maior as similaridades entre as duas tarefas (e supostamente dos recursos de processamento subjacentes) maior seria a interferência observada no desempenho. Este tipo de abordagem permitiu o fracionamento da memória operacional em três grandes componentes (para revisão ver Baddeley, 1986; 1992).

² “(...) the expression of ‘knowing that’ required the conscious direction of attention to the act of remembering, whereas the expression of ‘knowing how’ was mediated through performance of a skilled action in a manner that did not involve active attention or conscious recall”

A alça fonológica, especializada no processamento de material verbal, compreende um sistema de suporte capaz de manter informação fonológica por um ou poucos segundos, pareada a um processo de controle articulatorio responsável pelo mecanismo contínuo de re-alimentação da informação mantida arquivada pelo processo de repetição sub-vocal do conteúdo desejado. Este último componente também proporciona apoio para a função de re-alimentação da informação quando tratamos de informações pictóricas apresentadas visualmente, desde que estas possuam significado semântico, tal como o nome de algo.

Já a alça (ou “bloco de notas”, ou ainda, “banco de dados”) visuo-espacial, seria especializada na manutenção de material visual, parecendo envolver um componente relativo à retenção de informações referentes à cor e formato, e outro relativo à retenção de localização espacial.

O terceiro componente da memória operacional, a central executiva, corresponde ao sistema atencional supervisor (SAS) descrito no modelo de Norman e Shallice (1980) acerca do controle atencional da ação (ver Shallice, 1988). De acordo com este modelo, atividades bem praticadas (ou automáticas) são conduzidas por “esquemas” – ler, escrever e dirigir (para algumas pessoas) são bons exemplos destas atividades. Tais esquemas seriam ativados por entradas estimulatórias adequadas e poderiam consistir de coleções de sub-sistemas funcionalmente específicos ou por sub-rotinas pré-determinadas, ligadas ao desempenho de uma tarefa - por exemplo mudar a marcha, dar sinal de conversão ou breicar (todos relacionados ao esquema dirigir); cada um deles pode ser selecionado independentemente, em circunstâncias bem definidas, quando a condição estimulatória adequada se faz presente. Em condições que envolvem rotinas de ações, a seleção de um esquema ocorre quando a ativação excede um determinado limiar na cadeia de eventos. Conflitos entre esquemas são resolvidos rotineiramente por um sistema automático de contenção e priorização [uma função apoiada pela ação dos gânglios da base (ver Norman e Shallice, 1980)]. Apesar disso, em condições excepcionais, que incluem o desempenho de tarefas

poucos treinadas, situações inesperadas ou novas, tomada de decisão ou situações de perigo, os processos superiores, associados ao SAS, interferem no controle da ação, modulando o sistema de processamento subalterno de encadeamento de esquemas, ativando e inibindo esquemas particulares. De acordo com o modelo, uma vez que o SAS tem acesso à representação do ambiente e aos aspectos intencionais do comportamento, ele pode estar envolvido na produção de comportamentos volitivos. As porções dorso-laterais do córtex frontal são consideradas fundamentais para o funcionamento do SAS (Baddeley, 1986; Berman, 1995; Cowey e Green, 1996; D'Esposito e col., 1995; Fuster, 1984; Petrides e col. 1993; Petrides e col. 1993; Roland, 1984).

Baddeley (2000) propôs um componente adicional para o sistema de memória operacional, o retentor episódico, um sistema de capacidade limitada envolvido na retenção temporária de informações e, adicionalmente, capaz de agregar informações das alças fonológica e visual, e da memória de longa duração explícita, em uma representação episódica única, controlada pela central executiva.

Memória operacional é tida como decisiva para o desempenho de uma grande variedade de funções cognitivas, incluindo raciocínio lógico, resolução de problemas, imagética (envolvido no treinamento imaginativo) e compreensão de linguagem (Baddeley, 1986; 1992; Just e Carpenter, 1992; Malouin e col., 2004).

1.2 Imagética e aquisição implícita

Treinamento imaginativo (ou imagético) corresponde a um estado dinâmico no qual representações de percepções e ações, incluindo aquelas arquivadas na memória de longa duração, são reativadas, mantidas e manipuladas pela memória operacional, sem que haja a estimulação ou mesmo a expressão de um desempenho real.

A evolução biológica da capacidade de imaginar parece estar relacionada ao comportamento de imitar, um processo presente em diferentes grupos de animais capazes de adquirir comportamento adaptativo pela simples exposição a

outros animais (membros mais experientes) de sua espécie (Brass e Heyes, 2005). A habilidade de imaginar está comprometida nos casos de lesão de regiões corticais frontais e parietais, o que também se observa com o comportamento imitativo (De Renzi, 1990; Goldenberg e Hagman, 1997). Adicionalmente, a atividade neural observada durante situações de imaginação e de observação do comportamento de uma dada cena são compatíveis, assim como também são compatíveis com aquela observada durante a execução da mesma tarefa (Gallese e col., 1996; Rizzolatti e col., 1996; Iacoboni, 1999). Assim, não surpreende que a imitação seja vista como o precursor da imaginação tanto em estudos que avaliaram sua ocorrência filogeneticamente, quanto ontogeneticamente (e.g., Meltzoff e Moore, 1977; 1983). Nesse sentido, imaginar, como imitar, pode ser entendido como um processo que envolve o aprendizado por observação de imagens, que podem ser internas, para a imaginação, ou externas, para a imitação. Sendo assim, parece natural indagar sobre a possibilidade de haver aprendizado por imagética,

Estudos sobre a contribuição do treinamento imaginativo para a aquisição de habilidades vêm sendo realizados em tarefas percepto-motoras e cognitivas, com resultados positivos (e.g., Feltz e Landers, 1983; Driskell e col., 1994); e o potencial desta abordagem para a reabilitação clínica. Também vem sendo ressaltada (e.g., Gade, 1994; Denis, 1985; Decety, 1994; Page e col., 2000; 2001).

Imaginar compartilha similaridades com a percepção tanto na geração de estimulação de funções autonômicas (Wang e Morgan, 1992; Decety, 1996) quanto de avaliação temporal (Decety, 1996), além da atividade de estruturas neurais (Decety, 1996; Jeannerod, 1994; Lotze e col., 1999; Hanakawa e col., 2003). Assim, não é de espantar que tanto estudos envolvendo neuro-imageamento (Goldenberg e col., 1989; Le Bihan e col., 1993; Roland e Gulyas, 1995; Ishai e Sagi, 1995; Kosslyn e col., 1999a; 1999b; Klein e col., 2000; Lambert e col., 2002) quanto estudos envolvendo avaliações eletrofisiológicas (Farah e col., 1988) mostrem que imaginar e observar as mesmas imagens

produzem respostas equivalentes. Estes estudos parecem indicar que mesmo na ausência da estimulação visual há atividade consistente das áreas associativas occipital e occitemporal (Roland e Gulyas, 1995; Mellet e col., 1995; D’Esposito e col., 1997), e mesmo atividade no córtex visual primário (Le Bihan e col., 1993; Kosslyn e col., 1999a; Klein e col., 2000; Lambert e col., 2002), sugerindo que a geração de imagens visuais envolve representações associadas com estas áreas cerebrais. De maneira similar, durante a imaginação visual ocorre ativação de áreas corticais relacionadas ao planejamento, geração e execução de movimentos, incluindo a área motora suplementar, o córtex pré-motor e a área motora primária (Lotze e col., 1999). Adicionalmente, parte da rede nervosa envolvida em imaginar inclui os córtices pré-frontal e cíngulo anterior (Decety e col., 1992), regiões envolvidas no processamento da memória operacional e atenção (Roland, 1984; Smith e Jonides, 1995).

Diversos são os estudos que avaliam de que forma o treinamento imaginativo pode contribuir tanto para a melhora quanto a aquisição de tarefas motoras (e.g., Vandell e col., 1943; Twining, 1949; Clark, 1960; Feltz e Landers, 1983; Denis, 1985; Decety, 1996; Yágüez e col., 1997).

Denis (1985) ao discutir a aquisição de habilidades por treino imaginativo ressalta que “(...) somos confrontados com o que pode ser legitimamente considerado como um efeito ‘paradoxal’, na atividade mental que aparentemente não envolve atividade efetora motora de maneira direta apesar de ter um impacto mensurável no desempenho futuro...”³ (p.7). Esta reflexão ressalta uma questão central relacionada à aquisição de habilidades implícitas por treino imaginativo: pode-se supor que toda a aquisição se dá por processos de cima-para-baixo, que induzem mudanças nas estruturas centrais envolvidas na aquisição da habilidade, por meio da memória operacional? Será que é necessário algum tipo de retro-alimentação periférica de baixo-para-cima para a ocorrência da aquisição? Medidas de eletro-fisiologia mostram ativação sub-limiar de unidades motoras

³ “(...) we are confronted with what may legitimately be considered ‘paradoxical’ effects, in that a mental activity which apparently does not involve motor effectors in a direct way nevertheless has a significant, measurable impact on later motor performance,”

durante a imaginação dos movimentos correspondentes (Jacobson, 1932; Shaw, 1940), sendo mais vívida a imaginação quanto maior a atividade sub-limiar muscular registrada (Shaw, 1940). Esta atividade é suficiente para gerar estimulação cinestésica capaz de prover retro-alimentação correspondente à execução real (Feltz e Landers, 1983; Johnson, 1982; Kohl e Roenker, 1983). Estes achados favorecem a noção de que processos de baixo-para-cima contribuem para a aquisição via treino imaginativo motor. No entanto, Roenker (1980) e Kohn e Roenker (1983) mostraram que, até certo ponto, a melhora do desempenho associada à imaginação motora envolvendo um membro pode ser transferida para o membro contra-lateral. Mais ainda, a aquisição de uma habilidade por treino real pode ser comprometida pelo desempenho concorrente de uma tarefa imaginativa (Johnson, 1982). A interpretação destes resultados em termos da retro-alimentação proprioceptiva é difícil; ele favorece a noção de que operações cognitivas geradas durante a atividade imaginativa, de cima-para-baixo, contribuem para o desempenho real. A natureza desta contribuição não está clara: imaginar pode ajudar o planejamento motor usado no desempenho motor futuro?

Diversos estudos apoiam a noção de que habilidades implícitas podem ser adquiridas e melhoradas por treino imaginativo envolvendo controle atencional e memória operacional. Entretanto, há resultados que parecem apontar no sentido de que o treino imaginativo traz melhoras apenas para a habilidades já treinadas e, adicionalmente, apenas para esquemas previamente criados (Mulder e col., 2003).

Como descrito anteriormente, Norman e Shallice (1980) e Shallice (1982; 1988) propuseram que esquemas são ativados por pistas ambientais que desencadeiam ações automáticas; isso impõe uma aquisição da habilidade por prática repetitiva, incluindo as condições em que a atividade do esquema é disparada. Em situações de emergência ou quando há demanda pela execução de uma atividade nova o SAS controlaria a ativação e inibição de esquemas para a realização da atividade. Isto implica que o SAS é necessário para a aquisição de

uma nova habilidade ou de um novo esquema. Porém, ao incluir o SAS, como central executiva, em seu modelo de memória operacional (Baddeley, 1986) e ao inserir um retentor episódico, capaz de integrar informações da memória operacional com memórias episódicas de longa duração (Baddeley, 2000), Baddeley (2000), ressaltou a importância da atenção para a aquisição da memória declarativa; isto é, não houve qualquer tentativa de relacionar a atenção com a aquisição da memória implícita.

Seria a aquisição de memória implícita dependente de processamento atencional? Hasher e Zacks (1979) e Sanders e col. (1987) consideraram a aquisição de memórias implícitas um processo automático, que não requer a participação de atenção. No entanto, outros autores enfatizaram o fato de que atenção e memória parecem ser processos, em algumas circunstâncias, por demais similares para serem, sequer, distinguidos [Berry e Broadbent, 1988; Dienes e col., 1991; ver Helene e Xavier (2003) para discussão adicional], Cohen e col. (1990) propuseram que a atenção é necessária para a aquisição de tarefas complexas, mas não para tarefas simples. Nissen e Bullemer (1987) defenderam a necessidade de atenção para a aquisição em estágios específicos de tarefas envolvendo seqüências. Quando a habilidade é melhor representada por esquemas (habilidades já aprendidas ou estágios finais do processo de aquisição) o desempenho necessita pouca atenção. No entanto, se uma otimização considerável de um esquema é necessária para executar a tarefa, ou um novo esquema tem que ser gerado, o envolvimento da atenção será necessário.

Mulder e col. (2003) propuseram interpretação similar ao discutirem resultados relativos à aquisição via treino imaginativo.

Diversos estudos recentes ressaltaram que de fato o treinamento apenas através do esforço de imaginação mental leva à melhora do desempenho real *per se*. Helene e Xavier (2006), utilizando uma tarefa de leitura invertida, mostraram não apenas que há a aquisição de fato através de treino apenas imaginativo, mas que comparado ao treinamento real, parece ser o treinamento imaginativo menos sensível a desvios atencionais impostos.

Helene e Xavier (2003) sugeriram que há uma construção da atenção a partir da memória. Segundo esta concepção a atenção pode atuar como um facilitador e um integrador de novas aquisições implícitas.

Os debates acerca tanto da origem da capacidade imagética quanto da organização do sistema de memória operacional (incluindo o SAS) e da influência atencional para a aquisição de memória implícita parecem caminhar para um ponto comum sobre a organização dos sistemas / processos de memória, e a indagação do grau de isolamento ao qual eles estão sujeitos.

No presente trabalho foi avaliada a extensão da aquisição de habilidades motoras por treino imaginativo. Com isto, pretende-se comparar de que forma a aquisição de uma habilidade implícita se dá em condições de treinamento real e imaginativo em tarefas que apresentam condições específicas. Pretende-se ainda replicar resultados anteriormente coletados em nosso laboratório sugerindo a existência de intensa interação entre sistema implícito de memória e a memória operacional. Para tanto, foi utilizada uma tarefa de oposição de dedos ao polegar (movimentação de dedos para toque no polegar) treinada tanto imaginativamente como por meio da execução real da ação. Foram avaliados dois níveis de aquisição. Um deles refere-se à ação específica de oposição de dedos. O outro envolve a aquisição de uma sequência de movimentos repetitivos.

Essa abordagem experimental permitiu:

Avaliar em que extensão o treino imaginativo leva à aquisição de uma nova habilidade motora e se as taxas de aquisição induzidas por este meio são equivalentes às induzidas por treino real;

Avaliar se a inclusão de uma sequência repetitiva de “movimentos” imaginados resulta no mesmo benefício sobre o desempenho em relação ao desempenho real de uma sequência repetitiva efetivamente desempenhada; e

Avaliar se uma maior frequência de determinados “movimentos” imaginados quando na condição repetitiva se reflete numa facilitação do desempenho para esses mesmos movimentos, porém inseridos em sequências não

repetitivas (ver adiante), e comparar esses efeitos com aqueles induzidos por manipulações similares envolvendo desempenhos reais.

Resumidamente, o presente experimento visou identificar de que forma o treino imaginativo pode contribuir para a aquisição de habilidades implícitas e avaliar se o curso dessa aquisição se compara àquela apresentada por treino real. Pretende-se reunir elementos para avaliar a possível equivalência entre o processo de aquisição em cada uma destas formas de treinamento.

2. Material e métodos

2.1 Voluntários

Participaram deste experimento 14 estudantes de graduação do curso de ciências biológicas da USP, sendo oito mulheres e seis homens, todos destros e saudáveis, com visão normal ou corrigida e sem experiência prévia na tarefa. A idade dos voluntários variava entre 18 e 24 anos (20 ± 2 , média e desvio padrão da média, respectivamente).

Os 14 voluntários foram divididos em dois grupos de sete voluntários cada, balanceados por idade e sexo. Um desses grupos foi submetido a treinamento imaginativo e outro a treinamento real (ver adiante).

Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e informado, e preencheram um formulário de anamnese (Anexos 1 e 2).

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos do Instituto de Ciências Biomédicas da USP (Anexo 3).

2.2 Pré-exposição à aparelhagem

Os voluntários deveriam sentar à frente de um monitor de computador posicionado ao nível dos olhos. Um sistema de registro envolvendo cinco sensores de toque foi utilizado, posicionados na extremidade de cada um dos

dedos da mão direita; esse sistema permitia detectar quando os dedos indicador, médio, anelar e mínimo eram encostados no polegar (“toques”). Antes de iniciar o experimento os voluntários foram instruídos à realizar um conjunto de oito toques apenas para se habituarem ao equipamento. Para cada toque realizado, aparecia um número no monitor, correspondente ao dedo tocado (número 1 para o dedo mínimo, número dois para o dedo anelar, três para o dedo médio e quatro para o indicador). O movimento completo requerido para cada dedo consistia em encostar individualmente o dedo no polegar e depois desencostá-lo.

2.3 Pré-treino (PT)

Imediatamente após a pré-exposição ao sistema de coleta de dados, os voluntários foram instruídos a executar uma tarefa de tempo de reação. Cada tentativa consistia da apresentação visual, individual, de um número no centro da tela do computador; o dedo correspondente ao número apresentado devia ser tocado no polegar o mais rapidamente possível. O sistema de sensores conectado ao computador permitiu registrar o tempo decorrido desde a apresentação do número na tela até o toque ser realizado. Este registro foi feito com precisão de milissegundos, com auxílio de um programa de computador dedicado para tal função, que monitorava os toques (programado em plataforma MEL 2.01). No caso do toque efetuado não ser aquele indicado, o número permanecia na tela e um som agudo de 50 ms de duração era apresentado; quando o toque correto era realizado, o número desaparecia da tela e a próxima tentativa tinha início, após intervalo entre tentativas de 200 ms. Em cada tentativa o sistema registrou o tempo de reação desde a apresentação do número até a realização do toque.

Este procedimento se repetiu até o término de oito tentativas em que os números foram apresentados em sequência aleatória, havendo dois toques para cada dedo.

2.4 Treino

A fase de treino se iniciava imediatamente após o término da fase de pré-treino e consistia de 480 tentativas.

A fase de treino foi constituída de (1) uma etapa inicial de apresentação de estímulos em seqüência aleatória com 96 tentativas, (2) uma etapa intermediária em que os estímulos foram apresentados em uma seqüência determinada que se repetia depois de oito tentativas (i.e., a seqüência 14132423) com 288 tentativas, e (3) uma etapa final envolvendo apresentações em seqüência aleatória com 96 tentativas. Para efeito de representação gráfica dos resultados e análise da evolução do desempenho cada uma dessas etapas foi sub-dividida em blocos com 48 tentativas cada, de modo que a etapa inicial foi constituída de 2 blocos (com estímulos apresentados em seqüência aleatória), a etapa intermediária de 6 blocos (com estímulos apresentados em seqüência repetida a cada 8 tentativas) e a etapa final de 2 blocos (com estímulos apresentados em seqüência aleatória) (Figura 3-1).

Figura 3-1. Esquema de apresentação dos estímulos.

Para os voluntários do grupo com treinamento real (TR), as tentativas se assemelharam àquelas apresentadas na fase de pré-treino, isto é, a apresentação dos estímulos foi visual.

Para os sete voluntários do grupo com treino imaginativo (TI), ao invés da exposição visual aos estímulos, houve apresentação auditiva dos mesmos; os voluntários foram instruídos a manter os olhos fechados e, ao ouvirem um

número (1, 2, 3 ou 4) apresentado por uma voz controlada pelo computador, apenas imaginar estarem realizando a oposição do dedo correspondente com a mão direita. Para efeito de monitoramento do curso temporal dessa imaginação da resposta de oposição de dedos, o voluntário foi instruído a pressionar um botão com a mão esquerda, assim que o “toque imaginado” com a mão direita fosse concluído. Assim, o intervalo de tempo decorrido desde a apresentação auditiva de cada número e o apertar do botão com a mão esquerda foi registrado e expressa o tempo para imaginar a ação (Figura 3-2). Embora este tempo expresse o tempo para imaginar a ação, para facilitar referências futuras a ele o denominaremos “tempo de reação”.

Figura 3-2. Representação esquemática de cada tentativa nas condições com treino real (painel esquerdo) e treino imaginativo (painel direito).

