Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
Departamento de filosofia

José Ricardo Romualdo

Metateoria e realidade: a relação entre teoria científica e experimento segundo a metateoria estruturalista

São Paulo

2017

José Ricardo Romualdo

Metateoria e realidade: a relação entre teoria científica e experimento segundo a metateoria estruturalista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Filosofia sob a orientação do Prof. Dr. Valter Alnis Bezerra

São Paulo

2017

Romualdo, J. R. **Metateoria e realidade:**a relação entre teoria científica e experimento segundo a metateoria estruturalista. 2017. Dissertação. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Para Luciana, minha esposa,

Zilda, minha mãe,

e para meus avós Ana e José.

O amor incondicional que encontro em vocês torna tudo possível.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Valter Alnis Bezerra, pelo inestimável valor de sua orientação intelectual, quero expressar minha sincera gratidão pelo modo admirável com que me conduziu nestes últimos anos por entre as múltiplas reflexões filosóficas no campo metacientífico, ampliando e enriquecendo minhas perspectivas, solidificando em minha mente os fundamentos sobre os quais venho tentando construir um edifício sólido de conhecimento. E também não posso deixar de agradecer a sua confiança em minha capacidade de realizar este trabalho.

Ao Dr. Osvaldo Frota Pessoa Júnior, primeiramente por te me proporcionado a oportunidade de cursar uma disciplina filosófica diretamente ligada ao estruturalismo metateórico, a qual foi ministrada em conjunto com um dos principais filósofos adeptos desta vertente, o Dr. Pablo Lorenzano. E também gostaria de agradecê-lo pelas indagações, orientações e comentários realizados em meu exame de qualificação, pois, dentre outros benefícios, estes me fizeram atentar para detalhes conceituais no campo da física, detalhes importantes e que passariam desapercebidos por mim não fosse o auxílio do seu olhar arguto.

Ao Dr. Cláudio Abreu, pelas enriquecedoras sugestões e comentários proferidos no meu exame de qualificação, apontando com precisão temas a serem trabalhados e correções conceituais a serem realizadas, e, acima de tudo, pela sua generosidade em se colocar à disposição de compartilhar seu amplo conhecimento em metateoria estruturalista, sempre solícito e encorajador.

Aos meus colegas do grupo de estudos sobre “Filosofia da Ciência e Metateoria Estruturalista”, pela experiência ímpar que é a realização dos seminários e pela nossa constante troca de ideias.

RESUMO

Romualdo, José Ricardo. **Metateoria e realidade:**a relação entre teoria científica e experimento segundo a metateoria estruturalista. 2017. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A presente dissertação tem o objetivo apresentar e refletir o modo como a *metateoria estruturalista* realiza análises filosófico-metacientíficas. Tal empreitada manterá o foco principal na relação entre teoria científica e experimento. Isto nos permitirá o embate com questões cruciais à filosofia da ciência, tais como a *impregnação teórica do teste empírico* e a *distinção teórico/observacional*. Tanto no decorrer quanto ao cabo de nossas reflexões ficará claro o avanço promovido pela *metateoria estruturalista* no que diz respeito à riqueza de análises metacientíficas possibilitadas pelo seu aparato conceitual.

Palavras-chave: Estruturalismo. Metaciência. Empirismo. Semântica.

ABSTRACT

Romualdo, José Ricardo. **Metatheory and reality:** the relation between scientific theory and experiment according to a structuralist metatheory. 2017. Dissertation (Master Degree). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

The purpose of this dissertation is to present and reflect on how the *structuralist metatheory* performs metaphysical-philosophical analysis. This endeavor will maintain the main focus on the relationship between scientific theory and experiment. This will allow us to tackle issues crucial to the philosophy of science, such as the *theoretical impregnation of the empirical test* and the *theoretical /observational distinction*. Both in the course and in the end of our reflections will be clear the advance promoted by the *structuralist metatheory* with respect to the wealth of metascientific analyzes made possible by its conceptual apparatus.

Key words: Structuralism. Metascience. Empiricism. Semantics.

Lista de Definições: página

$\boldsymbol{D1}$: Estrutura relacional **9**

$\boldsymbol{D2}$: Conjunto escalonado **10**

$\boldsymbol{D3(a)}$: Tipificações **10**

$\boldsymbol{D3(b)}$: Tipo estrutural **11**

$\boldsymbol{MCC}$: Mecânica clássica de colisões **11**

$\boldsymbol{M_p(MCC)}$: Modelos potenciais da mecânica clássica de colisões **33**

$\boldsymbol{M(MCC)}$: Modelos efetivos da mecânica clássica de colisões **34**

$\boldsymbol{C_m^=(MCC)}$: Constritor de identidade de massa em $\boldsymbol{MCC}$ **35**

$\boldsymbol{C_m^+(MCC)}$: Constritor de extensividade de massa em $\boldsymbol{MCC}$ **35**

$\boldsymbol{D4}$: Constritor global **36**

$\boldsymbol{D5}$: Vínculo **36**

$L_1(\boldsymbol{MCC})$: Vínculo entre Mecânica clássica de colisões e a Cinemática **38**

$\boldsymbol{D6}$: Vínculo global **38**

$\boldsymbol{D7(a)}$: *método de determinação* para $\boldsymbol{t}$ em $\boldsymbol{M_p}$ **41**

$\boldsymbol{D7(b)}$: *modelo* $\boldsymbol{t}$*-determinante* **41**

$\boldsymbol{D8(b)}$: Critério de teoricidade **42**

$\boldsymbol{D9(a)}$: Conteúdo teórico de $\boldsymbol{T}$ **44**

$\boldsymbol{D9(b)}$: Conteúdo de $\boldsymbol{T}$ **44**

$\boldsymbol{D10}$: Asserção empírica **45**

$\boldsymbol{MCCE}$: Mecânica clássica de colisões elásticas **47**

$\boldsymbol{MCCPI}$: Mecânica clássica de colisões perfeitamente inelásticas **47**

$\boldsymbol{D11(a)}$: Especialização **48**

$\boldsymbol{D11(b)}$: Rede teórica **48**

$\boldsymbol{M_p(MCP)}$: Modelo potencial da mecânica clássica de partículas **50**

$\boldsymbol{M(MCP)}$ Modelo efetivo da mecânica clássica de partículas **50**

$\boldsymbol{M_{pp}(MCP)}$ Modelo potencial parcial da mecânica clássica de partículas **50**

$\boldsymbol{M(MCPP)}$ Mecânica clássica de partículas com posição-dependência **51**

$\boldsymbol{M(MCPC)}$: Mecânica clássica de partículas conservativa **52**

$\boldsymbol{M(MCPQI)}$: Mecânica clássica de partículas quadrático-inversa **52**

$\boldsymbol{M(MCPG)}$: Mecânica clássica de partículas gravitacional **53**

$\boldsymbol{C(MCPG)}$: Constritor para a constante gravitacional **53**

$\boldsymbol{M(MCPE)}$: Mecânica clássica de partículas eletrostática **55**

$\boldsymbol{D12}$: Asserção empírica em redes teóricas **58**

$\boldsymbol{M_p(GC)}$**:** Modelo potencial da genética clássica **61**

$\boldsymbol{M(GC)}$: Modelo da genética clássica **61**

$\boldsymbol{D13}$: Elemento teórico diacrônico **85**

$\boldsymbol{D14}$: Rede teórica diacrônica **85**

$\boldsymbol{D15(a)}$: Especialização do núcleo formal **86**

$\boldsymbol{D15(b)}$: Especialização diacrônica **86**

$\boldsymbol{D_{aux}1}$ **:** $\mathbf{N'}$ *vem depois de* **N** **88**

$\boldsymbol{D_{aux}2}$ **:** $\mathbf{N'}$ *vem imediatamente depois de* **N** **88**

$\boldsymbol{D16}$: Componente estrutural **92**

$\boldsymbol{D17}$: Substrutura parcial **93**

$\boldsymbol{D18}$: Substrutura parcial escalonada **93**

$\boldsymbol{D19}$: Cristalização teórica **94**

$\boldsymbol{D20}$: Evolução teórica **96**

$\boldsymbol{D_{aux}3(a)}$ **:** Modelo bem sucedido **100**

$\boldsymbol{D_{aux}3(b)}$ **:** Aplicação bem sucedida **100**

$\boldsymbol{D21}$: Incrustação **100**

$\boldsymbol{D22}$: Substituição com incomensurabilidade parcial **102**

$\boldsymbol{D23}$: Uniformidade **108**

Lista de Figuras: página

Figura 1: Relação entre $\boldsymbol{M_{pp}(T)}$ e $\boldsymbol{M(T)}$ **15**

Figura 2: Relação 'um-muitos' de $\boldsymbol{M_{pp}(T)}$ para $\boldsymbol{M(T)}$ **16**

Figura 3: Vínculo conceitual entre $\boldsymbol{MCC}$ e $\boldsymbol{CIN}$ **18**

Figura 4: Aparente movimento retrógrado de Marte **25**

Figura 5: Contraposição entre os planos tridimensional e bidimensional do movimento retrógrado de Marte **27**

Figura 6: Especialização a partir do elemento teórico básico **29**

Figura 7: Especialização a partir de elemento teórico não básico **30**

Figura 8: Esboço de rede teórica **31**

Figura 9: Conteúdo teórico de $\boldsymbol{T}$ **45**

Figura 10: Conteúdo de $\boldsymbol{T}$ **45**

Figura 11: Rede teórica da mecânica clássica de colisões **48**

Figura 12: Ramo de especialização da $\boldsymbol{MCP}$ **53**

Figura 13: Especialização sob a perspectiva diacrônica **55**

Figura 14: Rede teórica da $\boldsymbol{MCP}$ **57**

Figura 15: Divisão entre vocabulário teórico e vocabulário observacional **70**

Figura 16: Programas de pesquisa progressivo e degenerativo **81**

Figura 17 – Comparativo Redes teóricas/Kuhn/Lakatos **82**

Figura 18: Rede teórica diacrônica **N** **86**

Figura 19: Especialização diacrônica **87**

Figura 20: Cristalização teórica (a) **89**

Figura 21: Cristalização teórica (b) **90**

Figura 22: Cristalização teórica (c) **91**

Figura 23: Cristalização teórica (d) **92**

Figura 24: Cristalização da termodinâmica fenomenológica de Clausius **95**

Figura 25: Graus crescentes de precisão e exatidão **105**

Figura 26: Sistema Sol-Terra bielíptico **107**

Figura 27: Sistema Sol-Terra unielíptico **108**

Figura 28: Relações horizontais **110**

Figura 29: Relações verticais **111**

Figura 30: Holismo **114**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 A METATEORIA ESTRUTURALISTA E UMA NOVA VISÃO DA RELAÇÃO TEORIA-EXPERIMENTO **5**