A cada 16 tentativas tanto os voluntários submetidos ao grupo TI quanto os do grupo TR recebiam, no monitor do computador, informação sobre seu desempenho, expressa em termos da soma dos tempos de reação nas últimas 16 tentativas (um som agudo informava aos voluntários do grupo TI que eles podiam abrir os olhos para receber esta informação).

2.5 Teste

Concluída a fase de treino, os voluntários de ambos os grupos foram expostos ao teste de tempo de reação; mediante a apresentação visual de um número na tela do computador, o voluntário devia realizar um movimento real com o dedo correspondente da mão direita. Assim, a fase de teste correspondeu exatamente à estimulação e ação utilizadas na fase de treino do grupo TR. Todos os voluntários desempenharam 480 tentativas, divididas em 10 blocos com 48 toques cada, sendo 2 com sequência aleatória, 6 com sequência que se repetia a cada 8 tentativas e outros 2 com sequência aleatória (ver Figura 3-1).

2.6 Teste de recordação da sequência

Ao final da fase de teste solicitou-se aos voluntários que executassem movimentos de oposição de dedos na sequência mais similar possível à executada nas fases de treino e teste realizadas anteriormente, sem qualquer apresentação de estímulos. Isto é, os voluntários deviam gerar eles próprios uma sequência de oposição de dedos. Com isso pretendia-se avaliar em que extensão o uso de sequências repetidas nas etapas anteriores influenciaram o desempenho e também, avaliar, por meio de indagação, se os voluntários tinham conhecimento declarativo sobre esta sequência.

2.7 Análise estatística e apresentação dos dados

Os tempos de reação na fase de pré-treino foram comparados com uso de um teste de análise de variâncias (ANOVA), tendo Grupo como variável entre-sujeitos e Tentativas como variável intra-sujeito.

Os tempos de reação nas fases de treino e teste foram analisados também através do uso da ANOVA, com Grupo (TI e TR) como fator entre sujeitos e Fase e Bloco como fatores intra-sujeito. Considerou-se a existência de 5 níveis no fator Fase e de 2 níveis no fator Bloco. A Fase 1 corresponde às 96 tentativas iniciais com apresentação dos estímulos em sequência aleatória, as Fases 2, 3 e 4

correspondentes às 288 tentativas subsequentes de treino, em que os estímulos foram apresentados em sequência repetitiva, cada fase com 96 tentativas, e a fase 5 correspondente às 96 tentativas finais de treinamento em que os estímulos foram apresentados em sequência aleatória. Em cada uma dessas fases, os dados foram analisados de modo a se considerar a existência de 2 blocos, cada qual constituído por 48 tentativas,

Os resultados do grupo TR, obtidos exatamente nas mesmas condições experimentais, permitiram comparar o desempenho nas fases de treino e teste. Análises de comparações múltiplas (Tuckey) foram utilizadas, como teste post-hoc.

Para expressar graficamente os resultados, foram utilizadas as medianas do tempo de reação de cada voluntário em cada bloco de 48 tentativas; note, porém, que para a realização da ANOVA foi utilizado o tempo de reação em cada tentativa. As Figuras representam a média ($\pm$ E.P.M.) destas medianas para cada bloco de 48 tentativas.

3. Resultados

3.1 Pré-treino e treino

A Figura 3-3 mostra os tempos de reação dos grupos TR e TI durante o pré-treino (PT) e o treino (note que para o grupo TR os valores referem-se ao tempo de reação para tocar o dedo indicado no polegar, ao passo que para o grupo TI os valores referem-se ao tempo para imaginar esse “movimento”, mas sem o movimento propriamente dito), este último envolvendo 2 blocos de 48 tentativas cada em que a sequência de apresentação dos números foi aleatória (A1 e A2), 6 blocos de 48 tentativas cada em que a sequência foi repetida (R1, R2, R3, R4, R5 e R6) a cada 8 tentativas e 2 blocos de 48 tentativas cada em que a sequência de apresentação dos números foi aleatória (A3 e A4).

Figura 3-3. Desempenho médio (expresso pela média das medianas) de reação (+/-E.P.M.) dos grupos com treino imaginativo e treino real durante o pré-treino e ao longo de todos os 10 blocos de treino: 2 blocos de 48 tentativas cada em que a seqüência de apresentação dos números foi aleatória (A1 e A2), 6 blocos de 48 tentativas cada em que a seqüência foi repetida (R1, R2, R3, R4, R5 e R6) a cada 8 tentativas e 2 blocos de 48 tentativas cada um que a seqüência de apresentação dos números foi aleatória (A3 e A4).

Em relação aos desempenhos registrados no PT, um teste de ANOVA revelou a ausência de efeitos significantes para Grupo ($F_{1,12} = 0,00$, $P > 0,97$), Tentativa ($F_{7,84} = 1,98$, $P > 0,10$) e Grupo X Treino ($F_{7,84} = 0,72$, $P > 0,60$), indicando que antes do treino os grupos exibiram desempenhos equivalentes e, portanto, sua constituição foi adequada para possibilitar a comparação de sua evolução nas demais fases desse estudo. Assim, diferenças de desempenho entre os grupos nas fases subsequentes não poderão ser atribuídas a diferenças na constituição dos grupos. Adicionalmente, estes resultados indicam não haver qualquer melhora significativa de desempenho ao longo das tentativas realizadas durante o pré-treinamento.

Em relação aos tempos de reação ao longo do treino (Figura 3-3), o teste de ANOVA revelou a existência de (1) diferenças significantes em relação aos fatores Fase ($F_{4,48} = 12,61$, $P < 0,0001$), Bloco ($F_{2,24} = 2229,27$, $P < 0,0001$) e Tentativa ($F_{29,348} = 3,80$, $P < 0,0001$), e em relação à interação entre os fatores Tentativa x Grupo ($F_{29, 348} = 2,31$, $P < 0,004$), Fase x Bloco ($F_{8,96} = 2,50$, $P < 0,05$), Fase x Tentativa ($F_{116,1392} = 1,47$, $P < 0,03$) e Fase x Bloco x Tentativa ($F_{232,2784} = 1,18$, $P < 0,04$), (2) efeitos marginalmente significantes em relação à interação entre os fatores Fase x Bloco x Grupo ($F_{8,96} = 2,34$, $P = 0,0568$), e (3) ausência de diferenças em relação ao fator Grupo ($F_{1,12} = 1,68$, $P > 0,20$) e em relação à interação entre os fatores Fase x Grupo ($F_{4,48} = 2,29$, $P > 0,08$), Bloco x Grupo ($F_{2,24} = 0,98$, $P > 0,38$), Fase x Tentativa x Grupo ($F_{116,1392} = 1,12$, $P > 0,27$) e Fase x Bloco x Tentativa x Grupo ($F_{232,2784} = 0,86$, $P > 0,90$). De fato, a inspeção da Figura 3-3 revela que os tempos de reação para o grupo TR e para o grupo TI melhoram tanto ao longo da fase inicial de treino envolvendo seqüências aleatórias de números, e melhoram adicionalmente ao longo das tentativas em que os números foram apresentados numa seqüência que se repetiu a cada 8 tentativas. Estes resultados indicam (1) que tanto o desempenho real repetitivo de uma tarefa de oposição de dedos com o polegar, como a mera imaginação dessa ação, porém, sem o desempenho real da mesma, trazem benefícios para estas respectivas tarefas, e (2) que essa melhora acentua-se quando a tarefa envolve a apresentação de estímulos numa seqüência repetitiva, portanto, previsível, resultado que é enfatizado pela observação de que os tempos de desempenho nas fases 4 e 5 dos grupos TR e TI são menores em relação à condição em que a seqüência é aleatória (A3 e A4) (Figura 3-3). Os resultados da ANOVA mostram ainda que não há diferença estatística no curso temporal de executar uma ação real de oposição de dedos *per se* e de apenas imaginar essa mesma ação, exceto por uma sutil diferença para as tentativas iniciais dos blocos e fases iniciais (note que não há efeito significativo na interação entre Tentativa x Grupo e apenas um efeito marginalmente significativo na interação entre os fatores Fase x Bloco x Grupo), onde os tempos dispendidos para imaginar a ação foram maiores que aqueles necessários para executá-la.

Assim, nas fases iniciais de treino, imaginar demanda mais tempo que executar a tarefa de oposição, sugerindo que a primeira seja uma tarefa mais custosa. Independentemente desses aspectos diretamente relacionados ao desempenho real ou imaginativo da tarefa, as taxas de aquisição são praticamente paralelas, como revelado pelas inclinações das curvas de aquisição (Figura 3-3) e pelo resultado da ANOVA. Mais interessante, isto também ocorre nas tentativas com apresentação de uma seqüência de números que se repete a cada 8 tentativas (R1, R2, R3, R4, R5 e R6) indicando que paralelamente à imaginação de cada oposição de dedo houve também identificação pelo sistema da estrutura repetitiva da seqüência, favorecendo assim o desempenho, sem que os voluntários sejam capazes de explicitar a existência desta repetição (ver adiante).

3.2 Teste

Depois de expostos ao treino imaginativo ou real, todos os voluntários foram expostos ao desempenho de um teste real de oposição de dedos ao polegar. Assim, os voluntários do grupo TR deveriam desempenhar exatamente a mesma tarefa desempenhada anteriormente. Diferentemente, os voluntários do grupo TI, que não haviam sido expostos à realização da ação real de oposição de dedos durante o treino, apenas à sua imaginação, agora deveriam desempenhar a tarefa real, na prática.

A Figura 3-4 mostra o desempenho ao longo do teste de oposição real de dedos, realizado após o treino imaginativo ou treino real. A ANOVA revelou efeitos significantes em relação aos fatores Fase ($F_{4,48} = 17,65$, $P < 0,0001$) e Tentativa ($F_{29,348} = 6,07$, $P < 0,0001$) e em relação à interação entre os fatores Fase x Tentativa ($F_{116,1392} = 2,04$, $P < 0,0003$). Interessantemente, não houve efeito sigificante em relação aos fatores Grupo ($F_{1,12} = 1,50$, $P > 0,24$), Bloco ($F_{2,24} = 2,37$, $P < 0,10$) e em relação à interação entre os fatores Fase x Grupo ($F_{4,48} = 1,19$, $P > 0,32$), Bloco x Grupo ($F_{2,24} = 0,17$, $P > 0,84$), Tentativa x Grupo ($F_{29,348} = 0,92$, $P < 0,50$), Fase x Grupo ($F_{8,96} = 2,07$, $P > 0,08$), Fase x Bloco x Grupo ($F_{8,96} = 0,42$, $P > 0,80$), Fase x Tentativa x Grupo ($F_{116,1392} =$

1,14, $P > 0,26$), Bloco x Tentativa x Grupo ($F_{58,696} = 0,92$, $P > 0,60$), Bloco x Tentativa ($F_{58,696} = 0,98$, $P > 0,50$) e Fase x Bloco x Tentativa x Grupo ($F_{232,2784} = 0,86$, $P > 0,90$). Assim, exceto pela diferença esperada entre Fases, com tempos de reação menores nas tentativas com apresentação dos estímulos numa sequência repetitiva, e de um efeito de melhora ao longo das tentativas, não houve qualquer diferença significativa no desempenho do grupo previamente exposto ao treinamento imaginativo em relação ao grupo com treinamento real, indicando que a aquisição proporcionada por ambas as formas de treinamento foi equivalente.

Figura 3-4. Desempenho médio (expresso pela média das medianas) dos tempos de reação (+/- EP) dos grupos com treino prévio imaginativo ou treino real ao longo de todos os 10 blocos de teste: 2 blocos de 48 tentativas cada em que a sequência de apresentação dos números foi aleatória (A1 e A2), 6 blocos de 48 tentativas cada em que a sequência foi repetida (R1, R2, R3, R4, R5 e R6) a cada 8 tentativas e 2 blocos de 48 tentativas cada um que a sequência de apresentação dos números foi aleatória (A3 e A4).

Enfatize-se que a similaridade entre os níveis de desempenho obtidos pelos voluntários expostos ao treinamento imaginativo, e aqueles submetidos ao treino real indica que o treino imaginativo, como utilizado nas presentes condições experimentais, parece tão efetivo quanto o treino real para gerar aquisição da habilidade de oposição de dedos.

3.3 Teste de recordação da seqüência

Ao final do teste todos os voluntários foram informados da existência de uma seqüência fixa de toques em parte do experimento. No entanto, quando requeridos a executar essa seqüência observou-se que nenhum dos sujeitos foi capaz de reproduzir sua execução da seqüência de toques utilizada ou mesmo de declarar verbalmente qual seria esta seqüência.

3.4 Tempo de transição entre pares específicos de oposições

O tempo despendido entre as oposições oferece a possibilidade adicional de analisar de que forma o treino em blocos com seqüência repetida (BR) favoreceu o desempenho devido ao maior treinamento envolvendo determinados pares de transições específicas, em relação aos outros pares de transições menos treinadas nos blocos de seqüência aleatória (BA). Para esta análise foram identificados os pares de oposição derivados das combinações utilizadas nos BAs e BRs. Isto foi possível uma vez que que, apesar de todas as oposições de dedos serem apresentadas igual número de vezes ao longo do treino, o uso de uma seqüência permite os pares de combinações de oposições subseqüentes não o sejam. Na Tabela 3-1, são mostradas as possíveis combinações de oposições de dedos, separadas entre aquelas presentes apenas durante os blocos em que a seqüência de oposições foi aleatória (BAs) e aquelas em que a seqüência foi repetida (BRs) (doravantes denominados “tipos de aquisição”).

Tabela 3-1. Pares de combinações de toques presentes no experimento. Note que nunca um toque é seguido por ele mesmo (células marcadas com um X). As células com fundo cinza indicam pares presentes tanto em BAs quanto BRs, enquanto as células com fundo branco indicam pares presentes nos BRs. Isto é derivado do fato de que nos BRs os pares podiam envolver conjuntos de movimentos presentes nas seqüência 14132423 (o par 31 ocorre no encadeamento de uma seqüência com a próxima).

		DEDO			
		1	2	3	4
DEDO	1	X	12	13	14
	2	21	X	23	24
	3	31	32	X	34
	4	41	42	43	X

Esta análise proporciona a possibilidade de observar e avaliar se o aprendizado na tarefa de oposição de dedos expressa meramente uma melhora derivada do treinamento das oposições de dedo *per se* (inclusive imaginativamente) ou se há algum tipo de facilitação adicional do desempenho pela formação de aquisições entre os pareamentos mais freqüentes e, portanto, mais prováveis decorrentes dos tipos de oposição utilizados. Vale ressaltar que o número de transições que aparece ao longo de BA e BR é diferente: enquanto durante os blocos em que a seqüência de oposições foi repetitiva houve apenas as combinações de dedos 31, 32, 41, 42, 13, 14, 23 e 24 em igual número, durante aquelas em que a seqüência foi aleatória, houve adicionalmente as combinações 21, 12, 43 e 34, em igual número entre si, mas conjuntamente com uma freqüência menor em relação ao conjunto anterior. Na Figura 3-5 os resultados das fases A1 e A2 do treino (Figura 3-3) foram agrupados constituindo BA1, já os resultados das fases A3 e A4 do treino (Figura 3-3) foram agrupados constituindo o BA2. Os resultados das fases A1 e A2 do teste (Figura 3-4) foram agrupados constituindo o BA3. Por fim, os resultados das fases A3 e A4 do teste (Figura 3-4) foram agrupados constituindo o BA4.

Figura 3-5. Tempos de reação para transições entre pares de oposições: os resultados das fases A1 e A2 do treino foram agrupados constituindo BA1, já os resultados das fases A3 e A4 do treino foram agrupados constituindo o BA2. Os resultados das fases A1 e A2 do teste foram agrupados constituindo o BA3. Por fim, os resultados das fases A3 e A4 do teste foram agrupados constituindo o BA4.

Os resultados são mostrados na Figura 3-5. A ANOVA destes resultados revelou a existência de efeito significativo em relação ao fator Grupo ($F(1,4738)=140,38$; $p<0,0001$), tipo de Oposição ($F(1,4738)=8,13$; $p<,0044$), e Bloco ($F(3,4738)=176,07$; $p<0,0001$). Adicionalmente foram encontrados efeitos significantes na interação entre Grupo x tipo de Oposição ($F(1,4738)=5,78$; $p<,0162$) e Grupo x Bloco ($F(3,4738)=57,67$; $p<0,0001$). Não foram encontradas diferenças significantes na interação entre os fatores tipo de Oposição x Bloco ($F(3,4738)=2,13$; $p<,0940$), nem de Grupo x tipo de Oposição x Bloco ($F(3,4738)=,54$; $p<,6563$). Estes resultados parecem indicar efeitos distintos na melhora de desempenho por treino imaginativo e por treino real (Figura 3.5) no que se refere aos tipos de oposição utilizados. Aquisições por treino real beneficiam-se mais do aumento da previsibilidade ou do treino com maior

frequência de pares de toques proporcionada pelo treinamento com seqüências repetitivas, chegando a influenciar o desempenho durante as fases subseqüentes BA2 e BA3, de execução aleatória. Isto pode ser visto no gráfico e está indicado no fato de haverem inclinações diferentes nas curvas para cada grupo (efeito significativo na interação Grupo x Bloco). De fato, análise de comparações múltiplas subseqüente revelou que há diferenças no desempenho de oposição para as combinações treinadas apenas em seqüências aleatórias entre os blocos BA2 e BA3 para o grupo com treino real ($p=0,014241$), mostrando que houve aprendizado dependente da execução do par de transposições em si, já que os movimentos de oposição isolados são treinados igualmente seja com ou sem seqüência. Isto fica mais evidente se observarmos a comparação entre os blocos BA1 e BA2 para o mesmo grupo e tipo de oposição ($p=1,0$), onde não há diferença alguma, mostrando que mesmo o conjunto de 288 oposições, sendo 72 com cada dedo, não foi suficiente para trazer melhora quando observamos o desempenho de oposição de combinações não treinadas ou, ainda, que há uma influência da melhora de desempenho expressa pelo treino da oposição isolada e uma tendência à concorrência entre a execução de pares de movimento presentes em cada condição, expressa por uma possível necessidade de que esta facilitação seja inibida quando do desempenho de pares de oposições somente presente nos blocos aleatórios de treino (ver Tabela 3-1). Já para as combinações treinadas ao longo de todo o experimento (presentes nos blocos aleatórios e com seqüência) houve uma melhora contínua e gradual para o grupo real (teste de comparações múltiplas - BA1 x BA2; $p=0,033$, BA1 x BA3 e BA1 x BA4; $p<0,0001$), corroborando que o prejuízo no benefício do treino é apenas presente nos pares de combinações que não ocorrem na seqüência.

4. Discussão

Imaginar a ação, como realizado pelo grupo com treino imaginativo na fase de treino, foi eficaz para a melhora do desempenho e, portanto, para a aquisição de conhecimento implícito sobre a tarefa de oposição real de dedos,

como evidenciado no teste (Figura 3-4). Este resultado corrobora resultados anteriores (Helene e Xavier, 2006), mostrando efeito similar para uma tarefa de leitura invertida. Vale ressaltar que este benefício aconteceu no grupo com treino imaginativo envolvendo estímulos auditivos e testado na situação de desempenho real, com estímulos visuais. Isto é, não existe a possibilidade de que esta melhora seja decorrente de uma facilitação da habilidade dos voluntários de parear um estímulo visual e a preparação de uma ação correspondente, ou mesmo de uma maior familiaridade com as características visuais da tarefa. Observou-se também equivalência nas taxas de aquisição proporcionada por imaginar e executar a ação de oposição de dedos (Figura 3-3). Esta equivalência está presente tanto quando os estímulos foram apresentados em uma sequência aleatória quanto em uma sequência repetitiva (Figura 3-3). Além disso, imaginar as oposições em sequência repetitiva traz benefício equivalente a executá-la. Finalmente, ao inspecionar de que forma cada uma das modalidades de treino empregada induziu melhora no desempenho de combinações de pares de oposições, observou-se que os treinamentos imaginativo e real produziam efeitos distintos (Figura 3-5). Isto é, enquanto os voluntários do grupo com treino real parecem se beneficiar da presença de uma sequência repetitiva com a geração de previsões acerca das oposições que se seguiriam mesmo no treino com sequências aleatórias que se seguiu à repetitiva, os voluntários expostos ao treino imaginativo parecem exibir este benefício. Poder-se-ia especular que este último resultado ocorra pela re-alimentação perceptual decorrente da execução da ação *per se*, presente apenas para aqueles que executavam a ação (treino real). Alternativamente, pode-se especular que no grupo com treino imaginativo esse benefício não ocorreu em decorrência da atenção dos voluntários estar focalizada no desempenho imaginativo da tarefa, drenando recursos que seriam utilizados nessa detecção.

De acordo com Shallice (1982), ações aprendidas e automatizadas pelo treinamento extensivo são guiadas por “esquemas” adquiridos por treinamento prévio, disparados por conjuntos de estímulos ou contextos, enquanto durante a execução de ações não treinadas ou mesmo em situações onde há a presença de

informações contextuais conflitantes, haveria a possibilidade de controle de ações através do Sistema Atencional Supervisor (SAS).

O desenho experimental empregado nesse estudo está associado à melhora do desempenho de um esquema previamente existente, de oposição de dedos, em duas condições: (1) durante treinamento com uma seqüência aleatória e (2) durante o treinamento com uma seqüência repetitiva que, por um lado, pode favorecer o desempenho nas seqüências treinadas, mas pode, por outro lado, prejudicar o desempenho em seqüências não treinadas, dada a necessidade de inibir a resposta encadeada previamente na seqüência repetitiva, quando do desempenho de uma seqüência aleatória.

Pode-se postular que a melhora de desempenho observada esteja associada com (1) mobilização de esquemas pré-existentes associados a fazer o movimento de oposição a partir do reconhecimento do número apresentado (na tarefa aleatória) e (2) o desenvolvimento de novos esquemas associados à formação da relação número-movimento, inseridos numa seqüência, aprendida através de combinações de transições (Figura 3-5). De qualquer forma, os resultados são inequívocos quanto à existência de aquisição implícita gerada pelo treinamento imaginativo.

Uma possível restrição à interpretação de que tenha havido de fato aquisição de memória implícita reside na interpretação de que o aprendizado da seqüência esteja associado à memória explícita e não à memória implícita. Desta forma, poder-se-ia supor que a tarefa esteja sendo executada de maneira a se guiar por pistas explícitas, especialmente quando há uma seqüência de estímulos repetitivos. Para testar esta possibilidade perguntou-se aos voluntários, após o final dos testes, se eles eram capazes de desempenhar a tarefa de toques utilizando a seqüência presente. Nenhum dos voluntários foi capaz de executar a seqüência e tão pouco foram capazes de descrever verbalmente qual era a seqüência de movimentos, mostrando que os mesmos não tinham conhecimento declarativo da seqüência. Estes resultados corroboram os achados de diferentes laboratórios que se propuseram a avaliar de que forma se daria a aquisição de

uma seqüência de movimentos (Nissen e Bullemer, 1987; Pascual Leone e col., 1994).

Portanto, o treino imaginativo foi responsável pela aquisição de conhecimento implícito; possivelmente, a imaginação da ação ativaria os sistemas responsáveis pelo desempenho real da mesma e também os sistemas responsáveis pelas regras e expectativas envolvidas no desempenho dessa ação, representando uma “emulação” desses processos, com reflexos na conectividade nervosa dessas estruturas. De acordo com esta interpretação, a melhora de desempenho após o treino imaginativo seria derivada da ativação similar, se não idêntica, do substrato neural ativado durante a execução real da tarefa motora (Eysenck, 1985; di Pellegrino, 1992), resultando em sua alteração associado à geração de padrão de ativação semelhante em relação às expectativas temporais da tarefa (Annet, 1996). Assim, não apenas uma atividade similar estaria ocorrendo, como também a emulação de um grande conjunto de regras e expectativas, que poderiam ser entendidas em conjunto como a emulação da condição de ação real. Muitas das propriedades da imaginação parecem derivar da sua correlação com a atividade nervosa correspondente à realidade. Segundo Kosslyn e Sussman (1995), a imaginação representa um elo entre percepção e ação que constitui um dos componentes do processo de produção de ações adaptativas ao ambiente. Annett e Smith (1988) mostraram que pacientes com a doença de Parkinson são piores para fazer um laço com fita, mas são um pouco melhores para descrever como o mesmo é feito em comparação com o desempenho de pessoas normais. Ou seja, sua imaginação da seqüência parece normal, sugerindo que a disfunção nos gânglios basais não prejudica a evocação das imagens da ação prototípica correta, sugerindo uma dissociação, pelo menos parcial, entre os sistemas envolvidos na imaginação e na produção final de uma ação.

Apesar das evidências mostrando que a imaginação em certa extensão se equivale a situações reais, por exemplo, na capacidade de gerar respostas neurovegetativas (Wang e Morgan, 1992) ou mesmo facilitar o desempenho motor de

uma ação (Yágüez, 1997) ou na aquisição de conhecimento implícito perceptual (Helene e Xavier, 2006) e geração de imagens visuais acuradas (Finke, 1996), ainda não está claro exatamente como se dão estes processos e, principalmente, qual o nível de superposição do substrato neural envolvido no desempenho real e imaginativo. Sabe-se, no entanto, que situações imaginadas estão mais relacionados à excitação hemisférica esquerda e, portanto, relacionadas à aspectos de linguagem (D’Esposito e col., 1997) ou, ao menos, à participação parcial de funções de linguagem.

Não está claro, portanto, a extensão da equivalência funcional entre desempenho real e imaginativo e em que nível os processos aqui tratados como emulatórios chegam, isto é, se durante situações imaginadas ocorre uma real equivalência de atividade do sistema em relação a situações reais. É possível que a “execução imaginativa” corresponda a uma emulação da ação, com identificação de regras acerca do desempenho nestas situações, gerando uma aquisição de pelo menos parte da habilidade motora ou da manipulação cognitiva presente na ação real, envolvendo avaliações acerca da acuidade da ação imaginada. Se isto de fato ocorre, parece bastante razoável que as diferenças entre imaginar e agir tenham se manifestado em relação aos efeitos de repetição (Figura 3-5).

Esse resultado permite especular sobre a necessidade de retro-alimentação sensorial “de baixo-para-cima” para a ocorrência da aquisição implícita, como questionado por Denis (1985) (ver capítulo 1). Roenker (1980) e Kohn e Roenker (1983) mostraram que a melhora do desempenho associada à imaginação motora envolvendo um membro pode ser transferida para o membro contra-lateral. Na verdade, pode-se questionar se de fato houve uma transferência de conhecimentos ou se os processos envolvendo imaginar as ações treinadas seriam similares para ambas as mãos e independentes de lateralidade. Neste sentido, a transferência encontrada seria consequência desta sobreposição dos processos envolvidos na representação da ação, comum a ambas as mãos. Se de fato esta interpretação está correta, posser-se-ia especular que no caso do presente estudo a

ausência de melhora adicional em relação às combinações de movimentos presentes nas seqüências repetitivas e aleatórias do grupo com treino imaginativo, melhora essa que ocorreu no grupo com treino real é derivada da ausência de re-alimentação sensorial ou da drenagem de recursos atencionais durante o treinamento imaginativo. Segundo esta interpretação, a possibilidade de identificação de repetição ao longo da execução dos blocos com seqüência repetitiva estaria relacionada à aferência sensorial presente apenas nos grupos com treino real. No entanto, pode-se questionar se em um protocolo onde houvesse a imaginação pareada a uma ação que envolvesse diferentes ações também não seria capaz de gerar os padrões encontrados para o grupo com treino real (de melhora adicional nas transposições presentes nos blocos com seqüência repetitiva e aleatória e prejuízo naquelas presentes apenas nos blocos com seqüência aleatória).

A capacidade de imaginar, em diferentes pessoas, certamente é diferente. Da mesma forma, a capacidade de gerar imagens sobre tarefas distintas é diferente, uma vez que tarefas distintas impõem um grau maior ou menor de abstração e mesmo envolvem um número diferente de modalidades para tal. Da mesma forma, a capacidade de engajar atenção, uma função executiva, certamente será importante para o processo imaginativo. Não está claro se a ausência de melhora na aquisição de conhecimento implícito por imaginação, descrita em outros estudos, está relacionada à ausência de um investimento, por parte dos voluntários, na efetiva imaginação da ação. No caso do presente estudo o requisito de que o voluntário pressionasse um botão para sinalizar a imaginação de cada ação parece ter sido importante no sentido de garantir tal controle por parte do voluntário no desempenho imaginativo.

Na análise do desempenho dos grupos com treino real e imaginativo durante a fase de treino (Figura 3-3) é notável a melhora do desempenho tanto nos blocos com seqüência aleatória quanto com seqüência repetitiva. As diferenças observadas ao longo do treino são graduais e representam indicadores

seguros da aquisição da habilidade em si. Além disso, essa aquisição expressa-se claramente durante o teste (Figura 3-4).

O desempenho da tarefa pelo grupo com treino imaginativo na condição repetitiva deixa claro não apenas que houve aquisição da tarefa equivalente àquela observada com o treino real, mas também que há um benefício em imaginar os toques apresentados em sequência repetitiva. Isto enfatiza que a tarefa imaginativa de fato gera efeitos equivalentes em relação à tarefa real, do ponto de vista funcional.

A comparação do desempenho apresentado pelos voluntários submetidos ao treino real durante a fase de treino na condição com sequência repetitiva (Figura 3-3) com aquele apresentado pelos voluntários submetidos ao treino imaginativo durante a fase de teste também nos blocos com sequência repetitiva (Figura 3-5), permite afirmar que há uma diferença decorrente não apenas de uma melhora da ação de toques isolados, mas também do benefício da sequência repetitiva. Em outras palavras, durante o teste os sujeitos expostos ao treino imaginativo obtêm desempenhos melhores na condição com sequência repetitiva de maneira equivalente ao apresentado pelo grupo com treino real, apesar de ser o primeiro momento em que estão sendo expostos à execução da ação. Desta forma, pode-se afirmar que o treino imaginativo aqui empregado foi capaz, de fato, de gerar a aquisição de novos esquemas. Por outro lado, o benefício gerado pelo treino imaginativo parece mais extenso; há uma melhora também de esquemas pré-existentes, como é o caso da execução de oposições isoladas, demandados durante as condições de sequência aleatória (Mulder et al., 2003).

Na condição com a apresentação de estímulos em sequência aleatória, treina-se o esquema de resposta à apresentação do número apresentado. Porém, como a sequência é aleatória, não há uma associação específica entre um dado movimento e o próximo (na verdade todos os movimentos são associados com todos, o que reduz a associabilidade de movimentos específicos). Já na condição com sequência repetitiva, além do treinamento envolvendo o número apresentado na tela e resposta específica do dedo; há a associação preferencial de um dado

movimento com o próximo da sequência. Isto pode gerar pelo menos dois efeitos: (1) favorecimento da resposta, pois pode haver uma ativação pré-induzida do próximo movimento no caso da sequência repetitiva ou (2) prejuízo da resposta se o próximo item não tiver sido previamente associado na sequência - neste caso, haverá a necessidade de inibir aquela ativação pré-induzida, para ativar o esquema de um outro dedo, se o número apresentado agora não fizer parte da sequência repetitiva. A análise separada dos tempos de reação envolvendo transições previamente treinadas na sequência repetitiva e dos tempos de reação envolvendo transições não treinadas na sequência repetitiva, em ambos os casos, após o treino repetitivo, mas durante o treino com a sequência aleatória sinaliza nesta direção (Figura 3-5).

Aparentemente os processos emulatórios relacionados ao treino imaginativo diferem dos processos envolvidos na ação real ao menos em um ponto importante: a maneira como se dá a aquisição da habilidade. Enquanto o grupo com treino real parece formar pares de ações que comporiam um “esquema” de ação em si e, desta forma, direcionando a forma irão adquirir a sequência, o grupo com treino imaginativo parece manter-se focado na aquisição da tarefa de oposição simples, exibindo menor benefício em relação as combinações de movimentos repetitivos (Figura 3-4), assim como de não apresentar prejuízo nos pares presentes apenas durante os blocos com sequência (Figura 3-5), diferentemente do grupo com treino real. Alternativamente, poder-se-ia pensar que ao mobilizar atenção durante o treinamento imaginativo para o treino, estes voluntários dispuseram de menos recursos atencionais que seriam necessários para a “identificação” implícita da sequência. Por isso, eles seriam menos beneficiados pela repetição e também menos prejudicados por essas associações. No entanto, questiona-se o papel que a atenção desempenha na aquisição de uma tarefa como esta (e.g., Willingham e col., 1989), parecendo não ser necessária para a aquisição de uma sequência em tarefas como a utilizada neste estudo.

Procedimentos que envolvem treino imaginativo podem ser de grande utilidade na reabilitação de pacientes com incapacidades de ação (para revisão ver Mallouin e col.. 2004), especialmente nas fases de recuperação em leito. Neste sentido, o conhecimento detalhado sobre a forma como se dá este processo pode ser especialmente importante.

Em conclusão, os resultados deste estudo enfatizam não só que há aquisição de habilidades implícitas por treino imaginativo, mas principalmente que este pode se dar pela representação de regras que não estão diretamente presentes na ação e sim na associação de eventos imaginados. Exatamente por esta questão se distingue o treino imaginativo de processos de execução real de uma ação, especialmente no que tange à formação de pares de ações que são mais prováveis de aparecimento que outros, um aspecto importante para guiar estudos futuros acerca das possibilidades e limites presentes no uso de situações de execução emulada por treino imaginativo.

Bibliografia

- ANNET, J. On knowing how to do things: a theory of motor imagery. *Cognitive Brain Research*. v. 3, p. 65-69. 1996.
- ANNET, J.; Smith, R. Motor imagery in Parkinson's disease. In: CORNOLDI, C. (Ed.). *Pre-proceedings of the Second International Workshop on Imagery and Cognition*. 1988. p. 373-388.
- ATKINSON, R. C.; SHIFFRIN, R. M. Human memory: a proposed system and its control processes. In: *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. New-York: Academic Press. 1968. v. 2, p. 89-195.
- ATKINSON, R. C.; SHIFFRIN, R. M. The control of short term memory. *Scientific American*, v. 225, n. 2, p. 82-90, ago 1971.
- BADDELEY, A. D. *Working memory*. New York: Oxford University Press. 1986.
- BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, v.4, p. 417-423. 2000.
- BADDELEY, A. D.; HITCH, G. Working memory. In: BOWER G. A. (Ed.). *The Psychology of Learning and Motivation*. New York: Academic Press. v. 8, p.47-89. 1974.
- BADDELEY, A.D.; WARRINGTON, E.K. Amnesia and the distinction between long-and short- term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. v. 9, p. 176-189. 1970
- BADDELEY, A. D. *Working memory*. New York: Oxford University Press. 1986.
- BADDELEY, A. D. *Working memory*. *Science*. v. 255, p. 556-559, 1992.
- BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, v.4, p. 417-423, 2000.
- BASSO, A.; SPINLER, H.; VALLAR, G.; ZANOBIO, M.E. Left hemisphere damage and selective impairment of auditory-verbal short-term memory: A case study. *Neuropsychologia*, v. 20, p. 263-274, 1982.
- BERMAN, J. Imaging pain in humans. *British Journal of Anaesthesia*, v.75, n. 2, p. 209-216, 1995.
- BERRY, D.C.; BROADBENT, D.E. Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, v. 79, p.251-272, 1988.
- BRASS, M.; HEYES, C. 2005. Imitation: is cognitive neuroscience solving the correspondence problem? *Trends in Cognitive Sciences* v. 9, i. 10, p. 489-495, out. 2005."
- BROADBENT, D. E. *Perception and communication*. London: Pergamon Press. 1958.
- CLARK, L. V. Effect of mental practice on the development of a certain motor skill. *Research Quarterly*, v. 31, p. 560-569, 1960.
- COHEN, A.; IVRY, R. I.; KEELE, S.W. Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* v. 16, p.17-30, 1990.
- COHEN, N.J. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In SQUIRE, L. R.; BUTTERS, N. (Eds.). *The Neuropsychology of Memory*. New York: Guilford Press, p. 83-103, 1984.
- COWEY, C. M.; GREEN, S. The hippocampus: a "working memory" structure? The effect of hippocampal sclerosis on working memory. *Memory*, v. 4, p. 19-30, 1996.
- D'ESPOSITO, M.; DETRE, J. A.; AGUIRRE, G. K.; STALLCUP, M.; ALSOP, D. C.; TIPPET, L. J. e FARAH, M. J. A functional MRI study of mental image generation. *Neuropsychologia*, v. 35, n. 5, p. 725-730, 1997.
- De RENZI, E.; LUCHELLI, F. Developmental dysmnnesia in a poor

- reader. *Brain*, v. 113, n. 5, p. 1337-1345, out. 1990.
- DECETY, J.; KAWASHIMA, R.; GULYAS, B.; ROLAND, P. E. Preparation for reaching: a PET study of the participating structures in the human brain. *Neuroreport*, v. 3, p. 761-764, 1992.
- DECETY, J.; PERANI, D.; JEANNEROD, M.; BETTINARDI, V.; TADARY, B.; WOODS, R.; MAZZIOTTA, J.C.; FAZIO, F. Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature*, v. 371, n. 6498, p. 600-601, out. 1994.
- DECETY, J. Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Cognitive Brain Research*, v.3, p. 87-93, 1996.
- DENIS, M.V. Visual imagery and the use of mental practice in the development of motor skills. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, v.10, p. 45-165, 1985.
- D'ESPOSITO, M.; DETRE, J. A.; ALSOP, D. C.; SHIN, R. K.; ATLAS S.; GROSSMAN, M. The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, v. 378, p. 279-281, 1995.
- DEUTSCH, J.A.; DEUTSCH, D. Attention: some theoretical considerations. *Psychological Review*, v.70, n. 1, p. 80-90, 1963.
- di PELLEGRINO, G., FADIGA, L.; FOGASSI, L.; GALLESE, V.; RIZZOLATTI, G. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, v. 91, p. 176-180, 1992.
- DIENES, Z.; BROADBENT, D.C.; BERRY, D.E. Implicit and explicit knowledge basis in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, v. 17, p. 875-887, 1991.
- DRISKELL, J. E.; COPPER, C.; MORAN, A. Does mental practice enhance performance? *Journal of Sport Psychology* v. 79, p. 481-492, 1994.
- EYSENCK, H. J. A genetic model of anxiety. *Issues in Mental Health Nursing*, v. 7, p. 159-199, 1985.
- FARAH, M. J. Is mental imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychology Review*, v. 95, p. 307-317, 1988.
- FELTZ, D. L.; LANDERS, D.M. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. *Journal of Sport Psychology*, v. 5, p. 25-57, 1983.
- FINKE, R. Imagery, creativity and emergent structure. *Consciousness and cognition*, n. 5, p. 381-393, 1996.
- FUSTER, J.M. Behavioral electrophysiology of the prefrontal cortex. *Trends in Neurosciences*, v. 7, p. 408-414, 1984.
- GADE, A. Imagery as a mnemonic aid in amnesia patients: effects of amnesia subtype and severity. In RIDDOCH, M. J.; HUMPREYS, G. W. (Eds.). *Cognitive Neuropsychology and Cognitive Rehabilitation*, ed. LEA, 1994.
- GALLESE, V.; FADIGA, L.; FOGASSI, L.; RIZZOLATTI, G. Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, v. 119, p. 593-609, 1996.
- GOLDENBERG, G.; HAGMAN, S. The meaning of meaningless gestures: A study of visuoimitative apraxia. *Neuropsychologia*. v. 5, p. 333-341. 1997.
- GOLDENBERG, G.; PODREKA, I.; STEINER, M.; WILLMES, K.; SUESS, E.; DEECKE, L. Regional cerebral blood flow patterns in visual imagery. *Neuropsychologia*, v. 27, p. 641-664, 1989.
- HANAKAWA, T.; IMMISCH, I.; TOMA, K.; DIMIYAN, M. A.; VAN GELDEREN, P.; HALLETT, M. Functional properties of brain areas associated with motor execution and imagery. *Journal of Neurophysiology*, v. 89, n. 2, p. 989-1002, fev. 2003.
- HASHER, N.A.; ZACKS, R.T. Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, v. 108, p. 356-88, 1979.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Building attention from memory. *Revista*