2.1 A metateoria estruturalista como *explication* da dinâmica das ciências empíricas 5

2.2 Estruturas e modelos 9

2.3 Aplicações pretendidas, asserção empírica, modelos potenciais parciais e teoricidade relativa 13

2.4 A relação entre modelos de dados e modelos efetivos 19

2.5 Metateoria estruturalista: um esboço introdutório 28

2.6 Metateoria estruturalista: um aprofundamento sobre o aparato formal 31

2.6.1 Modelos potenciais e modelos efetivos 32

2.6.2 Constritores 35

2.6.3 Vínculos 36

2.6.4 Métodos de determinação 38

2.6.5 O núcleo formal 42

2.6.6 Asserção empírica em elementos teóricos 43

2.6.7 Redes teóricas 46

2.6.7.1 Especialização: um conceito chave 49

2.6.7.2 Asserção empírica em redes teóricas 58

2.7. Base empírica: problematização e propostas 58

2.7.1 Casos problemáticos de caracterização da base empírica e propostas de solução 59

3 A CONCEPÇÃO STANDARD, AS SENTENÇAS DE RAMSEY E A NOÇÃO DE VOCABULÁRIO PRÉ-TEÓRICO 68

3.1 O início do programa: logicismo sintático e base observacional neutra 68

3.2 Neurath e Hempel: holismo e vocabulário pré-teórico 73

4 A CRÍTICA PELO VIÉS HISTORICISTA E UMA NOVA PROBLEMATIZAÇÃO DO PAPEL DA EXPERIÊNCIA 75

4.1 Popper e o conhecimento de fundo 75

4.2 Problematizando a observação 76

4.3 Kuhn: paradigmas e comparabilidade empírica 77

4.4 Lakatos e os programas de pesquisa 79

5 A DINÂMICA DE TEORIAS CIENTÍFICAS 83

5.1 Análise diacrônica como condição essencial a uma imagem adequada da produção científica 83

5.2 Redes teóricas diacrônicas 84

5.2.1 Cristalização: a riqueza da instabilidade 88

5.2.2 Evolução teórica 95

5.2.3 Incrustação 100

5.2.4 Substituição com incomensurabilidade parcial 101

6 APROXIMAÇÕES: A REALIDADE DA CIÊNCIA APLICADA 104

6.1 Aproximação na aplicação de teorias 104

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 110

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 115

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação se desenvolverá sob a égide de um tema, a saber, a relação teoria-experimento. O motivo dessa opção é a convicção de que os principais problemas postos em relevo, a partir das análises da concepção standard, tocam profundamente no modo como as construções teóricas científicas se relacionam com os fenômenos concretos, ou em outros termos, na questão da relação teoria-evidência. Assim, subtemas como a *suposta neutralidade observacional*, *a estrutura do teste empírico das* teorias, etc. surgirão naturalmente a serviço do tema maior. Guiarmo-nos por este viés nos ajuda a compreender melhor o *porquê* considerarmos a abordagem *estruturalista* um avanço no campo das análises metacientíficas.

Acima, utilizei as expressões "teoria-experimento" e "teoria-evidência". Deixar claro como as entendemos e também como estão relacionadas à palavra "experiência", nos permitirá entender de que trata o termo "realidade" presente no título. Pois, ao esclarecermos nosso entendimento da relação "experiência-experimento-evidência" também lançamos luz àquilo que é *realidade para uma teoria*.

Aqui, relacionamos o termo "experiência", dito sem mais, ao conjunto de nossas vivências, ligado à formação de nossas crenças cotidianas. Neste sentido lato, a experiência seria capaz de nos fornecer apenas (LORENZANO, 2012, p. 87, nota 15 de rodapé):

> [...] uma pré-teoria, proto-teoria, "teoria" proveniente do conhecimento comum, que poderíamos denominar em geral "*folk-theory*" (em analogia com a *folk-psychology* ou a *folk-physics*) [...]

Já no caso do termo "experimento", nos interessa o sentido em que este denota operações de seleção, registro e controle, guiadas por uma teoria, afim de colocar à prova as hipóteses teóricas, contrastando-as com os sistemas empíricos que pretende explicar. Desse modo, podemos entender o experimento como um tipo peculiar de *experiência controlada*.

No processo de contrastação de hipóteses os dados obtidos pelos experimentos serão tidos como "evidências" *em favor* ou *contrárias* a uma dada teoria. Não vamos aqui adentrar

na complexa questão a respeito de quais fatores são determinantes na inferência positiva ou negativa dos dados evidenciais[1], apenas salientamos que as hipóteses teóricas geram expectativas precisas quanto aos dados a serem obtidos.

A "realidade" que referimos no título trata dos sistemas empíricos formados pelo conjunto de fenômenos os quais as teorias selecionam e tentam subsumir conceitualmente, compondo um campo de aplicações pretendidas no qual essas mesmas teorias serão colocadas à prova. Ou seja, trata-se da realidade enquanto objeto específico de uma elaboração teórica, a qual, enquanto filósofos da ciência, investigamos metateoricamente no intuito de alcançar uma maior elucidação do que vem a ser a relação entre o raciocínio científico e o mundo fenomênico sobre o qual este se debruça.

O marco teórico inicial da metateoria estruturalista (doravante, "M.E.") é a publicação, em 1971, do livro *The Logical Structure of Mathematical Physics* de Joseph D. Sneed. Um dos principais temas que encontramos nesta obra fundadora diz respeito ao modo como são realizadas as 'asserções empíricas' nas teorias físicas. Para lidar com esta questão, Sneed realiza modificações na técnica de elaboração de 'sentenças-Ramsey', no intuito de adentrar naquilo que podemos chamar de 'estrutura profunda' das teorias empíricas. Desse modo, alcançou êxito em determinar precisamente as subestruturas cujos modelos configuram a base empírica sobre a qual cada teoria introduz seus 'conceitos próprios'. Um avanço decisivo, obtido a partir desta análise estrutural, foi a conclusão de que a 'teoricidade' dos conceitos é relativa às teorias que os introduzem e não às linguagens em que são formulados.

Posteriormente, o desenvolvimento da M.E. se deu, principalmente, pelo trabalho conjunto de Stegmüller, Moulines, Balzer, e do próprio Sneed. Encontramos vários artigos fundamentais publicados por estes autores no decorrer dos anos 70 e início dos anos 80, até que em 1987 é publicada a obra *An Architectonic for Science: The Structuralist Program*, composta a seis mãos por Balzer, Moulines e Sneed. Podemos considerar este livro como a primeira suma do aparato estruturalista e, consequentemente, ele é a referência básica para um estudo mais minucioso dos conceitos fundamentais que serão abordados no decorrer desta dissertação; porém, vale lembrar que com o passar dos anos muitas contribuições — realizadas por diversos pesquisadores — foram e continuam sendo feitas em prol do desenvolvimento da M.E., e existe uma numerosa bibliografia (cf. ABREU; LORENZANO;

[1] Mais sobre este assunto, ver (BOGEN; WOODWARD, 1988), (WOODWARD, 1989), (WOODWARD, 2010) e (GALISON, 1987).

MOULINES, 2013) à cerca da M.E. incluindo valiosas reconstruções metateóricas de diferentes disciplinas científicas.

Nesta dissertação, reconhecemos a importância do legado deixado pela chamada 'concepção standard'[2] de teorias científicas, tanto pelo seu pioneirismo em incorporar o uso das modernas ferramentas lógicas na análise da estrutura do conhecimento empírico, quanto pelo mérito de ter estabelecido a agenda de problemas fundamentais a serem abordados por todos aqueles que decidirem se dedicar seriamente à filosofia da ciência.

Notamos que autores como Neurath, Hempel, Carnap, Reichenbach, dentre outros, costumam ser referidos como autores que compartilhavam de uma linha de pensamento filosófico homogênea, a qual recebeu a alcunha de 'empirismo lógico'[3]. E o efeito nocivo de se referir a autores — de fato, tão díspares na forma de pensar — por meio de uma 'legenda', é que a originalidade de suas ideias individuais costuma ser obliterada. Por isso, ofereceremos exemplos do vanguardismo de alguns desses autores — abordaremos, em especial, os casos de Hempel e Neurath —, ao suscitarem ideias que viriam influenciar fortemente até mesmo pensadores críticos à concepção standard.

A despeito da reconhecida importância que a concepção standard representou para a filosofia da ciência, temos também de reconhecer sua deficiência em oferecer uma imagem adequada da produção científica. Tal inadequação parece ter como principais raízes, por um lado, a subtração dos aspectos históricos e pragmáticos das elucidações metacientíficas — aspectos que entendemos serem inerentes à identidade das teorias empíricas — e, por outro, uma aposta desmedida no poder da lógica formal em abarcar todas as nuances presentes numa construção científica. Além disso, é no seio da concepção standard que surge uma das questões mais controversas dentro do âmbito da filosofia da ciência, a saber, a *distinção*

---

[2] A concepção standard de teorias científicas será abordada na seção 3 desta dissertação.

[3] Movimento filosófico que se estabeleceu durante as três primeiras décadas do século XX, fortemente influenciado pelos enormes avanços obtidos no campo da lógica (devido, principalmente, a autores como Gottlob Frege, Bertrand Russell, Kurt Gödel et al) a partir da virada do século XIX até inícios do século XX. Um objetivo premente do empirismo lógico foi a busca pela fundamentação filosófica dos pilares sobre os quais a ciência se erigia. Seus representantes mais notórios foram também os principais artífices da concepção standard de teorias científicas. Para uma excelente avaliação contemporânea deste movimento, indicamos (FRIEDMAN, 1999).

teórico/observacional dos conceitos científicos — cuja discussão é altamente relevante para o tema desta dissertação, dado que a M.E. se posiciona claramente a esse respeito[4].

Ao longo das décadas posteriores aos anos 50 do século XX, foram desenvolvidas várias propostas alternativas à concepção standard. Dentre elas, aquela conhecida como vertente 'historicista'[5] assumiu grande notoriedade ao elaborar as críticas mais incisivas aos fundamentos conceituais da concepção standard. Apesar dos filósofos 'historicistas' terem elaborado imagens mais ricas da dinâmica científica, também é notória a vaguedade dos seus esquemas conceituais de análise, extrapolando do uso de imagens metafóricas.

A M.E. faz parte das abordagens 'semânticas' sobre teorias científicas e seu foco é a análise estrutural das mesmas, bem como de seus respectivos modelos. Acreditamos que, por oferecer um aparato conceitual de análise extremamente rico, a M.E. nos permite gerar imagens mais adequadas tanto das estruturas teóricas quanto da prática científica, sem deixar de levar em conta a importância dos aspectos históricos e pragmáticos inerentes a esta atividade.

[4] Na seção 2, abordaremos o critério proposto pela M.E. de 't-teoricidade'. E, na seção 3, discorreremos mais detidamente sobre o tema da distinção teórico/observacional no âmbito da concepção standard.
[5] A chamada vertente historicista será abordada na Seção 4 desta dissertação.

2. A METATEORIA ESTRUTURALISTA E UMA NOVA VISÃO DA RELAÇÃO TEORIA-EXPERIMENTO

2.1 A metateoria estruturalista como *explication* da dinâmica das ciências empíricas

Vamos iniciar a exposição da M.E. abordando aspectos que são mais de ordem filosófica do que técnica. Alguns mal entendidos ocorreram e, provavelmente, ainda ocorrem no que diz respeito à recepção e avaliação do estruturalismo (cf. LORENZANO, 2013). Por isso, torna-se importante apresentar desde já os *ideais* que pautam o estruturalismo enquanto *modo de fazer filosofia da ciência*.