- Brasileira de Psiquiatria, v. 25, p. 12-20, dez. 2003.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. *Neuroscience*, v. 139, n. 1, p. 401-413, abr. 2006.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Building attention from memory. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 25, p. 12-20, dez. 2003.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. *Neuroscience*, v. 139, n. 1, p. 401-413, abr. 2006.
- IACOBONI, M. "Adjusting reaches: feedback mechanisms in the posterior parietal cortex", *Nature Neuroscience*, v. 2, p.492-494, 1999.
- ISHAI, A.; SAGI, D. Common mechanisms of visual imagery and perception. *Science*, v. 268, p. 1772-1774, 1995.
- JACOBSON, E. Electrophysiology of Mental Activities. *American Journal of Psychology*, v. 44, p. 677-694, 1932.
- JEANNEROD, M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral Brain Sciences*, v. 17, p. 187-245, 1994.
- JOHNSON, P. The functional equivalence of imagery and movement. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 34, p. 677-694, 1982.
- JUST, M. A.; CARPENTER, P. A. A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, v.99, n.1, p.122-149, jan. 1992.
- KLEIN, I.; PARADIS, A.L.; POLINE, J.B.; KOSSLYN, S. M.; LE BIHAN, D. Transient activity in the human calcarine cortex during visual-mental imagery: an event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neurosciences*, v.12, supl. 2, p. 15-23, 2000.
- KOHL, R. M.; ROENKER, D. L. Mechanism involvement during skill imagery. *Journal of Motor Behavior*, v.15, p. 179-190, 1983.
- KOSSLYN, S. M.; SUSSMAN, A. L. Roles of imagery in perception: or, there is no such thing as immaculate perception. In: GAZZANIGA, M. (ed.). *The Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MA: MIT Press, p. 1035-1042, 1995.
- KOSSLYN, S. M.; PASCUAL-LEONE, A.; FELICIAN, O.; CAMPOSANO, S.; KEENAN, J. P.; THOMPSON, W. L.; GANIS, G.; SUKEL, K. E.; ALPERT, N. M. The role of area 17 in visual imagery: convergent evidence from PET and rTMS. *Science*, v. 284, p.167-170. 1999.
- KOSSLYN, S. M.; SUKEL, K. E.; BLY, B. M. Squinting with the mind's eye: effects of stimulus resolution on imaginal and perceptual comparisons. *Memory & Cognition*, v. 27, p. 276-287, 1999.
- LAMBERT, S.; SAMPAIO, E.; SCHEIBER, C.; MAUSS, Y. Neural substrates of animal mental imagery: calcarine sulcus and dorsal pathway involvement - an fMRI study. *Brain Research*, v. 924, p. 176-183, 2002.
- LE BIHAN, D.; TURNER, R.; ZEFFIRO, T. A.; CUENOD, C. A.; JEZZARD, P.; BONNEROT, V. Activation of human primary visual cortex during visual recall: a magnetic resonance imaging study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 90, p. 11802-11805, 1993.
- LOTZE, M.; MONTOYA, P.; ERB, M.; HULSMANN, E.; FLOR, H.; KLOSE, U.; BIRBAUMER, N.; GROOM, W. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neurosciences* v. 11, n. 5, p. 491-501, set. 1999.
- MALOUIN, F.; BELLEVILLE, S.; RICHARDS, C. L.; DESROSIERS, J.; DOYON, J. Working memory and mental practice outcomes after stroke. *Archives of physical*

- medicine and rehabilitation, v. 85, p. 177-183, 2004.
- MELLET, E.; TZOURIO, N.; DENIS, M.; MAZOYER, B. A positron emission tomography study of visual and mental spatial exploration. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 7, p. 6504-6512, 1995.
- MELTZOFF, A. N.; MOORE, M. K. Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, v. 198, p. 75-78, 1977.
- MELTZOFF, A. N.; MOORE, M. K. Newborn infants imitate adult facial gestures. *Child Development*, v. 54, p. 702-709, 1983.
- MILLER, G.A. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, p. 63, p. 81-97, 1956.
- MULDER, T.; ZIJLSTRA, S.; ZIJLSTRA, W.; HOCHSTENBACH, J. The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Experimental Brain Research*, v. 154, p. 211-217, 2004.
- NISSEN, M.J.; BULLEMER, P. Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, v. 19, p.1-32, 1987.
- NORMAN, D.A.; SHALLICE, T. Attention to action: willed and automatic control of behavior. San Diego: University of California. 1980.
- PAGE, S. Imagery improves upper extremity motor function in chronic stroke patients: A pilot study. *The Occupational Therapy Journal of Research*, v. 20, p. 200-215, 2000.
- PAGE, S. L.; LEVINE, P.; SISTO, S.; JOHNSON, M. A randomised efficacy and feasibility study of imagery in acute stroke. *Clinical Rehabilitation*, v. 15, p. 233-240, 2001.
- PASCUAL-LEONE A.; GRAFMAN J. e HALLETT M. Modulation of cortical motor output maps during development of implicit and explicit knowledge. *Science*. 1994 Março 4;263(5151): p.1287-9.
- PETRIDES, M.; ALIVISATOS, B.; EVANS, A. C.; MEYER, E. Dissociation of human mid-dorsolateral from posterior dorsolateral frontal cortex in memory processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 90, p. 873-877, 1993.
- POSNER, M. I.; WALKER, J. A.; FRIEDRICH, F. J.; RAFAL, R. D. Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *The Journal of Neuroscience*, v. 4, p. 1863-1874, 1984.
- RIZZOLATTI, G.; FADIGA, L.; GALLESE, V.; FOGASSI, L. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, v.3, n. 2, p. 131-141, 1996.
- ROLAND, P. E.; GULYÁS, B. Visual memory, visual imagery, and visual recognition of large field patterns by the human brain. *Functional anatomy by positron emission tomography. Cerebral Cortex*, v. 5, p. 79-93, 1995.
- ROLAND, P. E. Metabolic measurements of the working frontal cortex in man. *Trends in Neuroscience*, v. 7, p. 430-435, 1984.
- RYLE, G. *The Concept of Mind*. Chicago: The University of Chicago Press. 1949.
- SANDERS, R.E.; GONZALES, E.G.; MURPHY, M.D. Frequency of occurrence and the criteria for automatic processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, v. 13, p. 241-50, 1987.
- SHALLICE, T. Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, v. 298, p. 199-209, 1982.
- SHALLICE, T. *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press, Cambridge. 1988.
- SHALLICE, T.; WARRINGTON, E. K. Independent functioning of verbal memory stores: a neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental*

- Psychology, v. 22, p. 261-273, 1970.
- SHALLICE, T. From neuropsychology to mental structure. Cambridge University Press, Cambridge. 1988.
- SHAW, W.A. The retention of muscular actions potentials to imaginal weight lifting. Archives of Psychology, v. 35, n. 247, 1940.
- SHIFFRIN, R. M.; SCHNEIDER, W. 1977 apud STYLES, E. A. The psychology of attention. Hillsdale: Psychology Press, 1997.
- SQUIRE, L.R.; ZOLA-MORGAN, S. The medial temporal lobe memory system. Science, v. 253, p. 1380-1386, 1991.
- TREISMAN, M. Stimulus-response theory and expectancy. British Journal of Psychology, v. 51, p. 49-60, 1960.
- TULVING, E. How many memory systems are there? American Psychologist, v. 40, p. 385-398, 1985.
- TWINING, W. E. Mental practice and physical practice in learning a motor skill. Research Quarterly, v. 20, p. 432-435, 1949.
- VALLAR, G.; BADDELEY, A. D. Fractionation of working memory: neuropsychological evidence for a phonological short-term store. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, v. 23, p. 151-161, 1984.
- VANDELL, R. A.; DAVIS, R. A.; CLUGSTON, H. A. The function of mental practice in learning in the acquisition of motor skills. Journal of General Psychology, v. 29, p. 243-250, 1943.
- WANG, Y.; MORGAN, W.P. The effect of imagery perspectives on the psychophysiological responses to imagined exercise. Behavioral Brain Research, v. 52, p. 167-174, 1992.
- WARRINGTON, E. K.; SHALLICE, T. The selective impairment of auditory verbal short-term memory. Brain, v. 92, p. 885-896, 1969.
- WARRINGTON, E. K. Neurological disorders of memory. British Medical Bulletin, v. 27, p. 243-247, 1971.
- YÁGÜEZ, L; NAGEL, D; HOFFMAN, H; CANAVAN, A G M; WIST, E; HÖMBERG, V. A mental route to motor learning: improving trajectorial kinematics through imagery training. Behavioural Brain Research, v. 90, p. 95-106, .1998.

Capítulo IV. Experimento 2 - Transferência de conhecimento implícito como modelo para investigar especificidade e generalização da informação arquivada na memória humana

1. Introdução

A idéia de que memória não é uma entidade única remonta ao século 19 (ver capítulo 1). No entanto, a concepção de como ela estaria organizada sofreu grandes alterações desde que Scoville e Milner (1957) descreveram o caso do paciente H.M., que sofreu remoção bilateral de porções do lobo temporal medial incluindo parte do hipocampo. Soube-se, então, que estas estruturas têm um papel decisivo na aquisição de certos tipos de informação, abrindo todo um leque de novas perspectivas de estudo. A partir deste primeiro relato ficou claro que estas estruturas nervosas não estavam relacionadas à aquisição de todos os tipos de informação, restringindo-se ao que foi posteriormente denominado “memória declarativa”.

Diferentes trabalhos envolvendo tanto experimentação animal como estudos com pacientes influenciaram de maneira definitiva o entendimento de como as memórias estariam organizadas no sistema nervoso. Primeiramente, no início da década de 80, McCormick e col. (1982) mostraram que o cerebelo é estrutura fundamental para o condicionamento da resposta de piscar com atraso, tarefa que animais com lesão hipocampal (Schmaltz e Theios, 1972) e pacientes amnésicos (Clark e Squire, 1998) conseguem desempenhar normalmente. Estas evidências se somaram a um conjunto de outras que mostravam a ocorrência de uma dupla dissociação entre lesões realizadas no fórnix e no caudado, em tarefas desenhadas para avaliar memória declarativa e formação de hábitos (Cohen, 1984, Packard e col., 1989). Este mesmo tipo de dissociação foi descrito posteriormente por Knowlton e col. (1996) em pacientes amnésicos e com a doença de Parkinson.

Atualmente, a concepção de que memória de longa duração pode ser fracionada em diferentes subtipos é amplamente aceita (Nadel, 1994, Baddeley, 1997, Gold, 2004, Squire, 2004). Assim, admite-se que existam diferentes sistemas de memória, distinguíveis (1) pelos sistemas neurais subjacentes, (2) pelas regras de aquisição do conhecimento - podendo, em alguns casos, haver aquisição após uma única tentativa (para memórias denominadas declarativas) sendo que, em outros casos, a aquisição se dá de forma gradual por treinamento repetitivo (para memórias implícitas), (3) pelos mecanismos envolvidos na manutenção das informações, e (4) pela maneira como o conhecimento é manifesto, seja como relato verbal dos conteúdos – para memórias declarativas - ou pelo desempenho habilidoso de determinada tarefa, quando de memórias implícitas (para revisão ver Xavier, 1993; 1996).

A manutenção duradoura de informações, por prolongados períodos de tempo, envolveria a Memória de Longa Duração que vem sendo subdividida em memória explícita e memória implícita. Esses dois módulos da memória de longa duração (explícita e implícita) são usualmente considerados completamente independentes entre si, embora cooperem, em uma pessoa saudável.

A evidência mais robusta para justificar essa noção advém exatamente dos estudos de dupla dissociação envolvendo pacientes neurológicos, mostrando que danos em estruturas do lobo temporal medial interferem no funcionamento da memória explícita, deixando intacta a memória implícita, e, ao contrário, danos nos gânglios basais (e outras estruturas) interferem no funcionamento da memória implícita, deixando intacta a memória explícita,

Baseado nessas características principais, usualmente utilizadas para a distinguir entre os sistemas de memória (substrato subjacente, características da aquisição, manutenção e manifestação), e principalmente na existência de estruturas especializadas para o gerenciamento da aquisição de memórias de natureza declarativa, mas não para sua evocação, chegou-se ao entendimento de que memórias explícitas têm um caráter especial que as memórias implícitas não compartilham.

Baseados em observações similares, diferentes autores (e.g., Cohen, 1985; Cohen e Eichembaum, 1991; Squire, 1985; Eichembaum e Otto, 1992) propuseram que o hipocampo teria papel decisivo na aquisição de memórias declarativas, mas não na aquisição de memórias implícitas. Memória declarativa seria, assim, responsável pelo arquivamento de conhecimento factual e de eventos derivados de experiências autobiográficas. Ela arquivaria os resultados do processamento de informações oriundas de áreas neocorticais e límbicas, com a participação do sistema hipocampal. Sendo assim, memória declarativa seria representada de forma a permitir o processamento e arquivamento de comparações entre eventos e entre itens dos eventos aprendidos. Esta característica conferiria flexibilidade no uso dessas informações tanto para novos fatos quanto para novos eventos.

A manutenção temporária de informações, por períodos de tempo relativamente curtos, enquanto a informação é útil, envolve a Memória Operacional (Baddeley, 1986, Baddeley, 2000) que seria constituída por diversos subcomponentes. De acordo com o modelo inicial de Baddeley e Hitch (1974), memória operacional compreenderia uma central executiva auxiliada por dois sistemas de suporte responsáveis pelo arquivamento temporário e manipulação de informações, um de natureza visuo-espacial e outro de natureza fonológica. Posteriormente, para lidar com a associação entre as informações mantidas nos sistemas de suporte e promover sua integração com informações da memória de longa duração, Baddeley (2000) inseriu um quarto componente no modelo, denominado retentor episódico, que corresponderia a um sistema de capacidade limitada no qual a informação evocada da memória de longa duração tornar-se-ia consciente.

1.1 Dissociação de propriedades dos sistemas de memória implícita e explícita

São descritos dois grandes sistemas de memória de longa duração, um de natureza explícita e outro de natureza implícita (Squire e Zola-Morgan, 1991).

Segundo Schacter e col. (1993) “*memória explícita refere-se à possibilidade de retenção e recordação de aspectos intencionais ou conscientes*” (p.159). Um exemplo típico do funcionamento desse sistema envolve a exposição de figuras e sua posterior recordação. “*Já memória implícita refere-se à facilitação ou alteração do desempenho em um teste e é atribuída a informações ou habilidades adquiridas durante treino prévio repetitivo apesar dos sujeitos não serem capazes, de se recordarem do momento do treino per se* (p.160)” (Schacter e col., 1993). Evidências da existência de sistemas de memória distintos vem sendo fundamentadas não apenas em estudos envolvendo lesão ou dissociação. Sistemas de memória distintos vem sendo diferenciados com base em múltiplos critérios.

Diferentes tarefas podem ser executadas normalmente por pacientes amnésicos apesar de sua incapacidade para lembrarem-se do evento do treino. A informação/habilidade adquirida parece ser independente do conhecimento sobre o evento em que foi adquirido. Uma segunda propriedade útil para distinção entre memória declarativa e implícita se refere à flexibilidade do conhecimento adquirido. “*Memórias declarativas são consideradas conhecimentos passíveis de se expressarem com flexibilidade, fazendo com que possam ser utilizados em contextos diferentes daquele em que foi originalmente adquirido. Memória implícita, por sua vez, é considerada como mais diretamente relacionada à situação de aprendizado original e menos acessível a outros sistemas*” (Reber e col., 1996).

Como consequência desta natureza flexível, derivada de sua condição representacional (Schacter, 1994), memórias declarativas poderiam ser lembradas por meio da ativação dos circuitos neurais associados, sem a necessidade de mobilizar diretamente os sistemas envolvidos na aquisição inicial. Diferentemente, concebe-se que memórias implícitas estariam diretamente relacionadas à ativação das vias envolvidas na própria execução da tarefa e assim não seriam de uso flexível, isto é, não seriam prontamente aplicáveis a novos contextos.

Uma das evidências mais fortes, relacionada à inflexibilidade de conhecimentos implícitos advém da observação de pacientes amnésicos. O argumento é bastante simples e robusto. Pacientes amnésicos têm um profundo prejuízo em tarefas de memória explícita. Assim, tarefas que estes podem aprender são basicamente tarefas de memória implícita. Nesse sentido, Reber e col. (1996) realizaram um experimento envolvendo pacientes amnésicos, que se propôs a avaliar a existência de flexibilidade no uso de conhecimento implícito. O desempenho de um grupo de pacientes amnésicos foi estudado em tarefas que demandavam a associação probabilística de pistas com estímulos. Quatro cartões indicavam possíveis condições climáticas de chuva, com probabilidades diferentes (86%, 60%, 40% e 14%) de acerto. Após uma fase de treinamento de 50 tentativas, os participantes foram argüídos quanto a probabilidade da condição climática indicada por cada cartão. Após esta tarefa passaram por uma fase em que deviam indicar uma probabilidade teórica que seria indicada por uma dupla de cartões combinados entre si. Em uma terceira condição os participantes tinham que escolher um cartão que deveria indicar uma determinada probabilidade de chuva dada, flexibilizando o uso do conhecimento adquirido para uma nova tarefa. Os pacientes amnésicos apresentaram desempenho similar ao dos controle nos dois primeiros testes e desempenho pior na tarefa que requeria flexibilização no uso das informações.

Para avaliar se o desempenho não havia sido induzido pela objetividade das respostas demandadas, foi inserida uma nova fase onde os voluntários tinham seus desempenhos avaliados em testes que exigiam respostas mais ou menos diretas, tentando indicar qual a dependência disto com a flexibilidade. Os resultados se repetiram, confirmando as evidências da inflexibilidade observada anteriormente.

Vale ressaltar que em nenhum momento Reber e col. (1996) consideraram que a tarefa utilizada demandasse tanto habilidades de natureza implícita quando explícita para sua execução, como parece ser o caso em outros estudos (e.g., Nissen e Bullemer, 1988). Aparentemente, uma tarefa pode ser adquirida

normalmente por processos exclusivamente implícitos, mas por ser passível de execução sob monitoramento declarativo, torna-se flexível. Esta interpretação permite explicar os resultados de Reber e col. (1996).

A linha de raciocínio que defende a inflexibilidade de memórias de natureza implícita nos leva à concepção de um processamento dedicado de informações desta natureza pelo sistema nervoso central.

Porém, essa admitida inflexibilidade parece contrariar a noção de adaptabilidade do comportamento, isto é, a idéia de que um indivíduo que aprendeu determinado conhecimento possa aplicá-lo a um novo contexto, uma vez que situações idênticas são quase inexistentes na natureza.

Nadel (1994) questiona a noção de inflexibilidade das memórias implícitas; segundo ele “simplesmente não pode ser aceito que qualquer memória implícita é restrita ao estímulo e ao contexto no qual foi adquirido ... Aceitando-se que este erro é tão trivialmente incorreto deve-se aceitar que os autores tinham algo mais em mente a este respeito” (Nadel, 1994, p. 53).

Assim, cabe aqui ressaltar alguns aspectos sobre tal “*erro tão trivialmente incorreto*”. As teorias sobre aprendizagem receberam uma forte influência da noção vigente no início do século XX de que a abordagem deveria ser maximamente objetiva (o que mais tarde levou ao behaviorismo) (ver Xavier, 1982), em contraposição a abordagens que admitiam intencionalidade, antecipação ou memória na determinação do comportamento (noção que era vista como subjetiva “*por não ser passível de uma abordagem experimental*”). Deriva daí que os modelos desenvolvidos para explicar aprendizagem envolveram noções associacionistas, que pareciam mais passíveis de abordagem experimental. Esses modelos continuam a influenciar nossa visão sobre aprendizagem até hoje. Porém, esses conceitos (memória, emoção, antecipação, atenção e intencionalidade) são tratáveis atualmente. Assim, parece possível desenvolver modelos para o funcionamento do sistema nervoso central que os incluam.

Nesse sentido, o treino repetitivo ofereceria múltiplas oportunidades para desempenhar ações e analisar suas consequências. Com base no banco de dados criado através desse treino, seria possível antecipar (com base na “memória implícita” sobre regularidades passadas) o que ocorrerá. Daí a ação passa a ser intencional, isto é, com vistas a um objetivo, não importando se esse objetivo foi ou não previamente treinado. Quanto maior o treino prévio do sistema maior a precisão da previsão e, portanto, do desempenho da nova ação, nunca praticada antes.

Por possibilitar gerar previsões claras (quanto maior o treino numa diversidade de tarefas, em contraposição a muito treino em uma única tarefa, melhor o desempenho numa tarefa nova), o modelo possibilita sua própria avaliação experimental. Também, pode-se idealizar situações de treino que enviessem a previsão num certo sentido de modo que o desempenho dos sujeitos na nova tarefa fica enviesado por esse treinamento inicial.

O presente trabalho examina a hipótese de que há flexibilidade no uso de memórias implícitas. Partimos do pressuposto de que essa flexibilidade do sistema implícito estaria representada de forma probabilística envolvendo a conectividade do próprio sistema, moldada gradualmente ao longo do treinamento repetitivo, se expressando pela ativação probabilística de partes do sistema ao invés de vias exclusivas e dedicadas de ativação. Esse arranjo facultaria a emissão de respostas rápidas (e probabilísticas) às novas demandas ambientais. Esse modelo sobre o funcionamento da memória implícita permite explicar uma diversidade de fenômenos descritos na literatura da área de neurociências, entre eles o completamento perceptual e grande parte das ilusões visuais (ver Campos, Santos e Xavier, 1997), que de outra forma são difíceis de explicar.

Esta análise da extensão da transferência de conhecimento implícito por meio de testes de transferência de treino visa aprofundar o conhecimento sobre processos de memória, e gerar novas concepções acerca de seu funcionamento. Questiona-se a crença na inflexibilidade do uso dos conteúdos da memória

implícita, aspecto que parece fundamental para a própria definição e sobrevivência deste conceito de memória (Eichenbaum e col.; 1992, Nadel, 1994).***

2. Material e Métodos

2.1 Voluntários

Sessenta e seis voluntários participaram do experimento, sendo 35 mulheres e 31 homens, com idades entre 19 e 35 anos, todos alunos de graduação e pós-graduação da Universidade de São Paulo, pessoas com hábitos de leitura freqüente e sem experiência prévia na tarefa utilizada. Foi realizada uma anamnese, visando analisar o histórico de saúde desses voluntários; aqueles cujo histórico revelou a ocorrência de doenças neurológicas ou psiquiátricas não foram tiveram seus resultados inseridos no estudo (estudo realizado sob a avaliação do médico Edson Antonio Tanhoffer CRM:101040). Os estudantes foram informados dos procedimentos e consentiram livremente na participação. Os procedimentos utilizados foram aprovados previamente pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto de Ciências Biomédicas da USP (Anexo 5).

2.2 Coleta de dados

Os experimentos foram realizados em uma sala com temperatura e luminosidade controladas; os voluntários sentavam confortavelmente em frente ao monitor de um computador (aproximadamente 60 cm de distância entre os olhos e o monitor) onde apareceria cada um dos estímulos (ver adiante). O voluntário deveria lê-lo o mais prontamente possível. O tempo desde o momento do aparecimento do estímulo até sua leitura correta foi registrado e tomado como desempenho na leitura. A precisão das medidas era de 1 ms.

Para controle das apresentações e para medir os tempos de leitura foi utilizado um programa criado para a plataforma de programação MEL (Micro Eletronic Laboratory) versão 2.01.

Os estímulos consistiram de palavras, números e não-palavras (ver adiante), todos escritos com letra de fôrma minúscula (no estilo times new roman), com 3x4 cm.

2.3 Arranjo experimental

O arranjo experimental geral foi planejado de modo a se testar se há transferência de treino de uma determinada condição para outras cujas demandas seriam distintas; i.e., avaliou-se se há transferência de treino da habilidade de leitura invertida para novos tipos de inversão não experimentadas pelos voluntários previamente. Duas fases experimentais foram realizadas: uma fase de treino com 100 estímulos, seguida de uma fase de teste, com 60 estímulos. Enquanto os estímulos utilizados durante a fase de treino variaram para cada um dos onze grupos incluídos neste estudo (ver adiante), durante o teste de leitura apenas estímulos específicos e fixos foram utilizados. Os estímulos empregados no treino abarcaram variações do gênero do estímulo (palavras, não-palavras e números) assim como da forma de apresentação dos mesmos (corretamente apresentados, invertidos com transposição por rotação “em torno do eixo y”, invertidos com transposição por rotação “em torno do eixo z”, e transposição por rotação “em torno do eixo x” Figuras 4-1a, 4-1b e 4-1c). Já durante o teste apenas não-palavras apresentadas com transposição por rotação “em torno do eixo x” foram utilizadas (Figura 4-1).

Figura 4-1. Esquema das diferentes formas de apresentação dos estímulos, considerando o tipo de rotação realizado: (a) apresentações rotacionadas no eixo y, (b) apresentações rotacionadas no eixo z e, (c) apresentações rotacionadas no eixo x.

A utilização de diferentes tipos de treino e posterior avaliação em um único teste visa oferecer, por um lado, informações sobre se diferentes tipos de treino são passíveis de transferência, possibilitando várias análises envolvendo a possível flexibilização da habilidade para a execução de uma tarefa distinta da treinada. Por outro lado, a utilização de um único tipo de teste visou possibilitar a comparação da extensão da transferência proporcionada por cada condição de treino.

2.4 Estímulos utilizados durante as fases de treino e teste

Variações de gênero dos estímulos utilizados

Cada lista utilizada (de palavras, não-palavras ou números) teve sua sequência de apresentações aleatorizada para cada voluntário, mas contendo, para todos os voluntários de todos os grupos, exatamente os mesmos estímulos, embora “rotacionadas” de forma específica.

Palavras

Nas fases de treino foram utilizadas exclusivamente palavras da língua portuguesa, de uso frequente no Brasil, extraídas de Sardinha (2000). Cada palavras constituídas de 5 a 12 caracteres cada.

Números

Na fase de treino foram utilizados números. A utilização de números visou expor os voluntários ao treino com símbolos que possuem uma forma diferente de organização conjunta, que não a silábica. Neste sentido, foram utilizados números com cinco a dez caracteres, estímulos variáveis que obrigaram os voluntários a realizarem uma leitura total do número de dígitos presentes, para que então pudessem expressar sua identificação.

Não-palavras

As não-palavras utilizadas foram criadas de acordo com estratégia já adotada anteriormente em nosso laboratório (Helene, 2000; Helene e Xavier, 2006). Estas eram constituídas de 5 a 14 caracteres agrupados de acordo com as sílabas das palavras utilizadas no treino, sempre respeitando as regras silábicas da Língua Portuguesa.

As não-palavras foram utilizadas nos testes de leitura invertida, para todos os grupos, unicamente durante a fase de teste, com exceção do grupo treinado com utilização de não-palavras transpostas por rotação “em torno do eixo x” (condição três de treino - ver adiante) que as utilizaram também nos momentos de treino. Esse procedimento foi adotado, pois a leitura de não-palavras, ao forçar uma leitura silábica possibilita uma melhor avaliação do desempenho dos voluntários, uma vez que impede a leitura global que seria possível no caso do uso de palavras. Isto é, a necessidade de leitura letra a letra para a formação de sílabas que só então podem ser agrupadas para a formação da palavra permite caracterizar melhor a capacidade de leitura dos voluntários. Em outras palavras, esse procedimento inviabiliza a estratégia comum em leitores fluentes, de reconhecer as palavras pelo seu aspecto visual geral para confronto mental automático com as palavras já conhecidas, obrigando a leitura de cada sílaba e letra, que é exatamente a tarefa que pretendemos avaliar aqui.

Variações de forma de apresentação dos estímulos utilizados

As quatro diferentes formas de apresentação dos estímulos, durante os procedimentos de treino e teste para os diferentes grupos estão representadas na Figura 4-1 (a figura traz apenas palavras como exemplo, mas as rotações

representadas refletem também as apresentações dos números – Figura 4-1). É importante ressaltar que todas as apresentações, apesar de terem suas diagramações dadas por rotações descritas a partir de um ponto de coordenadas x, y e z apresentam alterações, de sua forma, totalmente distintas entre si.

Estímulos apresentados como usualmente

As letras e números foram apresentados da forma usual, de modo a serem lidos da esquerda para a direita sem qualquer alteração por transposição quer rebatida quer espelhada, tanto de sua forma geral quanto de cada um dos seus componentes. Esta forma de apresentação corresponderá ao grupo controle negativo (ver adiante), uma vez que os voluntários não foram expostos a qualquer treinamento de leitura invertida. Isto é, ao serem expostos a uma situação de exposição às condições de teste, puderam familiarizar-se com os equipamentos e demais condições do teste, sem no entanto serem treinados a ler letras e números expostos após rotação.

Estímulos transpostos por rotação “em torno do eixo y”

Os estímulos foram apresentados como se refletidos em um espelho. Este procedimento de apresentação foi adaptado de trabalho realizado anteriormente no laboratório (Helene, 2000; Helene e Xavier, 2006). Assim, nesta condição de apresentação os estímulos foram apresentados após sua rotação “em torno do eixo y” (Figura 4-1.a), sem quaisquer alterações adicionais.

Estímulos transpostos por rotação “em torno do eixo z”

Os estímulos foram apresentados como se apresentados de “cabeça para baixo”, devendo sua leitura ser feita da direita para a esquerda (Figura 4-1.b).

Estímulos transpostos por rotação “em torno do eixo x”

Como pode ser observado na Figura 4-1.c, esta manipulação consiste em rotacionar os estímulos de modo que estes devem ser lidos da esquerda para a direita, porém ele insere alterações que se mostraram as mais impactantes para os tempos de leitura, de acordo com experimentos preliminares realizados (Anexo 4). Foram utilizados durante o teste, envolvendo não-palavras construídas de

acordo com as regras da língua portuguesa, para todos os grupos. Este tipo de rotação foi utilizado para todos os grupos somente no momento de teste, exceto pelo grupo controle positivo (ver adiante) que foi exposto a este tipo de rotação durante o treino.

2.5 Constituição dos grupos

Os voluntários foram incluídos em 11 grupos experimentais de modo a se constituírem grupos homogêneos e equivalentes em termos de idade, sexo e dominância manual, uma vez que o desempenho de canhotos neste tipo de teste usualmente difere do de sujeitos destros (Tankle, 1982). Além dos grupos controle (positivo e negativo), houve grupos com variações de condição experimental com diferentes variações de treino. Assim, foram inseridos grupos com apenas um tipo de estímulo (palavras **ou** números) e com dois tipos de estímulo (Palavras **e** números), cada uma destas condições teve variações na forma de apresentação, podendo ter uma rotação (“eixo z” **ou** “eixo y”) ou duas rotações (“eixo z” **e** “eixo y”), ver Tabela 4-1.

Grupos controle

CONTROLE SEM TREINO - NEGATIVO (CN): sem treino prévio de leitura envolvendo rotações

Este grupo sem treino prévio de leitura com estímulos rotacionados constituiu-se no grupo controle negativo de aquisição da habilidade, ou seja, sem qualquer tipo de treinamento. Durante todo o processo de treino ele deveria ler palavras escritas usualmente no monitor do computador. Seu desempenho durante a sessão de teste reflete a ausência de treino com leitura de texto invertido, representando, portanto, o nível de desempenho esperado caso os tratamentos experimentais não resultem em qualquer benefício para os voluntários no desempenho das habilidades avaliadas durante o teste.

CONTROLE COM TREINO NA TAREFA DE LEITURA DE NÃO-PALAVRAS COM ROTAÇÃO DO EIXO “X” - POSITIVO (CP): exposto ao treino de leitura de não-palavras transpostas por rotação “em torno do eixo x”

Neste grupo foram utilizadas, durante a fase de treino, não-palavras transpostas por rotação “em torno do eixo x” (Figura 4-1.c). No mais o mesmo arranjo experimental básico de todos os grupos foi utilizado. A utilização de não-palavras transpostas por rotação “em torno do eixo x”, visa avaliar o desempenho máximo possível de ser atingido considerando a quantidade de treino proposto. Assim, este grupo apresenta uma referência de desempenho “máximo” após o treinamento visando comparar os benefícios preconizados pelos diferentes tipos de treinamento e avaliar qual a extensão da melhora de desempenho produzida por cada tratamento em questão.

Grupos com treino envolvendo apenas um tipo de estímulo rotacionado

Cada um dos voluntários foi exposto ao treinamento com cem estímulos. Os participantes de cada um dos subgrupos com treino envolvendo apenas um tipo de rotação dos estímulos, sejam estes estes números ou palavras. Tem-se, assim, quatro grupos:

Grupo com apresentação de palavras rotacionadas “em torno do eixo z” - PZ;

Grupo com apresentação de palavras rotacionadas “em torno do eixo y” - PY;

Grupo com apresentação de números rotacionados “em torno do eixo z” - NZ; e

Grupo com apresentação de números rotacionados “em torno do eixo y” - NY,

Grupos com treino envolvendo combinações de estímulos rotacionados

Os voluntários destes grupos foram submetidos ao treino de leitura com combinações de estímulos rotacionados de modos distintos, incluindo palavras e números. Foram constituídos cinco subgrupos submetidos ao treino de leitura envolvendo diferentes estímulos e rotações. Vale ressaltar que as apresentações desses estímulos foram aleatórias ao longo do treino.

Grupo treinado com palavras rotacionadas “em torno do eixo y” e palavras rotacionadas “em torno do eixo z” - PZY;

Grupo treinado com apresentação de números rotacionados “em torno do eixo y” e números rotacionados “em torno do eixo z” - NZY;

Grupo treinado com apresentação de palavras rotacionadas “em torno do eixo y” e números rotacionados “em torno do eixo y” - PNY;

Grupo treinado com apresentação de palavras rotacionadas “em torno do eixo z” e números rotacionados “em torno do eixo z” - NZY; e

Grupo treinado com apresentação de palavras rotacionadas “em torno do eixo y” e do “eixo z” e números rotacionados “em torno do eixo y” e “em torno do eixo z” – PNZY.

Tabela 4-1. Grupos experimentais

		TREINO (100 estímulos)			TESTE (60 estímulos)
		Número de		Descrição	
	Sigla	estímulos	rotações		
Controle	CP	1	0	Somente palavras usualmente escritas	Não-palavras com rotação do eixo “x”
	CN	1	1	Somente não-palavras com rotação do eixo “x”	
Treino com um tipo de estimulação	PZ	1	1	Palavras com rotação “z”	
	PY	1	1	Palavras com rotação “y”	
	NZ	1	1	Números com rotação “y”	
	NY	1	1	Números com rotação “y”	
Treino com diferentes tipos de estimulação	PZY	1	2	Palavras com rotação “y” e “z”	
	NZY	1	2	Números com rotação “y” e “z”	
	PNY	2	1	Palavras e números com rotação “y”	
	PNZ	2	1	Palavras e números com rotação “z”	
	PNZY	2	2	Palavras e Números com rotação “y” e “z”	

2.6 Análise dos dados

Os dados são expressos como médias das médias corrigidas (ver abaixo) ($\pm$ E.P.M.) dos valores obtidos como tempos de leitura organizados em blocos de 10 estímulos (tanto para o treino quanto para o teste). É importante ressaltar que embora expressos como tempo total de leitura dos estímulos, os escores apresentados correspondem a esse parâmetro corrigido de acordo com o número de caracteres de cada estímulo utilizado, de maneira a diminuir a variabilidade que o uso de tempos de leitura de palavras com números de caracteres distintos

geraria, pelo fato de terem sido usados estímulos com diferentes números de caracteres (de 5 a 12 caracteres cada).

O tempo de leitura por caractere (tempo corrigido) foi calculado utilizando a equação da curva de correlação entre os tempos de leitura de cada palavra e o número de caracteres de cada uma delas, para todos os grupos durante o experimento (com exceção dos grupos controle). Assim, equação que descreve a curva de correlação encontrada para o tempo (milissegundos) X número de caracteres, e chamada aqui de tempo “esperado” (TE) foi:

$$TE = 996 \times L - 1300, \text{ onde } L \text{ é o número de caracteres.}$$

Assim, os escores apresentados na ordenada das Figuras, denominado tempo corrigido, foi calculado como se segue:

$TG / TE = TG / (996 \times L - 1300)$, onde TC é o tempo gasto para leitura de cada não-palavra e L o número de caracteres da mesma.

Os resultados foram comparados utilizando-se análises de variância para amostras repetidas (ANOVA). Quando necessários testes post-hoc de comparações múltiplas foram empregados, tendo sido utilizado o teste de diferenças significantes de Tukey.

Para as análises de desempenho durante o treino foram incluídos os tempos de leitura corrigidos de todos os voluntários, de todos os grupos. Os resultados foram expressos como a média do tempo de leitura por caracteres divididos em blocos de 10 estímulos, num total de dez blocos. Foram considerados dados fora do padrão da amostra e, conseqüentemente, excluídos da análise aqueles que diferiam da média em três ou mais desvios padrão, para mais ou para menos, de maneira a evitar vieses gerados por esse tipo de resultado extremo que não expressaria de maneira clara o desempenho da tarefa em si, mas estivessem relacionados com outros aspectos de pouco interesse do experimento, como interrupção na execução do experimento ou ainda outros fatores. Este procedimento foi utilizado para analisar os resultados de cada voluntário individualmente e em cada um dos dez blocos do treino; foram excluídos ao todo

21 escores do conjunto de 660 escores. Todos os escores retirados foram completados com a média do tempo de leitura encontrada para o voluntário naquele bloco em que houve a exclusão.

3. Resultados

3.1 Treino

Para as comparações estatísticas, utilizou-se uma análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) considerando-se GRUPO como fator entre-sujeitos e BLOCO (de 10 estímulos) e TENTATIVA (representando cada uma das dez tentativas de cada bloco) como fatores intra-sujeitos.

Os resultados de tempo de leitura corrigidos, durante as sessões de treino, dos grupos controle negativo e controle positivo são apresentadas na Figura 4-2.a, os resultados correspondentes dos grupos PZY, NZY, PNY, PNZ e PNZY são apresentados na Figura 4-2.b e os resultados correspondentes dos grupos PY, PZ, NY e NZ são apresentados na Figura 4-2.c. Embora tenham sido apresentados em Figuras diferentes, para facilitar a visualização, os resultados foram incluídos numa única ANOVA.

A ANOVA revelou a existência de diferenças significantes em relação aos fatores GRUPO ($F_{10,55}=7,2$, $p<0,0001$), BLOCO ($F_{9,495}=3,84$, $p=0,0001$), e efeitos próximos da significância para o fator TENTATIVA ($F_{9,495}=1,89$, $p=0,0512$). Adicionalmente, a ANOVA revelou efeitos significantes para a interação entre os fatores GRUPO X BLOCO ($F_{90,495}=1,63$, $p=0,0070$) e BLOCO X TENTATIVA ($F_{81,4455}=1,47$, $p=0,0042$), mas não em relação aos fatores GRUPO X TENTATIVA ($F_{90,495}=1,00$, $p=0,4804$) e GRUPO X BLOCO X TENTATIVA ($F_{810,4455}=0,97$, $p=0,7086$).

Testes de comparações múltiplas, por meio do teste de Tukey, permitiram identificar diferenças associadas às diferentes variáveis de interesse do experimento. Por exemplo, a comparação do desempenho dos grupos CP

(controle positivo, i.e., sujeito ao treinamento de leitura de não-palavras rotacionadas pelo eixo “x”) e CN (controle negativo, i.e., sujeito ao treinamento de leitura de palavras apresentadas como usualmente, ou seja, sem qualquer rotação), permitiu avaliar se as tarefas utilizadas eram distintas em termos do tempo de treinamento e esforço exigido. A Figura 4-2a mostra, o desempenho apresentado pelos grupos CN e CP e sua marcada diferença ($p < 0,0001$, teste de diferenças de Tukey).