Como é sabido, a partir dos anos 60 do séc. XX, o modo historicista de fazer filosofia da ciência passou a exercer influência preponderante. A despeito da reconhecida importância dessa escola para o aprimoramento de nossa percepção da ciência como um todo, também é notória a sua aversão ao formalismo como ferramenta de análise dos processos históricos. Essa aversão, em parte é compreensível, principalmente se levarmos em conta que a maioria das críticas elaboradas pelos pensadores da vertente historicista dirigiam-se contra a conhecida *concepção standard* de teorias científicas — a qual era pautada por um ideal formalista cujos moldes, por vezes, mostrava-se tão rígido a ponto de tornar a formalização metateórica uma tarefa praticamente proibitiva. A respeito da inviabilidade em axiomatizar teorias empíricas por meio de linguagens de primeira ordem com cálculo de predicados, Stegmüller (1979a, p. 5, tradução nossa) chegou a afirmar que[6]

> [...] A reconstrução de teorias físicas nos moldes da *visão enunciativa* será, por muito, muito tempo, apenas uma possibilidade lógica, contudo, não realística. Portanto, os adeptos da *visão enunciativa* são simplesmente forçados a usar exemplos fictícios ao invés de instâncias reais da ciência.

No entanto, a aversão historicista ao uso de ferramentas formais para fins metateóricos acabou por abrir um flanco na integridade suas análises. Tal fraqueza pode ser captada sempre

[6] Wolfgang Stegmüller se referia à concepção standard como *visão enunciativa*.

que prestarmos atenção ao uso excessivo de elementos metafóricos e imagéticos, sobre os quais o próprio Kuhn (2006, p. 48-49, grifo nosso) admitiu que

> Desde então, os problemas da variação de significado foram amplamente discutidos, mas ninguém de fato enfrentou por completo as dificuldades que nos levaram, eu e Feyerabend, a falar em incomensurabilidade. **Sem dúvida, tal negligência decorre, em parte, do papel desempenhado pela intuição e pela metáfora em nossas apresentações iniciais. Eu por exemplo, usei muito o duplo sentido, visual e conceitual, do verbo 'ver' e, reiteradamente, equiparei mudanças de teoria a mudanças de *gestalt*.**

Kuhn, por exemplo, durante sua brilhante carreira como filósofo da ciência, jamais conseguiu oferecer uma definição clara e definitiva de *paradigma*. Feyerabend, por sua vez, ao propor um modelo *anárquico* de dinâmica científica, também dificultou nossa apreensão clara do que ele queria dizer com isso. Segundo a M.E., esta falta de precisão poderia ser remediada pelo uso de um aparato formal mínimo, sem excessos e, principalmente, sem a intenção de identificar teorias com axiomatizações em linguagens de primeira ordem. Ou seja, a M.E. opera um movimento que, por um lado, não despreza a riqueza das análises historicistas, e, por outro, não descarta completamente o uso de ferramentas formais. Sobre este movimento, Díez e Lorenzano (2002b, p. 27, tradução nossa) dizem que

> [...] Assimiladas as contribuições inquestionáveis feitas pelos historicistas e, expurgados seus principais excessos, recupera-se durante os anos setenta a confiança na viabilidade das análises formais ou semiformais da ciência, ao menos em alguns de seus âmbitos, entre eles o relativo a natureza das teorias, as quais continuariam sendo as unidades básicas disto que chamamos de ciência, já que os experimentos e as operacionalizações instrumentais em ciência, por exemplo, teriam sentido somente enquanto conformam parte de um contexto teórico.

Ao entender que a dinâmica das teorias científicas pode ser compreendida como a dinâmica das estruturas relacionais que subjazem seus modelos, a M.E. desenvolveu um aparato lógico a fim de alcançar maior precisão e controlabilidade em suas análises

metacientíficas. Contudo, não se trata do resgate dos métodos e teses amplamente defendidos pelo empirismo lógico, mas sim, de uma nova apropriação dos ideais de precisão e rigor — porém, mais consciente dos limites impostos ao uso de ferramentas lógicas (cf. STEGMÜLLER, 1979). Nos parágrafos abaixo, vamos nos deter um pouco mais sobre os princípios que inspiraram a M.E.

No primeiro capítulo do livro *Logical foundations of probability*, Rudolf Carnap[7] (1966) apresenta o procedimento para o qual cunhou o termo "*explication*" — no sentido de *clarificação conceitual*. Este procedimento visa estabelecer uma relação entre dois termos — o *explicandum* e o *explicatum* —, de modo que o novo conceito produzido — o *explicatum* — cumpra alguns requisitos (similaridade ao *explicandum*, exatidão, fecundidade e simplicidade), a ponto de poder substituir o conceito anterior — o *explicandum* — em contextos mais precisos. Ou seja, a *explication* carnapiana é um processo semelhante à formação de conceitos científicos[8], dos quais um dos aspectos essenciais é o de transformar conceitos úteis no contexto cotidiano em conceitos úteis ao desenvolvimento da ciência. O valor-guia da *explication* é a busca pela precisão conceitual, e isso requer alguns breves esclarecimentos.

Ao propormos uma *explication* para um conceito cotidiano, de modo algum estamos depreciando a utilização ordinária de tal conceito. Termo algum sobreviveria caso não correspondesse de maneira eficaz ao seu contexto de uso. Por isso, o que ocorre num processo de *explication* seria bem expresso se o entendêssemos como uma *transposição de contextos*, viz. de um contexto mais amplo para um contexto mais restrito.

É esta busca por precisão conceitual que nos leva de predicados (conceitos qualitativos) como 'quente' e 'frio' a relações (conceitos comparativos) como '*a* está quente em relação à *b*' que, por sua vez, nos leva a relações mais específicas (conceitos métricos) como 'o termômetro registrou uma queda temperatura de 3º Celsius na febre detectada naquela criança três horas atrás'. Como exemplificação, o caso de uma criança em estado febril parece propício a esclarecer a necessidade dessa transposição de contextos:

Contexto Inicial: Uma mãe, ao abraçar seu filho, diz *'você está quente, parece estar com febre!'*

---

[7] Um dos mais importantes filósofos da ciência no século XX e, também, um dos expoentes do empirismo lógico.

[8] Sobre a formação de conceitos científicos, ver Díez e Moulines (1999, cap. 4) e Stegmüller (1979b, cap. I).

Nota Crítica ao Contexto Inicial: Suponhamos que, por exemplo, o irmão da criança vem de uma 'pelada' na rua e entra em casa esbaforido; ao ver sua mãe preocupada com seu irmão mais novo ele se aproxima e encosta sua mão na criança e diz *'ele está normal, parece até estar um pouco frio'*. Os termos 'quente' e 'frio' não permitem concluir a respeito dos sintomas de uma possível febre.

Conclusão: Tomando a criança como *a*, a mãe como *b*, e o irmão da criança como *c*, o máximo que os conceitos de 'quente' e 'frio' permitem neste caso é a formulação de enunciados dos seguintes tipos '*a* está quente em relação à *b*', '*a* está frio em relação à *c*'.

Logo, surge a necessidade de desenvolvermos conceitos como o de 'temperatura' que, ao estabelecer referenciais claros, nos permite aferir com maior precisão o estado térmico dos corpos. Assim, para dar conta das necessidades criadas pelo contexto do exemplo dado acima, notamos que os conceitos de 'frio' e 'quente' mostram-se insuficientes, por serem vagos e imprecisos, ao passo em que o conceito de 'temperatura' revela-se essencial à detecção e monitoramento da evolução de uma enfermidade.

As considerações acima tentam mostrar que esse processo de clarificação conceitual é um valor-em-si — ou seja, merece ser perseguido mesmo antes que um novo contexto torne isso necessário, já que *nem sempre é tão óbvio perceber tal valor*. É esse o ideal que motiva a M.E. a elaborar ferramentas conceituais capazes de fornecer maior clareza a respeito da dinâmica científica. Quando um sistema conceitual filosófico passa por um processo de *explication* e incorpora o uso consciente do aparato formal, este ganha o grau de rigor mínimo necessário para obtermos uma maior controlabilidade das análises diacrônicas (ou históricas), i.e. podemos indicar de forma precisa se o período abordado configura a 'articulação de um paradigma' ou uma 'revolução teórica' etc.

Também é nosso especial interesse demonstrar a relevância da M.E., enquanto proposta de apresentar uma imagem tão precisa e adequada da prática científica quanto nos seja possível. É importante ressaltar que este ideal de precisão, enquanto preserva este valor, já é algo compartilhado com os desenvolvedores do chamado empirismo lógico. Porém, o estruturalismo acolhe o balanço crítico feito à concepção standard, principalmente os que se referem à necessidade de incorporação dos elementos histórico-sociais às análises, bem como da conscientização de que é essencial aprimorar a investigação das relações interteóricas.

2.2 Estruturas e Modelos

A M.E. pertence à família das *abordagens semânticas sobre teorias científicas*. Em tal abordagem, as teorias científicas são concebidas como 'classes de modelos' as quais são determinadas por uma *interpretação verdadeira*[9] (verdadeiro consoante o critério formal de 'satisfação') de estruturas lógicas. Podemos dizer que os modelos são instâncias de tais estruturas. No caso das ciências empíricas — nosso foco principal — costuma-se interpretar os componentes estruturais como elementos e relações identificados em domínios delimitados de fenômenos.

Desde já, devemos apresentar os conceitos básicos a respeito do modo como são definidas as estruturas, pois este aparato básico será utilizado durante a maioria das exposições feitas nesta dissertação. Uma estrutura relacional pode ser definida da seguinte maneira:

$\boldsymbol{D1}$: $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_m}, \boldsymbol{R_1}, \dots, \boldsymbol{R_n} \rangle$ é uma *estrutura* sse:

(1) $\langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_m} \rangle$ são conjuntos

(2) $\langle \boldsymbol{R_1}, \dots, \boldsymbol{R_n} \rangle$ são relações definidas sobre os conjuntos $\langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_m} \rangle$

Na própria definição de uma estrutura já podemos perceber uma abertura ao campo das interpretações. Até aqui, qualquer conjunto[10], composto de quaisquer elementos que mantenham relações entre si, podem compor uma estrutura.

As estruturas são diferenciadas pela sua *tipificação*. O *tipo* de uma estrutura é determinado pelas *sentenças conjuntistas* que, de modo geral, definem a *n*-aridade das funções e relações estruturais, bem como as propriedades apresentadas por tais relações (transitividade, antissimetria, comutatividade, etc.) e que deverão ser satisfeitas pelos modelos

[9] O pensador fundamental para o desenvolvimento da concepção semântica de verdade foi Alfred Tarski, vide Tarski (1956).

[10] Quer sejam, por exemplo, conjuntos de elementos concretos como os habitantes de uma residência que mantêm entre si relações de parentesco; quer sejam conjuntos abstratos como o conjunto dos números naturais que mantêm entre si relações de precedência, identidade e sucessão.

instanciais da estrutura em questão. Dado o enorme número de relações possíveis dentro de uma estrutura[11], para definirmos *tipificação* necessitamos do auxílio da definição de *conjunto escalonado*[12].