Figura 4-2. Tempos de leitura corrigidos nos dez blocos de dez tentativas cada durante o treino: **A.** Mostrando apenas os resultados dos grupos controle positivo (CP) e controle negativo (CN); **B.** Mostrando os resultados dos grupos PY, PZ, NY e NZ, comparados aos grupos CP e CN; e, **C.** Mostrando os resultados dos grupos PZY, NZY, PNY, PNZ e PNZY, comparados aos grupos CP e CN. Embora os grupos CN e CP tenham sido incluídos em todas as 3 figuras, na análise estatística eles foram incluídos apenas uma vez, tendo aqui papel puramente representacional.

O teste de Tukey revelou a existência de diferenças significantes entre todos os grupos incluídos neste experimento quando comparados ao grupo CN (para $p < 0,05$). Isso expressa a grande diferença, inclusive qualitativa, existente entre os grupos com leituras de não-palavras com rotação no eixo “x” e o grupo controle negativo, sujeito à leitura apenas de estímulos normalmente apresentados.

Diferenças qualitativas podem ser observadas entre o desempenho apresentado pelos grupos onde há treino de leitura transposta com apenas um tipo de estímulo e uma única rotação possível e grupos com treinamento variante,

aqueles onde há treino de leitura transposta com tipos diversos de estímulos combinados. Depende-se daí a noção que de fato haja tarefas qualitativamente distintas quando consideramos a necessidade de, antes de cada leitura, observar qual o tipo de leitura que se irá realizar (em grupos com mais de um rotacionamento possível) ou de com qual tipo de estímulo se está tratando (em grupo com palavras ou números aleatoriamente, ou mesmo de ambos).

Assim, foi realizada uma análise geral incluindo os resultados de todos os grupos, separados pelos tipos de treino, i.e., se com um tipo de estimulação ou se com diferentes tipos de estimulação, independentemente da natureza das rotações que esse estímulos sofreram. Em outras palavras, uma análise de comparações múltiplas, comparando o desempenho dos grupos CP e CN com a média do conjunto de grupos com treinamento envolvendo apenas um tipo de estimulação (grupos PY, PZ, NZ e NY) e com a média do conjunto de grupos com treinamento envolvendo diferentes tipos de estimulação (grupos PNY, PNZ, NZY, PZY e PNZY) revelou diferenças significantes entre todos os grupos e o grupo CN (para $p < 0,05$). Também foram observadas diferenças significativas entre o conjunto dos grupos com treinamento envolvendo apenas um tipo de estimulação e o grupo CP ($p = 0,0019$) e o conjunto de grupos com treinamento envolvendo diferentes tipos de estimulação ($p = 0,0431$). Interessantemente, não houve diferenças significantes entre este último conjunto de grupos e o grupo CP ($p = 0,1264$). A existência destas diferenças parece indicar que o aumento no número de tipos de estímulos a que o voluntário é exposto aumenta o nível de dificuldade da tarefa, consumindo mais tempo para sua execução.

De fato, a inspeção das Figuras 4-2.b e 4-2.c revela esses efeitos claramente.

Os resultados dos grupos treinados com apenas um tipo de estimulação (sejam palavras ou números) são apresentados na Figura 4-2.b, juntamente com os resultados dos grupos CP e CN. O teste de Tukey revelou diferenças significantes entre o grupo CP quando comparados aos grupos PZ ($p = 0,0017$), PY ($p = 0,0028$) e NY ($p = 0,0011$) e NZ ($p = 0,0317$). No entanto não houve

diferenças significantes entre os quatro grupos quando comparados entre si (PY, PZ, NY e NZ, $p < 0,05$).

A Figura 4-2.c mostra o desempenho dos grupos submetidos à leitura envolvendo diferentes tipos de estímulos combinados (grupos PNZ, PNY, PZY, NZY e PNZY), e dos grupos controle (CP e CN). Todos esses grupos apresentaram tempos corrigidos de leitura significantemente diferentes dos do grupo CN ($p < 0,05$). Observa-se também que o grupo PNZY exibe um desempenho marginalmente diferente ao apresentado pelo grupo CP ($p = 0,0521$). Da mesma forma, os grupos NZY e PNZ não diferem significantemente em relação ao grupo CP ($p = 0,1471$ e $p = 0,1163$, respectivamente), assim como não diferem significantemente quando comparados entre si ($p = 0,8263$), apesar do mesmo não ocorrer quando comparamos CP com os outros dois grupos expostos à leitura transposta com tipos diversos de estímulos combinados, grupos PZY ($p = 0,0621$) e PNY ($p = 0,0049$), sendo estes semelhantes entre si ($p = 0,6219$) e semelhantes a NZY e PNZ (PZY x NZY com $p = 0,0918$, PZY x PNZ com $p = 0,1021$, PNY x NZY com $p = 0,0823$ e PNY x PNZ com $p = 0,3720$). Estes resultados indicam uma homogeneidade relativamente grande no tempo de leitura de estímulos rotacionados, durante a fase de treino. Este é um elemento importante para avaliar na fase de teste os diferentes desempenhos apresentados.

Esses resultados reforçam a noção de que as diferenças no desempenho dos grupos na fase de treino parecem relacionar-se à quantidade de elementos distintos cada grupo tem que lidar para desempenhar a tarefa proposta. Isto é, quanto maior a diversidade de estímulos utilizados nas diferentes tentativas da fase de treino, maior será o tempo despendido pelos voluntários para desempenhar a tarefa.

Resumidamente, os resultados da fase de treino parecem demonstrar que (1) há uma relação entre os tipos de treino adotados e os tempos despendidos para desempenhá-los, o que seria de fato esperado, e (2) a maior demanda das tarefas de treino (expressa em termos do maior tempo despendido para sua execução) relaciona-se a um maior número de variações nos estímulos

apresentados ao longo das tentativas. Possivelmente, esse aumento do tempo de execução relacionada ao aumento do número de estímulos está relacionado à reorganização do sistema para lidar com uma demanda diferente de cada tentativa.

3.2 Teste

A análise dos resultados obtidos no teste seguiu uma lógica similar à adotada para a análise dos do treino: assim, foram realizadas comparações estatísticas por meio da análise de variância para medidas repetidas (ANOVA). Considerou-se como variável entre-sujeitos o GRUPO e variáveis inter-sujeitos BLOCO (de 10 tentativas) e TENTATIVA (representando cada uma das dez tentativas de cada bloco) houve a exclusão de 19 escores que distaram mais do que 3 desvios padrão da média da amostra, num total de 396 escores. Adicionalmente, da mesma forma que na fase de treino, foram realizados testes post-hoc envolvendo o teste de comparações múltiplas de Tukey.

Os resultados do teste permitiram avaliar o impacto das diferentes condições de treino sobre o desempenho no teste de leitura de não-palavras rotacionados ao redor do eixo “x”. Os resultados de tempo de leitura são apresentados nas Figuras 4-3a e 4-3b. A ANOVA revelou a existência de efeitos significantes em relação aos fatores GRUPO ($F_{10,55} = 8,3$, $p < 0,0001$), BLOCO ($F_{5,275} = 4,7$, $p = 0,0004$), TENTATIVA ($F_{9,495} = 2,23$, $p = 0,0203$). Também foram encontradas diferenças significantes na interação entre os fatores GRUPO X BLOCO ($F_{50,275} = 2,92$, $p < 0,0001$), BLOCO X TENTATIVA ($F_{45, 2475} = 1,39$, $p = 0,0446$) e GRUPO X BLOCO X TENTATIVA ($F_{450,2475} = 1,14$, $p = 0,0321$), mas não na interação entre os fatores GRUPO X TENTATIVA ($F_{90,495} = 1,04$, $p = 0,3896$).

Figura 4.3. Tempos corrigidos de leitura para cada um dos seis blocos de teste para os grupos PNZ, PNY, PZY, NZY e PNZY, comparados aos grupos CP e CN. **A.** Mostrando os resultados dos grupos PY, PZ, NY e NZ, comparados aos grupos CP e CN; e, **B.** Mostrando os resultados dos grupos PZY, NZY, PNY, PNZ e PNZY, comparados aos grupos CP e CN. Embora os grupos CN e CP tenham sido incluídos em todas as 3 figuras, na análise estatística eles foram incluídos apenas uma vez, tendo aqui papel puramente representacional.

Análises post-hoc de comparações múltiplas (teste de Tukey) revelaram diferenças significantes no desempenho dos grupos CP e CN ($p < 0,0001$), indicando que o treino utilizado pelo grupo CP foi efetivo para a aquisição da habilidade de leitura (Figura 4-3). Mostra ainda que o nível de desempenho do grupo CP já no início do teste revela excelente aquisição prévia da tarefa, pois há, praticamente, “ausência” de uma curva de aquisição (que seria observável no caso de melhora de desempenho de leitura ao longo dos blocos). Em outras palavras, o nível de desempenho revelado por este grupo praticamente atingiu o nível assintótico já no início do teste. Diferentemente, como esperado, foi praticamente nula a aquisição do grupo CN (sem treino prévio com letras e números rotacionados) durante a fase de treino, o que se expressou, no início da fase de testes, em tempos de leitura relativamente elevados e numa forte inclinação da curva de aquisição ao longo do teste.

** começa aqui 4-3.b

Na figura 4-3.a estão representados os desempenhos dos grupos com treinamento envolvendo apenas um tipo de estimulação rotacionada, i.e., os grupos PZ, PY, NZ e NY e também o desempenho dos grupos CP e CN.. O desempenho de todos os grupos diferiu daquele apresentado pelo grupo CP ($p < 0,05$) indicando que o treinamento prévio com apenas um tipo de estimulação rotacionado foi menos eficiente para gerar um melhor desempenho na tarefa de leitura de não-palavras rotacionadas pelo eixo “x” do que aquele considerado aqui como o desempenho “máximo”.

Por outro lado, a comparação do desempenho com aquele apresentado pelo grupo CN revelou diferenças significantes em relação ao grupo NZ ($p = 0,0013$), mas não em relação aos grupos PY ($p = 0,7810$), PZ ($p = 0,3271$), NY ($p = 0,2615$) indicando que o treinamento prévio com apenas um tipo de estimulação, na maioria dos casos, não favorece a leitura de não-palavras rotacionada pelo eixo “x”. Aparentemente, o desempenho dos grupos neste caso, pode ser diferenciado qualitativamente quando comparado ao dos grupos controle: enquanto o treinamento com uma estimulação favorece de maneira sutil o desempenho, o treinamento ao qual o grupo CP foi submetido favorece grandemente e, paralelamente, o treinamento do grupo CN em nada favorece o desempenho da tarefa de leitura de não-palavras rotacionadas pelo eixo “x”.

A Figura 4-3.b mostra o desempenho dos grupos PNY, PNZ, PZY, NZY e PNZY, em comparação ao dos grupos CP e CN. Foram observadas diferenças entre todos os grupos (para $p < 0,05$) e o grupo CP. Também foram observadas diferenças entre o grupo CN e os grupos PNZY ($p = 0,0001$), NZY ($p = 0,0071$), PNZ ($p = 0,0191$), PZY ($p = 0,0471$), mas não para PNY, apesar de para este último haver diferença marginalmente significativa ($p = 0,0717$). Estes resultados indicam haver um melhor desempenho nos grupos expostos a algum tipo de treinamento com estímulos rotacionados, mesmo sendo rotação distinta daquela presente no teste.

No conjunto, os resultados deste experimento mostram que quanto maior a diversidade de experiências prévias com estímulos rotacionados, maior a transferência para uma situação de leitura de não-palavras envolvendo um tipo de rotação completamente nova. Assim, também para a observação dos desempenhos durante o teste parece haver algum de relação entre os desempenhos de leitura e a presença de um maior número de variantes de tipos de rotacionamento e gênero dos estímulos presentes durante o treino.

É importante ressaltar que nesta análise de comparações múltiplas foram levados em consideração os desempenhos apresentados pelos grupos ao longo de todo o teste; portanto, houve aprendizado da tarefa de leitura de não-palavras rotacionadas pelo “eixo x” ao longo das 60 tentativas, o que se revela nas próprias curvas de desempenho observadas (Figura 4-3). Assim, da maneira como os dados foram analisados acima foi possível avaliar a transferência de uma habilidade adquirida na fase de treino associada ao seu impacto na taxa de aquisição da nova habilidade por treino repetitivo ao longo da fase de teste

Visando avaliar mais especificamente a extensão da transferência da habilidade adquirida no treino para uma nova condição, minimizando os efeitos do treinamento repetitivo nesta nova condição, resolveu-se analisar o desempenho dos diferentes grupos apenas nas 10 primeiras tentativas do teste, o que minimizou o impacto da exposição repetitiva à condição nova.

3.3 Análise dos tempos de leitura corrigidos do primeiro bloco

A ANOVA realizada neste caso incluiu os fatores GRUPO como variável intra-sujeitos e TENTATIVA como variável inter-sujeitos. Para análises post-hoc complementares foi empregado o teste de comparações múltiplas de Tukey. Os testes adicionais foi empregado o teste post-hoc de comparações múltiplas de Tukey.

Como nas análises anteriores todos os 11 grupos foram analisados em conjunto. A ANOVA revelou diferença significativa em relação ao fator GRUPO ($F_{10,55}=4,291$, $P=0,0002$), e em relação ao fator TENTATIVA ($F_{5,275}=3,717$,

$p=0,0028$) e em relação à interação entre os fatores GRUPO X TENTATIVA ($F_{50,275}=1,69$, $p=0,0045$), indicando que os diferentes tipos de treinamento levam a desempenhos distintos no teste, bem como na sua taxa de aquisição ao longo da exposição repetitiva à nova condição de leitura, ao longo das 10 tentativas

Uma análise de comparações múltiplas revela diferenças significantes entre os grupos CN e os grupos NZ ($p<0,0001$), PNZY ($p<0,0001$), NY ($p=0,0021$) e PZY ($p=0,0319$), mas não para os grupos NZY ($p=0,0916$), PNY ($p=0,1155$), PNZ ($p=0,2189$), PZ ($p=0,2745$) e PY ($p=0,4323$), Figura 4-4. Da mesma forma foram observadas diferenças significantes entre o grupo CP e os grupos PY($p<0,0001$), PZ ($p<0,0001$), PNZ ($p=0,0001$), PNY ($p=0,0027$), NY ($p=0,0239$) e PZY ($p=0,04171$), mas não entre CP e os grupos NZ ($p=0,8940$), PNZY ($p=0,9183$) e NZY ($p=0,1326$), Figura 4-4.

Figura 4-4. Tempos de leitura de não-palavras rotacionadas pelo eixo X para o primeiro bloco de dez tentativas da fase de testes de todos os grupos do experimento II. Estão marcados alguns dos resultados encontrados para as diferenças observadas.

Observa-se assim, inequivocamente, que os grupos apresentam, já no primeiro bloco de teste, desempenhos diferentes e dependentes das tarefas utilizadas durante o treinamento. É possível observar, mesmo que de maneira geral que quanto maior o número de variáveis houve no treino, maior a transferência observada para o primeiro bloco de 10 não-palavras.

Duas hipóteses podem ser levantadas para este aparente efeito de variáveis apresentadas nas tentativas de treino no tempo de cada grupo durante o primeiro bloco de leituras do teste. Pode-se especular que haja uma maior transferência devido à maior flexibilidade angariada em associação com uma maior demanda de manipulação de estímulos variáveis, obrigando o voluntário a adquirir uma habilidade mais generalista e eficiente que aqueles treinados com uma única variável. Por outro lado, como vimos na análise dos resultados do treino não se pode ignorar que há uma maior demanda de tempo no treinamento dos grupos expostos a maior de estímulos durante o treinamento, o que requer uma reorganização freqüente da atividade nervosa, com redirecionamento da atenção de modo a lidar com novos tipos de rotações ao longo das tentativas de treino, implicando em maior demanda. Para se avaliar o impacto dessa demanda na extensão da transferência de treino realizou-se um teste de correlação para verificar se maiores tempos de treinamento e supostamente maior demanda, estão associados a menores tempos de desempenho neste primeiro bloco de 10 tentativas do teste. Observou-se que há efeito significativo, com um coeficiente de correlação de $r = -0,612$. Assim, não pode excluir a hipótese que a maior melhora observada no teste esteja relacionada com essa maior demanda de reordenamento para lidar com tipos de estímulos diferentes, implicando em maior tempo de treinamento, apesar de todos os grupos terem sido expostos a um mesmo número de estímulos durante o treino.

4. Discussão

Tomados em conjunto, os resultados do presente experimento permitem afirmar que há diferentes desempenhos de leitura de não-palavras rotacionadas

pelo eixo “x” durante o teste, que dependem dos diferentes tipos de treino empregados. Além de revelar uma melhora no desempenho de uma habilidade, pelo treinamento de outra, esses resultados demonstram haver níveis de aquisição distintos em função do tipo de treinamento recebido. Em outras palavras, pode haver expressão de aquisições distintas da habilidade indicando que os níveis de transferência são distintos.

A utilização de grupos controle positivo (CP) e negativo (CN) para a realização destas avaliações se mostrou uma estratégia adequada, pois permitiu identificar as duas condições extremas de desempenho na tarefa, a primeira com treinamento e a segunda sem qualquer treinamento. Os resultados descritos aqui mostram que conhecimento implícito adquirido num dado contexto é prontamente aplicável a um outro contexto inteiramente novo para os voluntários e que a extensão dessa transferência depende da diversidade de experiência com estímulos de diferentes naturezas.

Uma das características mais enfatizadas do sistema implícito de memória é que este “(...) refere-se somente a e é expresso como, ativação de estruturas específicas de processamento, referentes à própria ativação das estruturas engajadas no treino para sua aquisição” (Cohen, 1984, p.96). Em face desta definição proposta por Cohen (1984), pode parecer estranho defender a existência de flexibilidade no uso de memórias implícitas, uma vez que a flexibilidade poderia implicar que memórias implícitas não dependeriam da ativação de estruturas específicas de processamento, referentes à própria ativação das estruturas engajadas no treino para sua aquisição, conferindo a elas um caráter representacional usualmente admitido como existente apenas na memória explícita (Eichembaum e Otto, 1992).

Em sua discussão acerca da origem desta postulada inflexibilidade, Cohen (1984), cautelosamente, aborda duas questões importantes: (1) que a inflexibilidade estaria ligada ao caráter não representacional das informações de natureza implícita (para revisão ver Eichembaum e Otto, 1992) e (2) que haveria uma exclusividade das vias envolvidas em sua aquisição e execução.

Interpreta-se, tipicamente, que essa tal inflexibilidade é derivada da especialização que envolve memórias implícitas, como defendido por Squire (2004): “*Formas de memória implícitas são decorrência da modificação de sistemas de desempenho específicos*” (p.173). Isso ressalta a noção de que estes sistemas envolvem processamento paralelo de informação, devendo cada um deles ser dedicado exclusivamente a um desempenho específico e único.

Nadel (1994), ao comentar a rigidez imposta por Cohen (1984) à memória implícita, chega ao extremo de questionar: “*pode-se jogar squash em qualquer quadra de squash ou apenas naquela em que aprendemos a jogar?*” (p.53). No entanto, não fica claro se esta crítica à alegada inflexibilidade das memórias implícitas refere-se ao seu caráter não representacional (ao contrário das memórias explícitas) ou a limitações à transferência de treino de uma condição para outra, que envolveria o debate sobre se o processamento é ou não paralelo. Na verdade, o aspecto de processamento paralelo rametido à esta questão não está apenas indicando a características de operação, i.e., a forma de processamento de informações (aceita como paralela também para memórias explícitas), mas sim sobre a natureza da representação das informações (Cohen e col., 1997). Assim, memórias explícitas teriam como característica a compositividade, ou seja, são compostas por subelementos também explícitos, enquanto memórias implícitas seriam paralelas entre si, representando habilidades específicas e não compositivas [o que Cohen e col. (1992) chamam de representacionalidade da informação].

Do ponto de vista biológico, parece mais provável que o sistema represente informação de forma flexível e aplicável a novas situações, uma vez que é altamente improvável que um organismo se depare numa segunda ocasião exatamente com o mesmo contexto no qual a informação inicial foi adquirida.