$\boldsymbol{D2}$: A é um *conjunto escalonado* sse existem $\boldsymbol{\Theta}$ e $B_1, \dots, B_m$ tais que:

(1) A e $B_1, \dots, B_m$ são conjuntos

(2) $\boldsymbol{\Theta}$ é a operação conjuntista que consiste em aplicar sucessivamente, um número finito de vezes, a operação "$\wp$" (construção de conjunto potência) e "$\times$" (produto cartesiano) a certo(s) conjunto(s), sempre começando com $\wp$

(3) $A \in \boldsymbol{\Theta}(B_1, \dots, B_m)$

Alguns exemplos decorrentes da definição $\boldsymbol{D2}$: dado um conjunto A, A é um conjunto escalonado sobre si mesmo, pois $A \in \wp(A)$ e, portanto, $A \in \boldsymbol{\Theta}(A)$. Ou dados os conjuntos A e B, se $A \subseteq B$, então A é um conjunto escalonado sobre B, pois $A \in \wp(B)$ e, portanto, $A \in \boldsymbol{\Theta}(B)$. Ou dados os conjuntos A, B e C, se $A \subseteq B \times C$, então $A \in \boldsymbol{\Theta}(B, C)$. Ou ainda, se $A \subseteq B \times \wp(C) \times D$, então $A \in \boldsymbol{\Theta}(B, C, D)$.

$\boldsymbol{D3}$: (a) $A_1, \dots, A_k$ são *tipificações* sse:

(1) $\boldsymbol{x} = \langle D_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_n \rangle$ é uma estrutura relacional

(2) $A_1, \dots, A_k$ são certas fórmulas expressas na linguagem da teoria de conjuntos

[11] Por exemplo: Suponhamos uma estrutura x que possua apenas 1(um) domínio D, logo, todas as relações e funções serão definidas sobre este domínio. Em x podemos definir funções binárias do tipo $D \times D \to D$, ou do tipo $\wp(D) \times D \to D$, ou $\wp(D \times D) \times \wp(D \times D) \to D$, e assim por diante. O mesmo acontece para as relações, temos uma ampla gama de possibilidades lógicas, tais como $(D \times D)$, ou $(D \times D) \times D$, e por aí segue. Ou seja, mesmo para estruturas aparentemente simples como x, o número de relações e funções possíveis de serem estabelecidas é muito grande. Em outras palavras, se $x = \langle D, R_1, \dots, R_n \rangle$ e $1 \leq i \leq n$ cada $R_i \in \langle R_1, \dots, R_n \rangle$ pode ser definido como subconjunto de uma destas possibilidades relacionais.

[12] A definição de *conjunto escalonado* adotada aqui é baseada na formulação encontrada em Moulines (2011).

(3) $A_1, \dots, A_k$ são conjuntos escalonados sobre $\boldsymbol{x}$

(b) $\boldsymbol{x} = \langle D_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_n \rangle$ é uma estrutura relacional de determinado *tipo* sse:

(1) $A_1, \dots, A_k$ são tipificações

(2) $A_1(D_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_n) \wedge \dots \wedge A_k(D_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_n)$

Para fixarmos nossa compreensão das três definições dadas acima, apresentaremos um exemplo prático — aplicado às ciências empíricas —, o qual nos ajuda também a entender como se articulam os conceitos que constituem aquilo que podemos chamar de *visão modelo-teórica* de teorias empíricas, e ao qual recorreremos no decorrer da exposição das subseções posteriores. O exemplo consiste da *mecânica clássica de colisões* (doravante, designada por "$\boldsymbol{MCC}$")[13]. Analisemos a definição de sua estrutura.

$\boldsymbol{MCC}$: $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R}, \boldsymbol{v}, \boldsymbol{m} \rangle$ é uma *mecânica clássica de colisões* sse:

(1) $\boldsymbol{P}$ é um conjunto finito e não vazio

(2) $\boldsymbol{T} = \{t_1, t_2\}$

(3) $\boldsymbol{v}: \boldsymbol{P} \times \boldsymbol{T} \rightarrow \mathbb{R}^3$

(4) $\boldsymbol{m}: \boldsymbol{P} \rightarrow \mathbb{R}$ e $\forall p \in \boldsymbol{P}: \boldsymbol{m}(p) > 0$

(5) $\sum_{p \in P} \boldsymbol{m}(p) \cdot \boldsymbol{v}(p, t_1) = \sum_{p \in P} \boldsymbol{m}(p) \cdot \boldsymbol{v}(p, t_2)$

Tendo apenas $\boldsymbol{D1}$ em mente, a estrutura da $\boldsymbol{MCC}$ apresenta três conjuntos: $\boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}$ e $\mathbb{R}$; e duas funções[14] definidas sobre tais conjuntos: $\boldsymbol{v}$ e $\boldsymbol{m}$. Podemos dizer que sua estrutura é expressa por uma quíntupla ordenada, cujos três primeiros componentes são conjuntos e os dois últimos são relações. Isto é suficiente para afirmarmos que a $\boldsymbol{MCC}$ configura uma

[13] Observemos que a partir do momento em que nos referimos a tal estrutura como *mecânica clássica de colisões* está implícita *a realização de uma interpretação semântica* da mesma e, além disso, notamos entre suas relações ao menos uma a qual chamamos de *legiforme*. Contudo, no momento visamos apenas analisá-la sob a luz de $\boldsymbol{D1}$.

[14] Vale salientar que, de acordo com o raciocínio lógico-matemático, toda função é também uma relação.

estrutura. No entanto, para a questão 'qual tipo de estrutura?' obtemos uma resposta quando analisamos a estrutura da $\boldsymbol{MCC}$ por meio de $\boldsymbol{D3}$: as condições $\boldsymbol{MCC}$ - (2) ⋯ (5) definem que o conjunto $\boldsymbol{P}$ deve conter pelo menos um elemento e que esse elemento não pode ser o vazio ($\emptyset$); que a cardinalidade do conjunto $\boldsymbol{T}$ é igual a 2 ($\|T\| = 2$), além de definir seus elementos extensionalmente, nomeando-os; tipifica a função diádica $\boldsymbol{v}$ como sendo elemento do produto cartesiano $((\boldsymbol{P}\times\boldsymbol{T})\times(\mathbb{R}\times\mathbb{R}\times\mathbb{R}))$ e, consequentemente, também é elemento de $\wp((\boldsymbol{P}\times\boldsymbol{T})\times(\mathbb{R}\times\mathbb{R}\times\mathbb{R}))$ e, portanto, $\boldsymbol{v}$ é um conjunto escalonado ($\boldsymbol{D2}$) sobre $\boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}$ e $\mathbb{R}$ (ou simplesmente $\boldsymbol{v} \in \boldsymbol{\Theta}(\boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R})$); e tipifica a função unária $\boldsymbol{m}$ como elemento do produto cartesiano $(\boldsymbol{P}\times\mathbb{R})$ e, portanto, $\boldsymbol{m} \in \boldsymbol{\Theta}(\boldsymbol{P}, \mathbb{R})$. A conjunção destas condições determinam o *tipo* da estrutura $\boldsymbol{MCC}$, ou, em outras palavras, determinam sua *espécie estrutural*.

A tipificação é de fundamental importância para a determinação semântica da estrutura, pois, esta define a gama de candidatos a possíveis interpretações. Não poderíamos, por exemplo, interpretar $\boldsymbol{T}$ como o conjunto dos grãos de areia nas praias, porém, seria plausível interpretá-lo como o conjunto dos estados lógicos de uma chave liga-desliga, já que neste caso a condição de cardinalidade seria satisfeita. De fato, a comunidade científica ligada à estrutura $\boldsymbol{MCC}$ adota as seguintes interpretações: $\boldsymbol{P}$ é um conjunto de partículas; $\boldsymbol{T}$ é o conjunto de dois instantes (antes e depois da colisão); $\boldsymbol{v}$ é a velocidade da partícula; e $\boldsymbol{m}$ é a massa da partícula.

Para finalizar o exemplo, vamos tratar do que chamamos de 'interpretação verdadeira' de uma estrutura. Até aqui vimos como uma estrutura é declarada, tipificada e interpretada. Agora devemos entender o passo fundamental para definirmos a classe de modelos da estrutura. Tomemos, por exemplo, uma partida de bilhar. Primeiramente, notamos que as bolas colidindo possuem pesos[15] e velocidades. Mas até aqui, teríamos apenas a satisfação das condições necessárias à identificação dos elementos estruturais. Ainda falta algo crucial para verificarmos se o sistema composto pelas bolas colidindo sobre a mesa de bilhar fazem parte da classe de modelos da $\boldsymbol{MCC}$. O que falta é verificar a satisfação da condição $\boldsymbol{MCC}$ - (6). A relação definida por $\sum_{p\in P} m(p)\cdot v(p,t_1) = \sum_{p\in P} m(p)\cdot v(p,t_2)$ é muito especial, ela estabelece aquilo que chamamos de *relação legiforme* entre os elementos da estrutura. Nas

[15] É preciso deixar claro que, no âmbito da mecânica clássica de colisões, conforme o contexto histórico em que esta foi desenvolvida, o conceito de massa confundia-se com o que chamamos peso. Foi somente após o desenvolvimento da dinâmica de partículas que o conceito de massa é definido com maior precisão como coeficiente inercial dos corpos.

ciências empíricas, tais relações costumam representar as 'leis' que uma comunidade científica alcançou por meio da investigação intersubjetiva.

Para verificarmos a *legiformidade* de $\boldsymbol{MCC}$ - (6), necessitamos medir, empiricamente, tanto os pesos quanto as velocidades, antes e depois dos choques. Caso a constatação for positiva, podemos incluir o sistema 'jogo de bilhar' na classe de modelos da $\boldsymbol{MCC}$ e dizer que esse sistema é uma instância da mecânica clássica de colisões.

Com as definições e exemplos dados acima, esperamos ter esclarecido os conceitos básicos a respeito de estruturas e modelos. Conhecê-los é um requisito mínimo para que possamos compreender no que consistem as abordagens semânticas e, portanto, tal conhecimento é fundamental para a compreensão das exposições realizadas no restante desta dissertação.

2.3 Aplicações pretendidas, asserção empírica, modelos parciais e teoricidade relativa

A M.E considera que as teorias empíricas possuem uma parte formal e uma parte empírica, mas concebe-as, ambas, de maneira diferente da visão ortodoxa[16], assim como a relação entre elas. Uma asserção crucial feita pela M.E. é que o núcleo formal não esgota tudo o que devemos saber para conhecer o que é uma teoria empírica e como ela funciona. Toda teoria empírica é relacionada a um 'mundo exterior' particular para o qual se pretende aplicá-la e para o qual foi concebida. Não se pressupõe que a teoria seja aplicável a tudo, mas apenas a alguma classe de fenômenos específicos, submetida a algumas condições específicas. No arcabouço científico não conseguimos constatar algo como a 'teoria de tudo'. Não se supõe, por exemplo, que a $\boldsymbol{MCC}$ seja aplicável a todo tipo de fenômeno que possamos chamar de 'colisão', pois, o campo de aplicação de uma teoria é resultado de um processo de conceitualização que envolve uma série de idealizações, como por exemplo, *pressupor absoluta rigidez dos corpos envolvidos na colisão, ou a possibilidade de desprezar o efeito de*

[16] Esta é outra designação dada por alguns para a concepção standard. Portanto, concepção standard e visão ortodoxa denotam um mesmo modo de pensar sobre a estrutura da ciência. E reforçando o que já foi dito em outra nota, a exposição da mesma será feita na seção 3 desta dissertação.

fricção, e assim por diante. É a este mundo conceitualizado de modo bem particular que se pretende aplicar a $\boldsymbol{MCC}$.

Na terminologia padrão da M.E., chamamos este mundo exterior de "domínio de aplicações pretendidas" da teoria. Ele também pertence à identidade da teoria, pois, de outra forma não saberíamos do que a teoria está tratando e, consequentemente, uma parte essencial de sua determinação semântica seria perdida[17]. É importante reforçar que este domínio, ao qual se *pretende* aplicar a parte formal da teoria, não surge num vácuo conceitual. Na mecânica de colisões, por exemplo, o domínio de aplicações não consiste de observações 'puras'[18], mas sim, de entidades já conceitualizadas de um modo bem particular, de maneira a torná-las compatíveis com o quadro conceitual da $\boldsymbol{MCC}$. Assim, surge uma importante questão: quais conceitos utilizamos na descrição do domínio de aplicações pretendidas de uma dada teoria? Para oferecermos uma resposta adequada a esta questão, devemos compreender a noção de 'teoricidade relativa', a qual nos permitirá identificar precisamente as subestruturas teóricas cujos modelos configuram a base empírica relativa de uma dada teoria.

Normalmente, distinguimos dois níveis conceituais e metodológicos dentro de uma mesma teoria:

(a) O nível dos conceitos que são específicos da teoria em questão, os quais podem ser determinados *somente* pela pressuposição da aplicabilidade da teoria.

(b) O nível dos conceitos 'importados' de outras teorias.

Se $\boldsymbol{T}$ é a teoria em questão, denominamos o conjunto de conceitos em (a) como "$\boldsymbol{T}$-teóricos". E o conjunto de conceitos em (b) como "$\boldsymbol{T}$-não-teóricos". Estes últimos são tipicamente determinados por seus vínculos com outras teorias 'subjacentes'. A classe de instâncias das subestruturas que satisfazem somente os axiomas para os conceitos $\boldsymbol{T}$-não-teóricos representa a base relativa de dados para $\boldsymbol{T}$. Estas subestruturas recebem um nome especial: *modelos parciais*. A classe dos modelos parciais de uma dada teoria $\boldsymbol{T}$ é simbolizada

[17] Ou seja, apesar de afirmarmos que toda teoria possui uma parte formal e outra empírica, não se deve pensar que estas são independentes entre si. Aquilo que descrevemos na subseção anterior como 'interpretação' já é um processo de elaboração conceitual de forma a encaixar um domínio de fenômenos em uma certa estrutura de relações possíveis. Portanto, interpretação e estruturação estão vinculadas na própria gênese da teoria.

[18] Na subseção 4.2 comentaremos sobre a impossibilidade de uma observação pura.

por "$\boldsymbol{M_{pp}(T)}$". A 'parcialidade' de tais modelos é relativa aos modelos de $\boldsymbol{T}$, os quais simbolizamos por "$\boldsymbol{M(T)}$"[19]. Por isso, entre os modelos parciais e os modelos de uma teoria existe uma relação de 'enriquecimento conceitual':

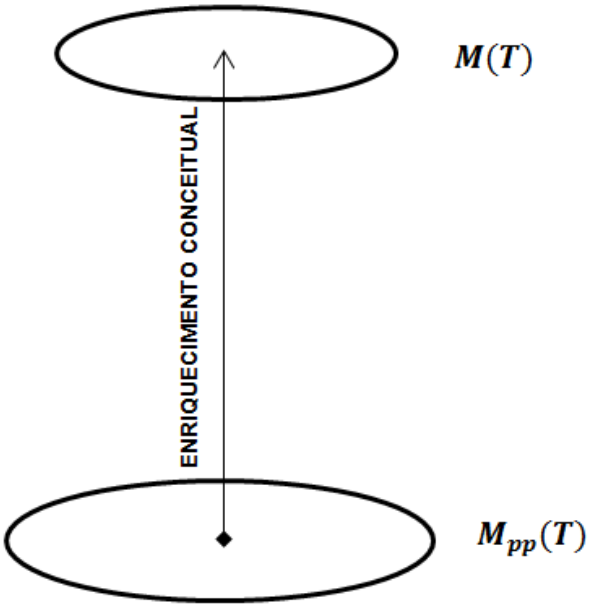


Figura 1 – Relação entre $\boldsymbol{M_{pp}(T)}$ e $\boldsymbol{M(T)}$

E vale ressaltar que esta relação entre modelos e modelos parciais é do tipo 'muitos-para-um'. Isto ocorre devido ao fato de que diferentes teorias podem compartilhar de uma mesma base empírica:

[19] Na subseção 2.6.1 analisaremos em maiores detalhes a classe de modelos de uma teoria.

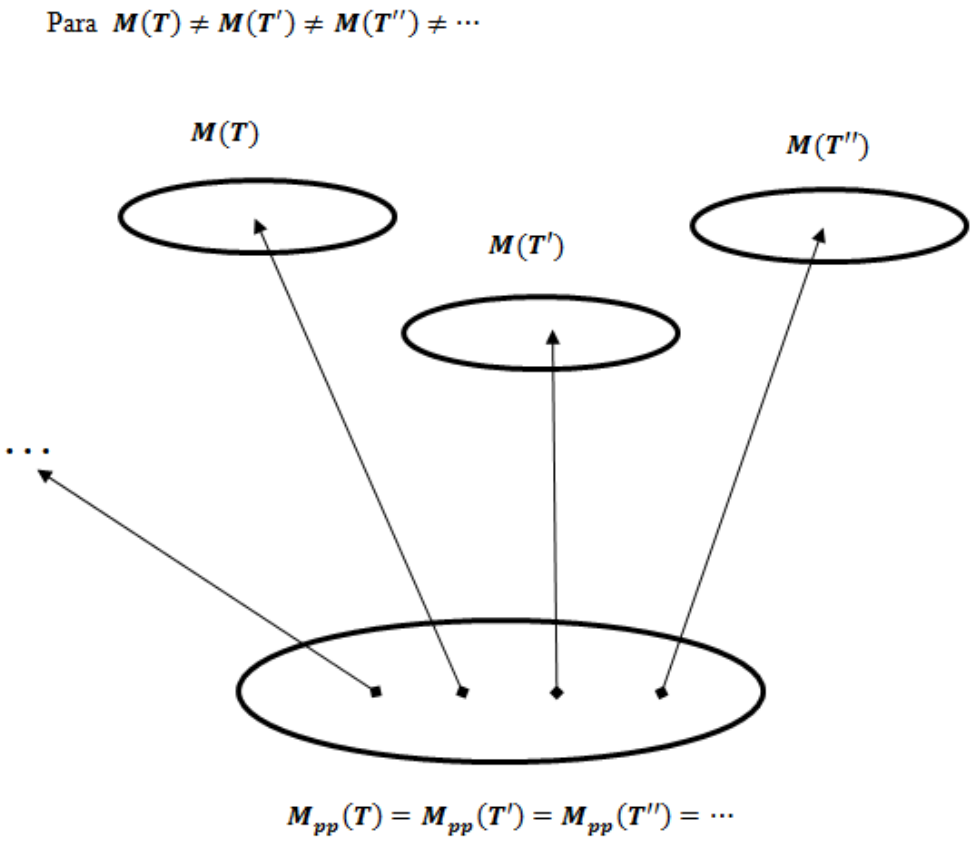


Figura 2 – relação 'um-muitos' de $M_{pp}(T)$ para $M(T)$

A M.E. afirma que o conjunto das *aplicações pretendidas* é *subconjunto* da classe dos *modelos parciais* da teoria em questão. Assim, simbolizando o domínio de aplicações pretendidas de uma teoria por "I", podemos expressar tal domínio da seguinte forma:

$$\text{“}I \subseteq M_{pp}\text{”}$$

Se considerarmos a MCC como uma teoria mecânica autônoma em relação à mecânica newtoniana (como se constata historicamente), podemos identificar que os conceitos oriundos de 'teorias subjacentes' seriam os conceitos cinemáticos ($P, T,$ e v)[20]— pois podemos normalmente descrever o deslocamento espacial de partículas no tempo utilizando apenas tais conceitos —, enquanto que m seria específico da MCC e, por isso, determinável somente se *pressupormos* a validade desta teoria[21]. Isto significa que os conceitos MCC-não-teóricos

[20] Vide a exposição estrutural realizada na p. 9 desta dissertação. E para uma reconstrução da cinemática clássica de posição ver (BALZER, 1997, cap. 3).

[21] A situação, de fato, envolve mais considerações, já que o conceito de massa da MCC depende de uma teoria *diferente*: a mecânica newtoniana. Se assumirmos uma postura rígida quanto a este caráter da MCC com respeito à mecânica newtoniana, seria até plausível dizer que todos os conceitos da MCC são MCC-não-teóricos, ou seja,

seriam $\boldsymbol{P}, \boldsymbol{T},$ e $\boldsymbol{v}$, e portanto, os modelos parciais seriam aquelas subestruturas as quais são elementos da seguinte classe:

$$\boldsymbol{M_{pp}}(\boldsymbol{MCC}) = \{\langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{v} \rangle : \exists \boldsymbol{m}(\langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{v}, \boldsymbol{m} \rangle) \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})\}$$

Portanto, o domínio de aplicações pretendidas $\boldsymbol{I}$ da $\boldsymbol{MCC}$ é:

$$\boldsymbol{I}(\boldsymbol{MCC}) \subseteq \boldsymbol{M_{pp}}(\boldsymbol{MCC})$$

Cabe aqui uma importante observação: investigar a estrutura do domínio de aplicações pretendidas nos permite um primeiro vislumbre sobre a questão fundamental dos vínculos interteóricos. Eles expressam aquilo que queremos dizer com 'importação de conceitos' ou 'teorias subjacentes'. O enfoque estruturalista nos permite ver com clareza que, no confronto de uma dada teoria com a experiência, entram em jogo uma série de relações interteóricas — algumas, inclusive, essenciais para a determinação da própria teoria que está sendo confrontada. No caso da $\boldsymbol{MCC}$, como foi dito acima, seus modelos parciais (ou sua base empírica) são modelos da *cinemática* (doravante, "$\boldsymbol{CIN}$"). Ou em outras palavras, a descrição dos deslocamentos espaço-temporais são instâncias da classe de modelos da *cinemática*, porém, tais modelos são apenas *parciais* em relação à *mecânica clássica de colisões*, essa parcialidade dever ser suprida por um processo de enriquecimento conceitual ao qual pertencem pelo menos o conceito de massa $\boldsymbol{m}$ e a relação $\sum_{p \in P} m(p) \cdot v(p, t_1) = \sum_{p \in P} m(p) \cdot v(p, t_2)$ para que estes passem de modelos parciais para modelos da *mecânica clássica de colisões*.

$\boldsymbol{M_{pp}}(\boldsymbol{MCC}) = \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$. Sem a intenção de entrar em maiores detalhes, mencionamos esta característica apenas no intuito de tornar explícita a sutileza do tema que, por si só, merece um estudo à parte. Para mais considerações ver (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, pp. 53-54).