Pacientes amnésicos exibem profundo prejuízo em tarefas de memória explícita; porém, seu desempenho é normal em tarefas de memória implícita. Desta forma, qualquer evidência da existência de flexibilidade nas tarefas adquiridas por pacientes amnésicos indicaria, a priori, a existência de

flexibilidade na utilização de conhecimento implícito. Reber e col. (1996) realizaram um experimento envolvendo pacientes amnésicos com o objetivo de testar uma possível distinção entre sistemas de memória nesse modelo. Esses autores se propuseram avaliar a extensão há flexibilidade nas memórias implícitas desses pacientes. O desempenho de um grupo de pacientes amnésicos e um respectivo grupo controle foi estudado em tarefas que demandavam a associação probabilística de pistas com estímulos. Quatro cartões indicavam possíveis condições climáticas de chuva, com probabilidades diferentes (86%, 60%, 40% e 14%) de acerto. Após uma fase de treinamento envolvendo 50 tentativas, os participantes foram argüídos quanto à probabilidade de chuva indicada por cada cartão. Então, passaram por uma fase de testes em que deviam indicar a probabilidade teórica indicada por uma dupla de cartões combinados entre si. Em uma terceira condição os participantes escolhiam um cartão que deveria indicar uma determinada probabilidade de chuva dada, flexibilizando o conhecimento adquirido para uma nova tarefa. Os pacientes amnésicos apresentaram desempenho similar ao dos participantes controle nos dois primeiros testes e seu desempenho foi pior na tarefa que envolvia flexibilização no uso da informação adquirida.

Vale ressaltar que em nenhum momento foi considerado pelos autores (Reber e col., 1996) que a tarefa utilizada demandasse tanto habilidades de natureza implícita quando conhecimento explícito para sua execução, como se poderia supor.

Poder-se-ia esperar que uma tarefa como a utilizada nesse estudo depende de habilidades implícitas. No entanto, nada garante que a extrapolação do conhecimento adquirido para situações distintas dependa não apenas da característica associativa entre os elementos, mas também da capacidade de gerenciar um outro conjunto de informações da tarefa, contextuais e explícitas. Nessas condições resultados diversos do esperado pelos autores podem ser previstos. Isto parece ter sido observado por Nisssen e Bullemer (1988) em uma tarefa de aquisição de seqüências. No teste utilizado por estes autores, numa

tarefa de tempo de reação serial os resultados indicam que a aquisição de uma habilidade envolvendo uma seqüência parece depender dos recursos atencionais disponíveis sugerindo tratar-se de uma aquisição do tipo explícita. No entanto, os voluntários se beneficiam da presença da seqüência mesmo sem conhecimento declarativo da mesma. Isto pode ser interpretado como um indício da necessidade de atenção para a aquisição de habilidades implícitas ou como evidência do caráter automático ou involuntário do processamento de informações espaciais requeridas para o desempenho da seqüência, que seriam, neste caso, codificadas e evocadas mais facilmente que construções verbais que descrevessem os locais de aparecimento dos estímulos.

Neste sentido, a execução da tarefa parece passível de execução por meio de conhecimento explícito ou implícito. Posteriormente Cohen e col. (1990) interpretaram que a dependência atencional observada por de Nissen e Bullemer (1997) seria consequência dos “níveis de estruturação da tarefa”. Presumindo haver uma demanda de informações explícitas e implícitas para o desempenho dessa tarefa parece razoável admitir que na tarefa utilizada por Reber e col. (1996) a habilidade pode ser adquirida (ao menos para esboço do desempenho cobrado) por processos exclusivamente implícitos (tornando possível sua aquisição por pacientes amnésicos) e que a utilização flexível desse conhecimento é possível, neste caso específico, apenas por sua manipulação das informações de caráter declarativo presentes na tarefa (o que a tornaria inflexível para estes mesmos amnésicos). Esta interpretação permite oferecer uma alternativa parcimoniosa para explicar resultados conflitantes obtidos por Reber e col. (1996).

Os resultados do presente estudo permitem especular que a tarefa aqui utilizada não seja de fato uma tarefa que envolva aquisição de conhecimento implícito. Isso, porém, parece pouco parcimonioso, uma vez que são categóricas as observações de que a aquisição da habilidade de leitura de estímulos invertidos é de fato possível de ocorrer sem o envolvimento de memória explícita (Scoville e Milner, 1957). Assim, parece possível assumir sem grandes riscos que de fato

os desempenhos observados no presente experimento são fruto de uma transferência de informações da fase de treino, para a fase de teste, mesmo sendo as tarefas envolvidas em ambas as fases distintas entre si.

A observação dos desempenhos encontrados quando comparados os resultados dos grupos CP e CN parece deixar claro que um melhor desempenho está associado ao treinamento da tarefa *per se*, descartando a hipótese de que haja um viés gerado pela forma de apresentação dos estímulos no experimento. Paralelamente, o fato de haver grupos cujo desempenho no teste variou substancialmente, mesmo tendo passado por tarefas diferentes de treino, indica haver uma correlação entre os tipos de treino e o desempenho. Mais ainda, o fato de não ser possível determinar se há uma relação causal entre o tempo de treino e o desempenho na tarefa durante o teste não permite descartar que seja o tipo de treino vivenciado pelo voluntário, e não sua duração, o responsável pelos padrões observados.

Nossa hipótese para explicar esses resultados de maneira genérica é que memórias correspondem à facilitação de padrões de ativação neural. Acredita-se que em redes de atividade como aquelas apresentadas desta forma um padrão altamente competitivo será produzido entre as várias atividades geradas na rede, sendo esta a forma central para a geração destas facilitações. Isto pode ser caracterizado de uma maneira Hebbiana e imporá necessariamente um padrão hierárquico na estrutura de organização deste sistema. Este modelo é similar àquele empregado para explicar o aspecto representacional das memórias declarativas. Assim, para que se possa avaliar possamos determinar uma possível inflexibilidade no uso de informações arquivadas na memória implícita seria necessário assumir que exista a possibilidade de um isolamento total não só das vias neurais envolvidas na execução da ação, mas também uma independência de qualquer aspecto funcional entre as tarefas. Como visto no Capítulo 3, a aquisição de memórias implícitas parece depender do aprendizado de vários aspectos (ou subcomponentes) da tarefa, incluindo a antecipação da ocorrência de eventos [no caso do Capítulo 3, ao menos dois subcomponentes podem ser

descritos: (1) a habilidade de execução da ação motora, e (2) o aprendizado das transposições mais comuns]. O compartilhamento de indicadores como as características probabilísticas de ocorrência de eventos poderiam, neste caso, gerar a transferência de treino observada. Cabe, assim, indagar até que ponto pode-se conceber um sistema de memória capaz de não apresentar tal característica.

Poder-se-ia também indagar até que ponto de fato memórias deveriam ser inflexíveis frente a uma perspectiva biológica e até que ponto a proposição de haver sistemas de memória indica de maneira verossímil a forma como estão organizadas as funções de memórias no sistema nervoso central.

Cabe questionar se de fato o resultado aqui obtido foi consequência de uma flexibilização no uso de memórias implícitas, pois pode-se entender que haja diferentes níveis atencionais envolvidos na execução de cada um dos dois treinos propostos, o que poderia explicar, alternativamente, todo o conjunto de resultados. Para a avaliação desta questão seria necessário um novo conjunto de avaliações.

Bibliografia

- BADDELEY, A. D. Working memory. New York: Oxford University Press. 1986.
- BADDELEY, A. D. Working Memory. In GAZZANIGA, M. (Ed.). The Cognitive Neuroscience. MIT Press. p. 755-764, 1997.
- BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? Trends in Cognitive Science, v.4, p. 417-423, 2000.
- CAMPOS, A.; SANTOS, A. M. G.; XAVIER, G. F. A consciência como fruto da evolução e do funcionamento do sistema nervoso. Psicologia USP, v. 8, n. 2, p.181-216, 1997.
- CLARK, R. E.; SQUIRE, L. R. Classical conditioning and brain systems: The role of awareness. Science, v. 280, p. 77-81, 1998.
- COHEN, N.J. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In SQUIRE, L. R.; BUTTERS, N. (Eds.). The Neuropsychology of Memory. New York: Guilford Press, p. 83-103, 1984.
- COHEN N.J.; EICHENBAUM H.; DEACEDO B.S., CORKIN S. Different memory systems underlying acquisition of procedural and declarative knowledge. Annual New York Academy of Science. 1985; p. 444:54-71
- COHEN, N.J. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In SQUIRE, L. R.; BUTTERS, N. (Eds.). The Neuropsychology of Memory. New York: Guilford Press, p. 83-103, 1984.
- COHEN, A.; IVRY, R. I.; KEELE, S.W. Attention and structure in sequence learning. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition v. 16, p.17-30, 1990.
- EICHENBAUM, H.; OTTO, T.; COHEN, N. J. The Hippocampus - What Does It Do? Behavioral and Neural Biology, v. 57, n. 2, p. 1-35, 1992.
- GOLD, P. E. Coordination of multiple memory systems. Neurobiology of Learning and Memory 82 ; p. 230–242. 2004.
- HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. Acquisition of implicit knowledge by imagery and actual training: is there functional equivalence? European Journal of Neuroscience, 2000;12 Suppl 11:436.
- KNOWLTON, B. J.; MANGELS, J. A.; SQUIRE, L. R. A neostriatal habit learning system in humans. Science, v. 273, p. 1399–1402, 1996.
- MCCORMICK, D.A.; CLARK, G.A.; LAVOND, D.G.; THOMPSON, R.F. Initial localization of the memory trace for a basic form of learning. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 79, p. 2731–2735, 1982.
- NADEL, L. Multiple memory systems: What and why, an update. In SCHACTER, D. L.; TULVING, E. (Eds.). Memory systems, Cambridge, MA: MIT Press. 1994, p. 39-64.
- NISSEN, M.J.; BULLEMER, P. Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. Cognitive Psychology, v. 19, p.1-32, 1987.
- OTTO, T., & Eichenbaum, H. (1992). Neuronal activity in the hippocampus during delayed non-match to sample performance in rats: Evidence for hippocampal processing in recognition memory. Hippocampus, 2(3), 324-334.
- PACKARD, M. G.; HIRSH, R.; WHITE, N. M. Differential effects of fornix and caudate nucleus lesions on two radial maze tasks: Evidence for

- multiple memory systems. *Journal of Neuroscience*, v. 9, p. 1465–1472, 1989.
- REBER, P. J.; KNOWLTON, B. J.; SQUIRE, L. R.
Dissociable properties of memory systems: Differences in the flexibility of declarative and nondeclarative knowledge. *Behavioral Neuroscience*, v. 110, p. 861-871, 1996.
- SARDINHA, T. B. *Linguística de Corpus: histórico e problemática*. In: D.E.L.T.A, v. 16, n. 2, São Paulo, 2000.
- SCHACTER, D. L.. Priming and multiple memory systems: perceptual mechanism of implicit memory. In: *Memory Systems in 1994*, Schacter DL e Tuving, E (ed), 1994, M.I.T..
- SCOVILLE, W. B.; MILNER, B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, v. 20, p. 11-20, 1957.
- SQUIRE, L.R.; ZOLA-MORGAN, S. Memory: brain systems and behavior. *Trends in Neuroscience*, v. 11, n. 4, p. 170-175, abr. 1988.
- SQUIRE, L. *Neurobiology of Learning and Memory*. vol. 82 (3); p. 169-351, 2004.
- Sítios eletrônicos:
- <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>

Capítulo V. Discussão Geral

Os resultados do Experimento 1 mostraram que imaginar a ação, como realizado na fase de treino pelo grupo com treino imaginativo, foi eficaz para uma significativa melhora de desempenho no teste, indicando que houve aquisição da memória implícita sem o desempenho real da tarefa de oposição de dedos, posteriormente executada com proficiência durante o teste (Figura 3-4).

A inspeção da forma como cada um dos tipos de treino empregados induziu melhora no desempenho das transposições entre dedos, no caso observado para a transposição de pares de oposições, revela que o treinamento imaginativo e real gerou efeitos distintos na forma como o desempenho na tarefa progrediu (Figura 3-5). Enquanto os voluntários do grupo com treino real parecem se beneficiar da presença de uma sequência repetitiva com a geração de previsões acerca dos pareamentos entre oposições durante o treino, os voluntários expostos ao treino imaginativo parecem não ter este benefício. Poder-se-ia especular que isto ocorra pela retroalimentação perceptuo-motora decorrente da execução da ação *per se*, presente apenas nos voluntários que executavam a ação (treino real), sendo esta uma possível causa para as diferenças existentes entre aquisição de conhecimento implícito (em tarefas motoras ou não motoras) por treino real e imaginativo. Outra alternativa plausível é que ao desempenhar a tarefa imaginativa, recursos de capacidade limitada foram drenados para a imaginação da tarefa, restando poucos recursos atencionais para detectar a existência de uma “sequência de movimentos imaginados”, apesar de haver, mesmo para o grupo com treino imaginativo, o benefício adicional da sequência.

Os resultados do Experimento 2 permitem afirmar que há diferentes desempenhos de leitura de não-palavras rotacionadas pelo eixo “x” durante o teste, em decorrência dos diferentes tipos de treino empregados. Mais interessante, essa transferência de treino é tanto maior quanto maior a diversidade de tipos de estímulos os voluntários são expostos durante o treino.

Os diferentes tipos de treinamento levaram a níveis de desempenho distintos no teste, indicando que cada tipo de treino gerou um nível distinto de proficiência no momento da transferência.

Discussão Geral

O debate acerca das funções de memória aponta para a identificação de pelo menos dois sistemas de memória de longa duração: um envolvendo conhecimento declarativo e outro envolvendo conhecimento implícito. A distinção parece apontar para o envolvimento de substratos neuroanatômicos, características de operação e a natureza da representação das informações (Cohen e col., 1997) diferentes. Assim, os sistemas seriam independentes quanto ao substrato associado, para memórias declarativas seria possível a identificação de subcomponentes também declarativos fazendo com que as representações deste sistema tenham uma natureza flexível (ou representacional, como afirmam O’Keefe e Nadel, 1978), até porque são compostos por subcomponentes também de memória declarativa (Cohen e col., 1997).

Os resultados obtidos do Experimento 1, indicam que parece haver ao menos um efeito distinto do treino real em relação ao treino imaginativo: o benefício da seqüência parece ter origens ao menos parcialmente diferentes. Enquanto para o grupo com treino real o desempenho parece se valer do encadeamento de pares de toques, formando um conjunto de transposição que, sendo mais comuns no arcabouço de vivência de treino do voluntário, é facilitado durante o teste, inclusive tendo de ser inibido quando da execução de outro pareamento, para o grupo com treino imaginativo isto não parece ocorrer. Isto permite especular que haveriam subcomponentes funcionalmente observados de memória implícita, ou seja, que diferentes habilidades compõem a execução ótima na tarefa, sendo que uma delas é dependente de uma retoralimentação sensorial [diferentemente do que afirmam alguns trabalhos (O’Keefe e Nadel, 1978; Cohen e col., 1997)]. A forma como transposições mais e menos treinadas são expressas no BA2 para os dois grupos (com treino real e com treino

imaginativo) é diferente, ou seja, observa-se que ambos os grupos apresentam melhora de desempenho entre BA1 e BA2, no entanto, o grupo com treino real parece ter um benefício maior para as transposições presentes na sequência de 8 oposições, do que o grupo com treino imaginativo, ao mesmo tempo em que apresentam um aparente prejuízo nas transposições não presentes nestas sequências.

Levando isto em consideração seria esperado haver uma flexibilização de memórias implícitas, o que se observou no Experimento 2. Esta flexibilidade observada parece depender da quantidade de tempo no treino, o que está diretamente associado à diversidade de tipos de estímulos a que o voluntário foi exposto durante o treino. Tomando esta questão por base podemos agora especular sobre de que forma a maior necessidade de tempo está correlacionada com uma maior demanda para execução do treino. Sem dúvidas o número de estímulos não permite explicar esta maior demanda temporal (uma vez que todos os voluntários foram expostos ao mesmo número de estímulos). Podemos então especular que seria uma maior demanda atencional a responsável por este efeito. No entanto, afirmar apenas que uma maior demanda atencional justificaria o melhor desempenho parece pouco plausível, já que dependendo de como esta demanda está presente na tarefa ela pode reduzir drasticamente o desempenho dos sujeitos. Chega-se, assim, à conclusão que poderia ser uma maior necessidade de processamento de informações o fator principal que determina a maior necessidade temporal.

No entanto, como podemos entender o fato de uma maior demanda de processamento estar associada a uma maior transferência? Aceitando-se a concepção de que memórias correspondem à facilitação de padrões de ativação neural, redes que expressam seu desempenho pela atividade conjunta de seus elementos individuais também terão seu desempenho dado pelo número de elementos envolvidos na ação. Em um sistema como este é plausível esperar que quanto maior o tempo de processamento, maior o número de elementos envolvidos no mesmo. Se, não necessariamente este desempenho será tanto

melhor quanto maior o número de elementos individuais envolvidos na ação, ao menos esta rede poderá de se tornar mais flexível para o engajamento em outras atividades, quanto maior o número de elementos envolvidos no treino. Assim pressupõe-se que haja uma desconstrução e reconstrução do padrão de atividade nervosa envolvido na ação: quanto mais variado for o treino, tanto maior será a possibilidade de que o padrão de atividade gerado ali tenha algum nível de sobreposição com o de outras tarefas, facilitando seu desempenho futuro expresso por uma transferência do treino.

Segundo esta concepção, isto se explica porque haverá uma maior parcela da rede pré-ativada (entendendo aqui que os processos envolvidos nesta pré-ativação seriam os mesmos descritos como envolvidos na reverberação de redes Hebbianas) e preparada para desempenhar uma nova atividade, no caso a leitura de estímulos invertidos pelo eixo “x”.

Apesar desta concepção ser eminentemente especulativa há um ponto importante aqui. Ela não necessita do conceito de sistema para explicar os resultados. A não necessidade desta conceituação faz com que não seja necessária a identificação de diferenças entre sistemas para justificar a concepção de como estes resultados poderiam ser encontrados. A necessidade de justificar a existência de sistemas para que se possa fazer uso dos mesmos, assim como Nadel (1994) ressalta, faz com que se necessite identificá-los de maneira clara o que o fez supor que “(...)aceitando-se que este erro é tão trivialmente incorreto, deve-se aceitar que os autores tinham algo mais em mente a este respeito” (p. 53).

A influência do momento histórico-científico no qual uma determinada teoria será criada deve sempre ser a menor possível. Espera-se que assim o seja se de fato mantivermos o distanciamento preconizado por Pitágoras – Pitágoras afirmava que proposições devem ser passíveis de teste e análise distanciadas do objeto, criando um ambiente de imaterialidade aos postulados, gerando explicações aparentemente autônomas, replicáveis e independentes do contexto de observação. No entanto, a impossibilidade de tratar de um determinado

problema com o conhecimento de suas propriedades exclusivas e suficientes em mãos, trazem a necessidade de que empenhemos sobre ele uma abordagem metafórica. Isso, ao mesmo tempo em que traz a vantagem de poder oferecer algum entendimento inicial sobre o problema; traz consigo, também, a desvantagem da dependência de aspectos exclusivos do objeto que está sendo usado como analogia para aquele que se pretende abordar analogicamente.

Vivemos atualmente a criação e crescimento do uso de sistemas que trabalham em redes e é provável que pouco consigamos fazer para evitar o uso das analogias de redes para tentar entender de que maneira se possa compreender o funcionamento dos sistemas biológicos que podem ser de alguma maneira entendidos como funcionando em redes, mesmo que as regras de funcionamento destes nos sejam, ainda, inacessíveis.

Como ressaltou Richard Feynman “À medida que diminuimos o tamanho, há um número de problemas interessantes que vão surgindo. As coisas não reduzem a escala simplesmente de forma proporcional. Há o problema de que os materiais unem-se pelas atrações intermoleculares (van der Waals). Seria algo como isso: depois que você fabrica um componente e desparafusa uma porca, ele não cairá, porque a gravidade não é apreciável; seria mesmo mais difícil tirá-lo do parafuso. Seria como aqueles velhos filmes com um homem tentando se livrar de um copo d'água com mãos cheias de melão. Haverá vários problemas dessa natureza com os quais deveremos estar prontos para lidar”, pressupor uma estruturação funcional para o sistema nervoso é, antes de mais nada, uma necessidade do momento histórico da ciência, somente secundariamente podemos de fato afirmar que esta forma de organização tão particular de alguns fenômenos esteja presente na forma como o sistema nervoso central funciona para gerar memória.