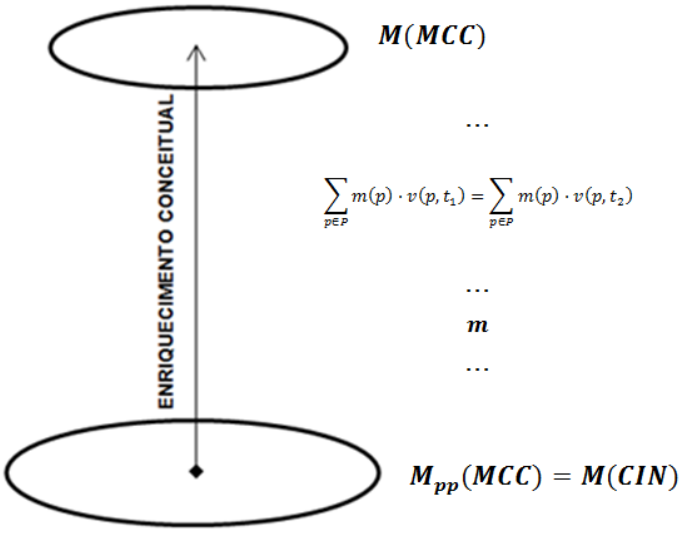


Figura 3 – Vínculo conceitual entre $\boldsymbol{MCC}$ e $\boldsymbol{CIN}$

Portanto, $\boldsymbol{I}(\boldsymbol{MCC}) \subseteq \boldsymbol{M_{pp}}(\boldsymbol{MCC})$ expressa aquelas subestruturas que os cientistas envolvidos *esperam* poder subsumir sob as leis da $\boldsymbol{MCC}$. Ou seja, espera-se que as estruturas parciais representando os dados obtidos e, reconceitualizados de um certo modo, possam ser adequadamente estendidas (enriquecimento conceitual) para estruturas completas que venham a ser modelos da $\boldsymbol{MCC}$, e que, além disso, satisfaçam determinadas relações intrateóricas e interteóricas que descreveremos posteriormente e respectivamente como *constritores* e *vínculos*, e tudo isso dentro de uma apropriada margem de aproximação. Isso é o que pode ser chamado de "*asserção empírica da teoria*".

A asserção empírica da $\boldsymbol{MCC}$, por exemplo, é a de que *o fenômeno de colisão possa ser conceitualizado como um conjunto de partículas com a precisa indicação dos instantes antes e depois da colisão, e que uma velocidade bem determinada possa ser subsumida sob um modelo de colisão mecânica no qual a função massa é adicionada a estes sistemas de modo que os modelos satisfaçam a lei de conservação do momento, os constritores estabelecidos com outros modelos, e os vínculos com teorias subjacentes dentro de uma dada aproximação determinada pela subclasse de uma uniformidade de modelos potenciais*.

Uma asserção empírica como esta, dada logo acima, formulada explicitamente, pode ter a forma um tanto quanto emaranhada. No entanto, veremos na subseção 2.6.6 que a M.E. possui ferramentas que nos permitem aferir clareza e precisão às asserções empíricas.

2.4 A relação entre modelos de dados e modelos

> *"Talvez eu possa descrever adequadamente o tipo de ideias nas quais estou interessado do seguinte modo. Correspondendo às realizações possíveis da teoria, eu apresento as realizações possíveis dos dados. Então, os modelos de dados de um experimento são definidos habitualmente em termos de realizações possíveis dos dados."*
>
> (SUPPES, 1962, p. 253, tradução nossa)

> *"Primeiro, existe o caso em que tentamos sistematizar algum dado empírico dentro de um quadro conceitual qualquer e, nesse processo, temos de fazer 'idealizações' e 'simplificações' (leia-se: aproximações) para obtermos um modelo manejável. Em nossos termos, este é o caso quando iniciamos a construção de um modelo potencial ou um modelo potencial parcial a partir de algum dado empírico."*
>
> (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, p. 325, tradução nossa)

A exposição seguinte toma emprestado vários elementos de um texto exemplar de Moulines (2005). Mas antes de prosseguirmos, torna-se necessário um breve esclarecimento a fim de evitar mal entendidos.

As descrições que utilizaremos para fins de análise podem sugerir a falsa ideia de que defendemos uma espécie de indutivismo ingênuo, como se a experiência pudesse determinar de forma unívoca nossas construções teóricas. Que fique claro que não é este o caso. A simples constatação dos casos de subdeterminação empírica[22] já é suficiente para descartarmos tentativas neste sentido. Temos inúmeras maneiras possíveis de engendrar a estruturação dos dados empíricos, e cada uma dessas possibilidades possui suas próprias qualidades — em geral, relativas aos aspectos que um grupo de pesquisadores considera de maior relevância. E se retomarmos o que foi dito na subseção anterior a respeito da conceitualização do domínio de aplicações pretendidas, então teremos em mente a

[22] É o caso quando temos teorias diferentes que conseguem dar conta do mesmo domínio de fenômenos.

necessidade do cientista de realizar idealizações a fim de encaixar os fenômenos num determinado esquema conceitual[23].

Posto o que foi dito, logo acima, tomaremos o exemplo abaixo como representativo de uma grande variedade de situações científicas na medida em que ele explicita a complexidade inerente a qualquer produção social, pois, ao contrário do que se pode pensar, as metodologias e os valores epistêmicos, por exemplo, mesmo na atividade científica, são pautados por negociações internas à comunidade científica, e não impostos externamente como se fossem portadores de uma verdade absoluta que os cientistas teriam o sortilégio de descobrir. Feito este último esclarecimento, podemos seguir sem a preocupação de que não sejamos confundidos como defensores de um empirismo ingênuo.

A reconstrução hipotética feita no artigo supracitado trata da empreitada levada a cabo por um grupo de pessoas que, num determinado momento histórico, interessaram-se pela experiência denotada por pontos luminosos movendo-se no céu noturno. Quando os integrantes de tal grupo entraram no acordo de observar aquele fenômeno sistematicamente, decidindo registrar as posições ocupadas pelos pontos luminosos em determinados instantes, compartilhando e discutindo suas constatações, tornaram-se *parceiros de investigação* ('*group of partners*'). Podemos pensar esse grupo como uma *pré-comunidade científica*.

Este grupo deverá tomar decisões em resposta a perguntas do tipo 'qual o método de registro a ser adotado?', 'é necessário estabelecermos um referencial?', 'quais aspectos do fenômeno são mais importantes?', etc. O conjunto de tais decisões orientará a produção de um manancial de dados que deverá passar por uma *estruturação base* a qual chamaremos de *modelo de dados*.

Façamos as seguintes observações prévias: o fenômeno dos pontos luminosos movendo-se no céu noturno é o que chamamos de *situação experiencial*; a coleção de observações registradas para serem compartilhadas posteriormente a chamamos de *base operacional*; e a *situação experiencial*, quando observada sistematicamente por um grupo de *parceiros de investigação* munidos de uma *base operacional* passa a ser uma *situação experiencial controlada intersubjetivamente*.

---

[23] Para citar um exemplo bem conhecido, recordemos que Galileo teve de *pressupor* a existência de um 'vácuo' em suas investigações a respeito da queda dos corpos.

Assumamos que os *parceiros de investigação* decidiram registrar sistematicamente as observações. Imaginemos que tal sistematização fosse feita com o auxílio de recursos bem simples de registro como, por exemplo, para dar conta do registro da passagem do tempo, fosse utilizada uma ampulheta para marcar os instantes em que determinados pontos luminosos ocupavam determinada posição. E para dar conta do registro espacial, se utilizasse talvez um papiro, ou qualquer superfície em que se pudesse facilmente fazer anotações. Assim, escolhendo um ponto luminoso em particular, fixo, para servir de referencial, os parceiros de investigação passaram a registrar a posição relativa dos pontos luminosos que se moviam irregularmente (o ponto referencial poderia ter sido apelidado por eles de 'estrela do norte', e os pontos de movimento irregular de 'planetas' — que por sua vez, poderiam receber nomes individuais como Mercúrio, Vênus, Marte, etc.).

Do modo como foi descrito acima, podemos concluir que o resultado das observações sistemáticas será uma representação gráfica cujo conteúdo irá exprimir informações relevantes a respeito do fenômeno observado. Esta célula mínima de conhecimento científico constitui algo muito importante para a relação entre teoria e evidência. Como podemos perceber, um modelo de dados corresponde a uma determinada *situação experiencial controlada intersubjetivamente*. Os parceiros de investigação poderiam convencionar que o modelo de dados em questão fosse representado por afirmações da seguinte forma:

(A_1) "O ponto p_1 no papel, quando a areia da ampulheta está na marca *m*, representa Mercúrio."

(A_2) "O ponto p_2 no papel, quando a areia da ampulheta está na marca *m*, representa Vênus."

.

.

.

(A_m) "O ponto p_m no papel, quando a areia da ampulheta está na marca *m'*, representa Mercúrio."

.

.

.

(A_n) "A distância de p_1 para o referencial quando a areia da ampulheta está na marca *m*, é r_1."

(A_{n+1}) "A distância de p_2 para o referencial quando a areia da ampulheta está na marca *m*, é r_2."

.

.

.

Consideramos legítima a seguinte conjectura: desde a escolha dos referenciais de observação, assim como os critérios de aceitação do procedimento confiável para a medição do tempo, e também do meio gráfico adequado para se obter uma representação fecunda, todas essas decisões foram tomadas por um procedimento de negociação interna ao grupo de parceiros de investigação. Ou seja, a própria fase de elaboração dos modelos de dados é impregnada de aspectos pragmáticos e convencionais típicos de toda atividade social. Aqui já podemos entrever o fato de que cada situação experiencial controlada intersubjetivamente pode assumir um número enorme de variadas formas — principalmente porque cada situação experiencial deverá possuir um modelo de dados que se mostre adequado e fecundo à análise daquela situação específica.

Aqui é fundamental perceber que, apesar de estarmos diante de uma representação pré-teórica de um domínio fenomênico restrito, podemos já constatar uma boa dose de *conhecimento de fundo* utilizado na determinação dos fatos. Isso ressalta algo salientado ostensivamente por Kuhn (1962), Feyerabend (1962), dentre outros, a saber, que não existe observação que não esteja saturada, em maior ou menor grau, por algum tipo de teoria — o que ocorrerá é que em casos como o da construção de modelos de dados verificaremos uma *menor saturação teórica* em relação aos modelos de uma dada teoria. Resulta dessa perspectiva que teremos *níveis de saturação teórica* (ou uma hierarquia de modelos) ligando os fenômenos à teoria[24], o que confere inteligibilidade ao encontro entre teoria e experiência.

Voltando ao nosso modelo de dados hipotético, notamos que o conteúdo de suas informações diz respeito a pontos luminosos, instantes, e à distância de tais pontos em relação a um referencial. Mais especificamente, podemos dizer que sua estrutura[25] tem dois conjuntos base (de pontos e de instantes marcados), um conjunto auxiliar (o conjunto dos números racionais) e uma função diádica (entre um ponto em particular utilizado como referencial e os demais pontos). Apelidemos a estrutura do nosso modelo de dados de $\boldsymbol{MD_{exp}}$:

[24] Sobre a hierarquia de modelos, recomendamos ver Laymon (1984).

[25] Para maiores esclarecimentos a respeito de estruturas e modelos ver subseção 2.2.