Bibliografia

- COHEN, N.J.; POLDRACK, R.A. e
EICHENBAUM, H. Memory for items and
memory for relations in the
procedural/declarative memory framework. Sítios eletrônicos:
Memory, vol.5, p.131-178. (1997).
Cambridge, MA: MIT Press. 1994,
p. 39-64.
- O'KEEFE, J. e NADEL, L. The hippocampus as a
cognitive map. Oxford: Claredon Press.
1978.
- NADEL, L. Multiple memory systems:
What and why, an update. In
SCHACTER, D. L.; TULVING, E.
(Eds.). Memory systems,
<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>, conferência dada pelo
físico norte-americano Richard Feynman
em 29 de dezembro de 1959, no encontro
anual da Sociedade Americana de Física
(APS) no Instituto de Tecnologia da
Califórnia (Caltech), acessado em 29 de
março de 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

Termo de consentimento livre

Você está se propondo a participar como sujeito de um estudo acerca da aquisição de memória. Este será realizado nas dependências do Departamento de Fisiologia Geral do Instituto de Biociências da USP e será conduzido por André Frazão Helene sob a orientação do Prof. Dr. Gilberto Fernando Xavier.

Este experimento consiste de uma sessão de aproximadamente 40 (quarenta) minutos de duração e será realizada em uma sala com isolamento acústico relativo, luz indireta e ar condicionado, não representando risco potencial algum, não incluindo qualquer procedimento invasivo.

Você sentar-se-à em uma cadeira, manterá seus olhos fixos ao monitor do computador e, a partir da apresentação de cada uma das palavras, você deverá executar um procedimento de acordo com instruções prévias do experimentador. Todos os resultados estarão sendo armazenados em um microcomputador.

A participação na pesquisa é voluntária e você é livre para interromper sua participação a qualquer momento. Ao término do experimento você está convidado para uma discussão sobre o trabalho científico que está sendo realizado com os dados coletados.

Eu li a proposta acima e tendo entendido os procedimentos proponho-me a participar como sujeito deste experimento:

São Paulo, _____ de _____ de _____

Nome: _____

ANEXO 2

Anamnese

QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO VISUAL

Responsável pelo projeto: Prof. Dr. Gilberto Fernando Xavier

Responsável pelo procedimento experimental: Mariana N.A. Mattos

Nome do voluntário: _____

Data de nascimento: ____________

Prescrição de lentes corretivas:

☐ não necessita

☐ usa óculos

☐ usa lente de contato

motivo: ☐ miopia

☐ hipermetropia

☐ astigmatismo

☐ presbiopia

dioptrias: _____

Ano da última consulta ao oftalmologista: ____

Doenças pregressas ou atuais

História de crises convulsivas: ☐ sim ☐ não

Outras moléstias neurológicas ou psiquiátricas: ☐ sim ☐ não

Natureza da moléstia: _____

Cirurgia oftálmica: ☐ sim ☐ não

Natureza da cirurgia: _____

Medicamentos atualmente em uso:

_____ ☐ uso esporádico ☐ uso contínuo

_____ ☐ uso esporádico ☐ uso contínuo

_____ ☐ uso esporádico ☐ uso contínuo

☐ nenhum medicamento atualmente em uso

Mão dominante: ☐ direita ☐ esquerda

Olho dominante: ☐ direito ☐ esquerdo

Declaro que as informações aqui contidas são verdadeiras e que estou disposto a participar voluntariamente dos testes sensório-motor que estão sendo desenvolvidos no laboratório de Neurociências do Comportamento.

Assinatura: _____

Anexo 3. Questionário respondido por todos os voluntários antes da sessão.

Anamnese

Você, ou um de seus familiares próximos já apresentou crise convulsiva ou alguma forma de epilepsia?

☐ SIM ☐ NÃO

Em caso afirmativo, as crises foram precipitadas por estímulos luminosos como estar vendo TV, manipulando o computador ou na presença a outros estímulos luminosos, como por exemplo, estímulos passando continuamente em seu campo visual olhando objetos fixos de um veículo em movimento; ou, quando se submeteu à exposição à luz estroboscópica?

☐ SIM ☐ NÃO ☐ NÃO SABERIA DIZER

ANEXO 3

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Biomédicas da USP - nos moldes do artigo VI da Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

OF.CEP/IB/020/2004

São Paulo, 04 de maio de 2004.

Prezado Senhor

Dirijo-me a V. Sa. para informar que o Comitê de Ética em Pesquisa deste Instituto, em reunião realizada em 02 de março de 2004, **APROVOU** o Projeto (Iniciação Científica) "A aquisição de habilidades implícitas em uma tarefa de tempo de reação serial: envolvimento da atenção" de sua responsabilidade (Protocolo CEP nº 003/2003), conforme cópia do Parecer em anexo.

Lembramos que deverão ser apresentados relatórios anual e final.

Atenciosamente.

Profa. Dra. Maria Rita dos Santos e Passos Bueno
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa – Seres Humanos
IBUSP

Ilmo. Sr.

Prof. Dr. GILBERTO FERNANDO XAVIER
Departamento de Fisiologia do IBUSP.

Rua do Matão - Travessa 14 nº 321 - CEP 05508-900 - Cidade Universitária
São Paulo - Brasil - <http://www.ib.usp.br>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PARECER CONSUBSTANCIADO DE PROJETO DE PESQUISA

PROTOCOLO CEP-IBUSP – 003/2003

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: “A aquisição de habilidades implícitas em uma tarefa de tempo de reação serial: envolvimento da atenção”.

Pesquisador Responsável: Gilberto Fernando Xavier

Objetivos do projeto de pesquisa: Tem por finalidade avaliar a extensão da aquisição de conhecimento implícito por meio de treino real ou imaginativo, e como se dá o arquivamento de informações implícitas.

Local da realização do projeto, duração e financiamento: Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da USP, devendo, a pesquisa, terminar em 01/11/2005.

Comentários: A proposta visa avaliar a extensão da exclusividade dos arquivamentos e, com isto, pretende avaliar se realmente um treino implícito geraria apenas a mudança de desempenho em uma habilidade específica ou se, por tratar de uma alteração na estrutura do sistema, este treino seria capaz de gerar alterações em outras habilidades que não as diretamente envolvidas no treino. Serão utilizados sensores de movimentos dos dedos conectados a um computador que fez a coleta de dados e a apresentação visual através de software programado com Me 12.01 (Psychology Software Tools Inc). Os registros serão realizados movimento a movimento, registrando o tempo em que um dos dedos permanecerá encostado, além de qual dedo foi utilizado e qual o número de erros.

Considerações: O projeto apresentado preenche todos os pré-requisitos éticos conforme resolução CNS 196/96. Diante do Exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – Seres Humanos, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS – 196/96, aprova o projeto de pesquisa proposto. O pesquisador responsável deverá apresentar, ao CEP, relatórios anual e final.

Situação: Projeto APROVADO.

São Paulo, 02 de março de 2004.

Prof. Dra. Maria Rita dos Santos e Passos Bueno
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa – Seres Humanos
IBUSP

ANEXO 4

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Biomédicas da USP - nos moldes do artigo VI da Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS**

Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
Av. Prof. Lineu Prestes, 2415 - cep. 05508-900 São Paulo, SP - Brasil
Telefone : (55) (011) 8130900 - telefax : (55) (011) 818-7438
e-mail: icbsedir@icb.usp.br

São Paulo, 24 de maio de 2000.

PARECER 058 /CEP

Prezado Professor,

Atendendo sua solicitação a *Comissão de Ética em Pesquisas com Seres Humanos do ICB*, em sua décima quinta reunião, analisou o projeto de sua responsabilidade intitulado: *"HAVERÁ EQUIVALÊNCIA FUNCIONAL ENTRE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IMPLÍCITO POR TREINO DIRETO E IMAGINATIVO? UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA PARA A INVESTIGAÇÃO DA INTERAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE MEMÓRIA"*.

Informo que, após análise e discussão, o referido projeto foi **aprovado por esta Comissão, a qual sugere a V.Sa. que sejam feitas alterações nos parágrafos 1 e 4 do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme o texto anexo.**

Por outro lado alertamos V.Sa. para os pontos argumentados:

- a) estudo não deve ser realizado com alunos que estejam fazendo curso com os pesquisadores envolvidos no projeto;
- b) antes de dar início a realização dos estudos, o projeto deverá estar aprovado pela CEP.

Atenciosamente,

Prof. Dr. GERHARD MALNIC
Vice-Presidente da Comissão de Ética
em Pesquisas com Seres Humanos - ICB /USP
Em exercício

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. GILBERTO FERNANDO XAVIER
Departamento de Fisiologia Geral
Instituto de Biociências - USP

Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Ciências Biomédicas / USP
Aprovada pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, em 10 de fevereiro de 1998.

Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão

Sexo masculino ou feminino

Idade entre 18 e 35 anos

Nível superior completo ou incompleto

Critérios de exclusão

Apresentar desempenho de leitura de não palavras incompatíveis com o médio apresentado por todos os outros voluntários frente a uma análise de variância.

Ter ingerido droga psicotrópica ou álcool a pouco tempo.

Apresentar familiaridade próxima ou ser portador de epilepsia

Estar tomando medicação de uso psiquiátrico

ANEXO 5

Testes piloto executados

Testes piloto executados

Estudo Piloto 1

Dado que seriam utilizados, para avaliação da transferência de treino, palavras e não palavras em diferentes situações de apresentações (rotacionadas nos eixos x, y, z e sem rotação) foi crucial que se conhecesse de antemão tanto os tempos de leitura esperados de palavras e não-palavras que serão utilizadas quanto os tempos de leitura esperados para os diferentes tipos de inversão a serem utilizados, assim como o desempenho de leitura normalmente apresentado pelos sujeitos para a execução de leitura de palavras e não-palavras compostas por número diferente de caracteres.

Para a execução dos testes piloto participaram 10 voluntários, todos estudantes de graduação e pós-graduação de 19 a 26 anos de idade sendo 7 mulheres e 3 homens.

Todos os testes executados foram criados na plataforma Micro Experimental Laboratory (MEL) v2.01 da Psychology Software Tools. A taxa de apresentação das palavras era controlada pelo voluntário, havendo um intervalo entre cada um dos estímulos, o qual poderia ser utilizado a qualquer momento para uma pausa na série, não havendo necessidade por parte do voluntário, o experimento seguia de maneira direta.

No sentido de identificar os fatores supra citados foi realizado um experimento envolvendo a apresentação de 60 palavras e 60 não-palavras, apresentadas em qualquer das quatro formas de rotacionamento (eixos x, y, z e, também, sem rotacionamento, ver Figura 1), misturadas de forma aleatória. Para cada participante foram utilizadas apenas 15 palavras e 15 não-palavras de uma lista de 30 possibilidades de cada categoria (palavras - p - e não-palavras - np). Portanto, cada um dos estímulos selecionados (palavras e não-palavras) foi exposto quatro vezes ao longo do experimento, de modo que se pudesse também avaliar efeitos de reconhecimento no tempo de leitura.

As palavras utilizadas no experimento foram selecionadas a partir de levantamento realizado por Sardinha (2000) acerca da frequência de aparecimento de 36 000 palavras em textos selecionados envolvendo mais de 30.000.000 de palavras analisadas ao todo. Foi utilizado como critério as mais frequentes e a categoria à qual pertencia em função do número de caracteres. As não-palavras foram construídas a partir da combinação das sílabas mais frequentemente encontradas na língua Portuguesa sem que houvesse qualquer

descumprimento das regras gramaticais através de programa de computador desenvolvido pelo aluno.

Os testes piloto permitiram a escolha do número de palavras a ser utilizado em função da duração do treino, da distribuição das palavras e não-palavras e de cada inversão assim como estabelecer se o teste de leitura com as inversões escolhidas se mostravam coerentes com as expectativas iniciais do projeto.

Os resultados obtidos a partir desta avaliação são mostrados nas Figuras 2 e 3.

Figura 2. Tempos médios de leitura para cada uma das palavras e não-palavras com números diferentes de caracteres (indicadas no gráfico) para cada um dos tipos de inversão.

Figura 3. Tempos médios de leitura para cada um dos quatro blocos de apresentação (15 apresentações por bloco) para cada um dos tipos de inversão.

Em relação aos dados mostrados na Figura 2 a ANOVA revelou efeitos de Palavra/Não-Palavra (p/NP) ($F_{(1,611)} = 128,3$, $p < 0,000001$), Número de Caracteres (NC) ($F_{(3,611)} = 8,3$, $p < 0,000001$), Tipo de Inversão (I) ($F_{(3,611)} = 40,4$ com $p < 0,000001$) e das interações envolvendo, P/NP e NC ($F_{(8,611)} = 3,2$ com $p = 0,001667$), P/NP e I ($F_{(3,611)} = 7,6$, $p = 0,000051$) e NC e I ($F_{(24,611)} = 2,0$ com $p = 0,003239$). Algumas considerações são interessantes é nítido que: leituras de palavra são executadas por reconhecimento, não havendo alteração do tempo em função do número de caracteres, ao contrário das NP, as diferentes inversões implicam em diferentes dificuldades de leitura, tanto para palavras quanto para NP.

Em relação aos dados mostrados na Figura 3 a ANOVA revelou efeitos de P/NP ($F_{(1,651)} = 169,6$, $p < 0,000001$), I ($F_{(3,651)} = 52,8$, $p < 0,000001$), Bloco (B) ($F_{(3,651)} = 13,1$, $p < 0,000001$) e das interações envolvendo P/NP x I ($F_{(3,651)} = 10,7$, $p = 0,000001$) e I x B ($F_{(9,651)} = 2,2$, $p = 0,019152$). Isto deixa claro haver uma manutenção da dificuldade mesmo após treino para palavras invertidas

assim como que diferentes inversões apresentam diferentes dificuldades de reconhecimento.

Os resultados, na Figura 2, mostram claramente que os tempos de leitura para palavras sem inversão são significativamente menores que aqueles apresentados para qualquer outro grupo de estímulos. Observa-se que a leitura de palavras sem inversão mantém-se abaixo mesmo frente ao crescente aumento do número de caracteres que compõe estes estímulos (Figura 2, painel esquerdo). Isto é, o número de caracteres variou de apenas dois até quatorze. Portanto, parece claro que a leitura, neste caso, envolveu o reconhecimento visual dos estímulos e não uma leitura letra por letra para a formação da palavra. Diferentemente o tempo de leitura de não-palavras sem inversão sofre significativo impacto do número de caracteres, i.e., o tempo aumenta significativamente com o aumento do número de caracteres. Os tempos de leitura de palavras e de não-palavras com rotações dos eixos X, Y e Z apresentam comportamento geral semelhante, embora com variações. Isto é, há um efeito de significativo do número de caracteres sobre o tempo de leitura, indicando que o reconhecimento visual das palavras foi limitado pela sua rotação. Assim, essas manipulações fazem com que seja necessária a da leitura letra por letra para formação silábica, i.e., não é possível executar uma leitura global por reconhecimento visual. No entanto é importante ressaltar que parece haver um reconhecimento de natureza fonológica para as palavras, o que não pode ocorrer durante a leitura das não-palavras. Este efeito é bastante claro quando compara-se a distância entre as curvas para os tempos de leitura destas duas modalidades.

O treinamento repetitivo da habilidade de ler palavras resulta em uma substancial redução dos tempos de leitura ao longo dos blocos de treino (Figura 3), chegando-se a níveis de desempenho sugestivos da ocorrência de estímulos apresentados anteriormente. Além disso, há também a aquisição da habilidade de leitura dos estímulos dos tempos de leitura para não-palavras apresentadas com essas rotações. Outro aspecto que merece comentário é a dificuldade de leitura das não-palavras. Esse resultado reforça nossa decisão anterior de criar uma tarefa de elevada dificuldade para a realização dos testes nos experimentos propostos através da utilização de não-palavras durante os mesmos. Em outras palavras, como se quer avaliar a aquisição dessa nova habilidade deve-se evitar a escolha de estímulos que permitam o reconhecimento durante a leitura, obrigando, assim, os participantes do estudo a procederem leitura real do estímulo.

Outro aspecto importante refere-se às diferenças nos tempos de leitura associados aos diferentes tipos de rotacionamento das palavras e não-palavras

(Figuras 2 e 3). Isto mostra claramente que o nível de dificuldade em cada um desses é distinto, envolvendo potencialmente, habilidades diferentes para que possam ser lidos. Esse efeito, representado aqui objetivamente através do tempo de leitura, é congruente com a impressão que se tem quando à exposição de estímulos produzidos pelos rotacionamentos, como pode ser observado na Figura 1.

Estudo Piloto 2

Foi realizado um experimento para avaliar a curva de aquisição de uma habilidade de leitura de estímulos rotacionados até níveis assintóticos de desempenho. Este envolveu quatro participantes (3 homens e uma mulher) e se constituiu de um teste com 160 não-palavras apresentadas durante o treino, todas rotacionadas sobre o eixo X. Os estímulos utilizados nesse teste envolviam exatamente aqueles que foram foco de interesse no experimento anterior, selecionados de acordo com o descrito (não-palavras rotacionadas sobre o eixo X), ou seja, o que irá se tornar na próxima etapa do trabalho o teste do experimento final para a avaliação da flexibilização das memórias implícitas. Os resultados são mostrados na Figura 4.

Identifica-se dois momentos distintos na evolução do desempenho dos participantes. No primeiro, há um decréscimo bem acentuado nos tempos de leitura que representam, provavelmente, dois componentes: (1) a habituação dos participantes às condições do teste e (2) a aquisição da habilidade *per se*. No segundo momento, quando o desempenho praticamente se estabiliza há, ainda, melhora de desempenho expresso sob a forma de uma redução da variabilidade dos tempos de reação associada a uma melhora paulatina e lenta da execução da leitura. Em outras palavras, esse teste mostrou que há uma melhora substancial até o décimo bloco de treino (significativa de acordo com o teste Student-Newman-Keuls, para $p < 0,05$) seguida de uma fase de estabilização e aperfeiçoamento do desempenho. Com base nesses resultados optou-se pela realização de testes em um único dia, com 100 estímulos durante o treino seguido de mais 100 estímulos durante o teste. Como consequência desses achados, aumentou-se a efetividade do experimento uma vez que se maximiza a participação de cada voluntário, ao mesmo tempo que se evita seu tradicional freqüente não comparecimento no segundo dia de teste (uma vez que há a exigência de realização do teste no mesmo horário).

Figura 4. Curva de aquisição da habilidade para ler não-palavras com rotacionamento sobre o eixo X - similar ao teste) - N = 4. Cada ponto do gráfico representa dez medidas de cada sujeito, na forma da média de quarenta dados (dez medidas de quatro sujeitos).

É importante ressaltar neste contexto que estes dados foram coletados em um único dia. Assim, foi possível passar às etapas seguintes com maior eficiência.

Dentre os objetivos do presente projeto inclui-se avaliar a extensão da flexibilidade no uso da informação arquivada em sistemas de memória implícita e se as características da informação adquirida por controle atencional se assemelham àquelas adquiridas por desempenho real da tarefa. Isso será implementado através do pré-treinamento, real e por controle atencional, de voluntários normais em uma diversidade de tarefas relacionadas, cujo desempenho depende inequivocamente de conhecimento implícito, e da posterior avaliação desses sujeitos em situação (teste) cujo desempenho requer conhecimento implícito, mas na qual os voluntários não possuem qualquer experiência prévia. Grupos controle receberão igual quantidade total de pré-treinamento, mas em apenas uma das tarefas do pré-treinamento.

De acordo com o modelo acima esboçado sobre o funcionamento da memória implícita, o desempenho dos grupos pré-treinados (por controle atencional e treino real) com a diversidade de tarefas deverá exibir melhor

desempenho no teste em relação aos grupos controle treinados com apenas uma tarefa. Além disso, esse arranjo experimental permitirá comparar não apenas a taxa de aquisição por treino real e por controle atencional, mas também o grau de transferência obtido através dessas duas estratégias de treino.

Por fim, esses experimentos permitirão avaliar a validade das concepções que atribuem ao sistema implícito a característica de inflexibilidade e gerarão elementos importantes para discutir sua interação com os demais sub-tipos de memória.