$\boldsymbol{MD_{exp}} = \langle \{\boldsymbol{r_0}, \boldsymbol{p_1}, \dots, \boldsymbol{p_5}\}, \{\dots \boldsymbol{m_i}, \dots\}, \boldsymbol{d}\rangle$, Onde

$\boldsymbol{r_0}$ é um ponto com posição estável, convenientemente escolhido como referencial,

$\boldsymbol{p_1}, \dots, \boldsymbol{p_5}$ são interpretados como sendo os planetas,

$\boldsymbol{m_i}$ representa as marcas na ampulheta correlacionadas aos instantes temporais,

$\boldsymbol{d}$ é a função diádica definida como $\boldsymbol{d}: \boldsymbol{p_i} \times \boldsymbol{m_i} \rightarrow \boldsymbol{r_i}$, ($r_i \in \mathbb{Q}$), correlacionada com as afirmações (A_{n+j}), com $j \geq 0$, e que constituirá uma coleção de triplas ordenadas do tipo $\langle \boldsymbol{p_i}, \boldsymbol{m_i}, \boldsymbol{r_i}\rangle$.

No entanto, dadas às características dos modelos de dados, não podemos alçar sua estrutura à categoria lógica formal de *modelo* como num sentido tarskiano (cf. MORTARI; DUTRA, 2007). Sobre isso, Moulines (2005, p. 328, tradução nossa) ressalta que:

> É similar à noção padrão de modelo no sentido de que as triplas $\langle p_i, m_i, r_i\rangle$ satisfazem (num sentido tarskiano forte de 'satisfação') as fórmulas *(A_{n+j})* para $j \geq 0$. Contudo, não é bem um modelo tarskiano, pois não podemos realmente falar de 'satisfação' com respeito à formulae *(A_k)* para $k < n$: ao invés disso, o que temos aqui são pressuposições operacionais a fim de estabelecer o 'universo de discurso' de *DM_P* [MD_{exp}]. Tendo em conta ambos aspectos (a analogia, bem como a não-identidade com a noção formal de modelo), parece ser justificado aplicar à estrutura *DM_P* [MD_{exp}] a denominação especial de 'modelo de dados'.

Os modelos de dados são fundamentais para a inteligibilidade entre o aparato conceitual de uma teoria e os fenômenos para os quais esta tenta oferecer explicações adequadas. Por isso, é crucial compreendermos como se dá esta relação sob o ponto de vista semântico-estrutural. E para isso, precisamos nos aprofundar um pouco mais sobre a noção de subestrutura.

Podemos notar que a estrutura $\boldsymbol{MD_{exp}}$ não estabelece entre seus componentes qualquer relação que possamos chamar de *legiforme*[26]. No entanto, $\boldsymbol{MD_{exp}}$ pode ser subestrutura de uma estrutura conceitualmente mais rica, a qual seja capaz de estabelecer tais relações

[26] Em $\boldsymbol{MD_{exp}}$ apenas encontramos tipificações (vide subseção 2.2).

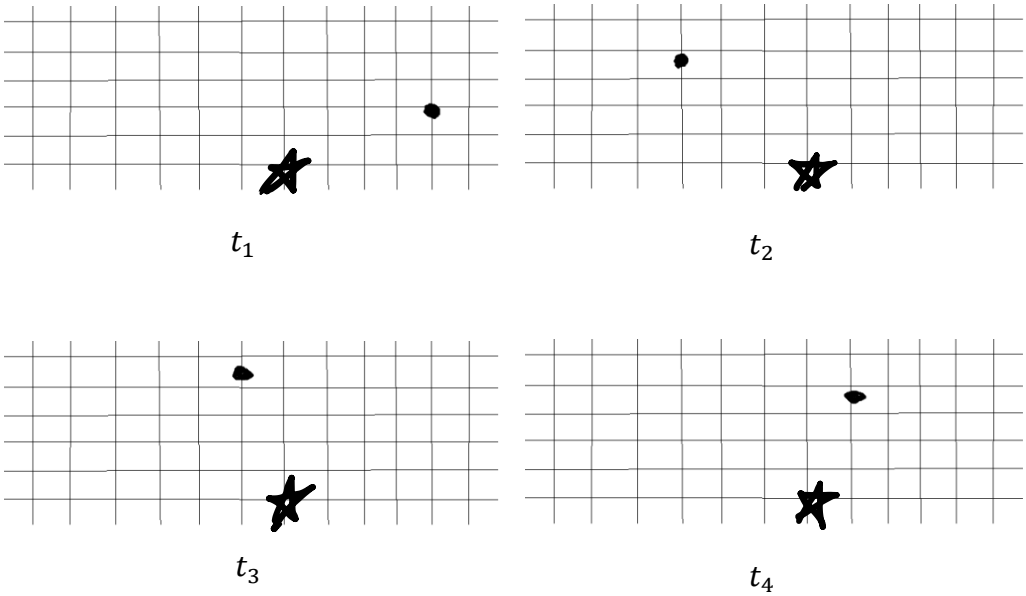
legiformes e determinar uma classe de modelos de uma determinada teoria. É neste ponto que percebemos a fundamental importância dos modelos de dados: *eles são imprescindíveis para realizarmos o 'encaixe', por assim dizer, entre as estruturas de menor saturação teórica com as estruturas de maior saturação teórica*. Abaixo, vamos exemplificar esta relação entre modelos de dados e modelos.

Vamos supor que um membro do grupo de investigação (ou da comunidade científica) especializa $\boldsymbol{MD_{exp}}$, obtendo outro modelo de dados com as seguintes características:

(1) nele selecionamos apenas os registros sobre o movimento do planeta que apelidamos de 'Marte', em relação à posição da uma estrela referencial a qual apelidamos de 'Spica', isso durante um determinado período de tempo $(t_1, \dots, t_n)$;

(2) tal movimento será registrado graficamente num plano bidimensional de coordenadas, onde a estrela 'Spica' ocupa a posição $(0, 0)$.

Vamos chamar este novo modelo de dados de $\boldsymbol{MD_{marte}}$. A forma gráfica dos registros, obtidos a partir deste novo modelo de dados, revelará um fato curioso, a saber, o aparente *movimento retrógado* na trajetória de Marte. De modo bem rudimentar, o investigador da trajetória marciana pode ter construído representações, a partir de $\boldsymbol{MD_{marte}}$, semelhantes às que seguem (em favor da simplicidade, vamos supor cinco instantes):



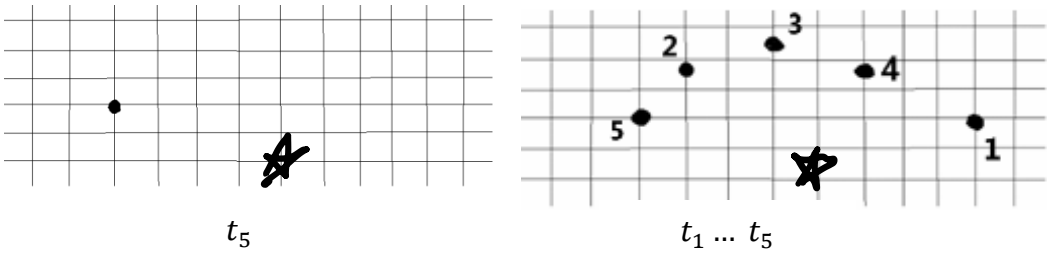


Figura 4 – Aparente movimento retrógrado de Marte

Este modelo de dados pode ser descrito formalmente da seguinte forma:

$\boldsymbol{MD_{marte}} = \langle \{\boldsymbol{spica}, \boldsymbol{marte}\}, \{\boldsymbol{t_1}, \boldsymbol{t_2}, \boldsymbol{t_3}, \boldsymbol{t_4}, \boldsymbol{t_5}\}, \mathbb{Q}, \boldsymbol{d_p}\rangle$, onde

Para $1 \leq \boldsymbol{i} \leq 5$, se $\boldsymbol{d_p}: \{\boldsymbol{spica}, \boldsymbol{marte}\} \times \boldsymbol{t_i} \rightarrow \mathbb{Q}^{\boldsymbol{2}}$, então

$\boldsymbol{d_{p-marte}}: \boldsymbol{t_i} \rightarrow \mathbb{Q}^{\boldsymbol{2}}$ (esta função atribui as distâncias a Marte em cada um dos cinco instantes)

E para todo $\boldsymbol{t_i}$, $\boldsymbol{d_{p-Spica}} = \langle 0, 0\rangle$

Os dados fornecidos por tais representações podem ser tomados como evidência para diversas teorias diferentes. O investigador pode, por exemplo, desenvolver uma teoria que explique este movimento retrógrado assumindo um sistema geocêntrico, onde o planeta Marte realiza epiciclos em sua órbita circular ao redor da Terra; ou, poderia estar convicto de que uma teoria que assume um sistema heliocêntrico onde os planetas realizam órbitas elípticas com velocidade variante seria mais fidedigna ao fenômeno; e poderia ainda haver muitas outras formas de elaborar teorias, e todas elas enriqueceriam de alguma forma a estrutura fornecida por $\boldsymbol{MD_{marte}}$.

O importante é notar que, de modo geral, as teorias propostas para a explicação de um fenômeno qualquer realizam uma série de pressupostos não triviais que vão bem além daquilo que os modelos de dados podem fornecer. Constatamos isso ao observarmos que as teorias formuladas costumam fazer asserções a respeito da própria natureza do tempo e do espaço, ou sobre a constituição da matéria, ou sobre os princípios-guia da vontade humana, etc. Em todos

esses casos, *as estruturas teóricas enriquecidas subsumem as estruturas hierarquicamente mais próximas da experiência*.

Como exemplo ilustrativo, vamos relacionar o modelo de dados $\boldsymbol{MD_{marte}}$ com uma hipotética teoria planetária heliocêntrica $\boldsymbol{T_p}$ capaz dar conta da observação do movimento retrógrado de Marte e, além disso, estabelecer relações legiformes a respeito de sua órbita num espaço tridimensional euclidiano:

Como já sabemos, $\boldsymbol{MD_{marte}} = \langle \{\boldsymbol{spica}, \boldsymbol{marte}\}, \{\boldsymbol{t_1}, \boldsymbol{t_2}, \boldsymbol{t_3}, \boldsymbol{t_4}, \boldsymbol{t_5}\}, \mathbb{Q}, \boldsymbol{d_p}\rangle$. Agora, pressupondo $\boldsymbol{T_p} = \langle \boldsymbol{A}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{R}, \boldsymbol{R_1}, \dots, \boldsymbol{R_m}\rangle$, onde $\boldsymbol{A}$ é um conjunto não vazio e finito, cujos elementos interpretamos como o conjunto de astros observáveis; $\boldsymbol{T}$ é um conjunto não vazio e finito, cujos elementos interpretamos como sendo instantes temporais isomorfos a um intervalo em $\mathbb{R}$; $\boldsymbol{S}$ é um conjunto não vazio e finito, cujos elementos interpretamos como sendo posições espaciais tridimensionais; e $\boldsymbol{R_1}, \dots, \boldsymbol{R_m}$ são relações e funções definidas sobre $\boldsymbol{A}, \boldsymbol{T}$, e $\mathbb{R}$. Dizemos que $\boldsymbol{MD_{marte}}$ é uma subestrutura de $\boldsymbol{T_p}$ ($\boldsymbol{MD_{marte}} \sqsubseteq \boldsymbol{T_p}$) se forem satisfeitas as seguintes condições:

(1) $\{\boldsymbol{spica}, \boldsymbol{marte}\} \subseteq \boldsymbol{A}$

(2) $\{\boldsymbol{t_1}, \boldsymbol{t_2}, \boldsymbol{t_3}, \boldsymbol{t_4}, \boldsymbol{t_5}\} \subseteq \boldsymbol{T}$

(3) $\exists \boldsymbol{R} \in (\boldsymbol{R_1}, \dots, \boldsymbol{R_m}) = \boldsymbol{d_p}$

Observação importante: De fato, $\boldsymbol{MD_{marte}}$ não é apenas subestrutura de $\boldsymbol{T_p}$, mas é também o que chamamos de '*subestrutura parcial escalonada*' de $\boldsymbol{T_p}$, pois, por exemplo, o conjunto de pares ordenados $\langle x, y\rangle \in \boldsymbol{d_p}$ é um conjunto *escalonado* sobre o conjunto de triplas ordenadas $\langle x, y, z\rangle \in \boldsymbol{S}$. Porém, guardaremos a exposição completa sobre tal noção para subseções posteriores[27], onde iremos nos ater a alguns detalhes técnicos das ferramentas formais utilizadas pela M.E. Portanto, prosseguiremos evitando o quanto possível as minúcias técnicas em favor da simplicidade de exposição.

[27] Apresentaremos a noção de subestrutura parcial escalonada na subseção 5.2.1.

Se dermos a devida atenção a esse processo de enriquecimento estrutural, perceberemos que ele, de alguma forma, reflete aquela relação entre o '*input ralo*' e o '*output torrencial*' que constatamos nas construções teóricas (cf. QUINE, 1969, cap. 3). Isto fica claro quando observarmos que as teorias costumam realizar afirmações que vão muito além das informações fornecidas pelos modelos de dados.

Na figura abaixo, a parte superior representa a descrição cinemática bidimensional que podemos obter a partir de $\boldsymbol{MD_{marte}}$ e, na parte inferior, a descrição cinemática tridimensional que podemos obter a partir de $\boldsymbol{T_p}$. Esse recurso visual nos dá uma apreensão intuitiva do enriquecimento estrutural:

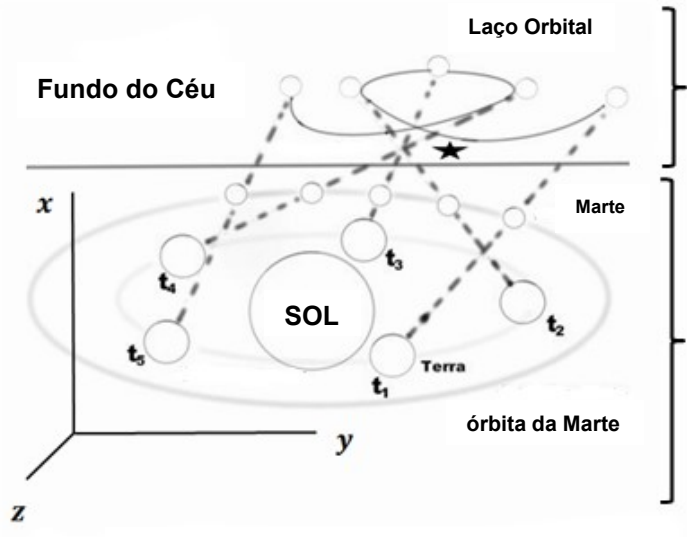


Figura 5: Contraposição entre os planos tridimensional e bidimensional do movimento retrógrado de Marte

- Observada a olho nu da Terra, a trajetória orbital de Marte em forma de laço na abóbada celeste, é um modelo de uma estrutura de menor saturação teórica, como $\boldsymbol{MD_{marte}}$
- Pressuposições teóricas como a de um espaço tridimensional euclidiano, de órbitas planetárias elípticas, de relações entre forças gravitacionais e massas dos corpos, geram modelos de estruturas de maior saturação teórica, como a teoria orbital de Kepler, ou a teoria gravitacional de Newton, ou ainda a nossa teoria hipotética $\boldsymbol{T_p}$

A figura 5 também nos ajuda a entender porque normalmente encontramos termos pertencentes a uma teoria para os quais não encontramos uma referência imediata no plano da experiência. Como vimos, não existe 'ligação direta', mas sim, uma hierarquia de estruturas conectadas conferindo significado aos termos de uma dada teoria.

Finalizaremos esta subseção assinalando que, tanto a noção de *modelos de dados* quanto a ideia do encadeamento hierárquico presente nas estruturas teóricas foram introduzidos por Patrick Suppes, no início da década de 60 do século XX, num artigo

fundamental chamado "Models of Data"[28]. As ideias ali contidas contribuíram de modo relevante para nossa compreensão da relação teoria-experimento.

2.5 Metateoria estruturalista: um esboço introdutório

Antes de nos determos com mais profundidade nas ferramentas de análise desenvolvidas dentro da M.E., achamos conveniente um rápido sobrevoo sobre alguns princípios-chave que guiam a concepção estruturalista. Isto prepara o caminho para uma boa assimilação de tópicos fundamentais que serão tratados posteriormente, tais como *especialização*, *redes teóricas*, *constritores*, dentre outros.

Ao nos determos no estudo da estrutura e desenvolvimento de teorias científicas fica patente a complexidade envolvida na relação entre experiência e teoria. Já vimos, pelo menos, uma faceta desta complexidade ao constatarmos que raramente uma teoria pode ser aplicada a um domínio de fenômenos sem se apoiar em outras, as quais, por vezes, relacionam-se de modo essencial com esta, estabelecendo a base empírica sobre a qual as leis da teoria farão sentido serem aplicadas[29]. Outra característica importante pode ser percebida no fato de que, na natureza, um domínio fenomênico frequentemente apresenta sutis variações nas propriedades de seus objetos[30], o que acaba por refletir numa correlata variação no comportamento destes.

Para distinguir metateoricamente características como as mencionadas no parágrafo anterior e ser o mais fiel quanto possível à dinâmica científica, a M.E. tem como *unidade mínima significativa de análise* a *noção* de *elemento teórico*. É nele que encontramos os componentes estruturais básicos para que se possa realizar uma asserção empírica[31]. No entanto, os elementos teóricos se articulam com outros elementos teóricos, desempenhando papéis hierarquicamente distintos dependendo do modo como tais relações estão estabelecidas — se são relações de *especialização*, ou de *teorização*, etc. Portanto, o significado da

[28] (SUPPES, 1962).

[29] Ver subseção 2.3.

[30] Pensemos, por exemplo, se elaboramos uma teoria para dar conta de colisões. Alguns 'objetos' que colidem podem apresentar deformação, ao passo que outros objetos muito similares podem apresentar propriedades elásticas.

[31] Ver subseção 2.3.

designação “teoria” depende da perspectiva sob a qual estamos nos referindo. Por um lado, podemos identificar *teoria* com *elemento teórico* caso estejamos levando em conta apenas sua aplicação local; por outro, se nosso enfoque for o alcance de aplicação de vários elementos teóricos com mesma estrutura, então *teoria* se identifica com o que chamamos de *redes teóricas*.

O modo de conceber as teorias científicas como classes de modelos que se articulam numa rede de relações entre seus componentes estruturais contribui tanto para a avaliação sincrônica quanto diacrônica das teorias científicas. De início, observemos a seguinte imagem:

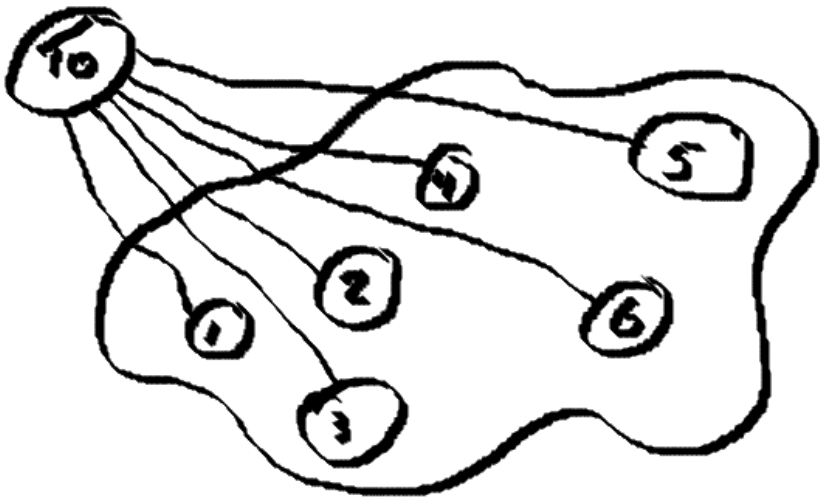


Figura 6 – Especialização a partir de elemento teórico básico

$\boldsymbol{T}_0$ representa o *elemento teórico básico*; **1** à **6** representam *instâncias especializadas* a partir de $\boldsymbol{T}_0$, as quais subsumem porções específicas do domínio fenomênico.

Agora, vejamos um refinamento da figura 6:

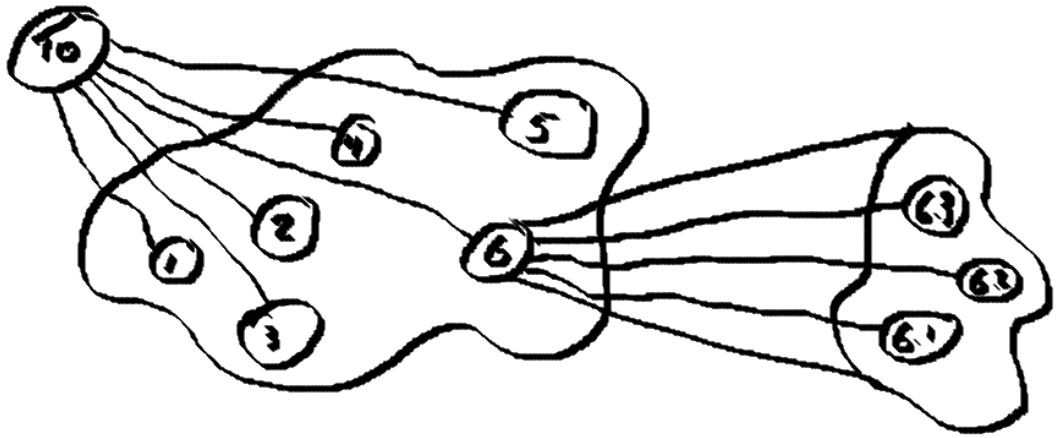


Figura 7 – Especialização a partir de elemento teórico não básico

Na figura 7, podemos visualizar que o elemento teórico 6, por sua vez, sofreu também um processo de especialização a fim de solucionar 3 tipos de problemas restritos a uma porção ainda mais especializada de fenômenos.

O elemento teórico $\boldsymbol{T}_0$ fornece a estrutura básica que será compartilhada por todos os demais elementos teóricos da rede. $\boldsymbol{T}_6$ e $\boldsymbol{T}_{6.1}$, por exemplo, além de herdarem a estrutura de $\boldsymbol{T}_0$, possuem componentes estruturais especializados, ou em outras palavras, são *especializações da mesma estrutura básica*.

Na subseção 2.3 falamos a respeito do componente pragmático e intencional $\boldsymbol{I}$ de uma teoria. Mas como já havíamos assinalado, existe também o componente formal, desenvolvido com a pretensão de ser aplicável à $\boldsymbol{I}$. Simbolizamos o componente formal por $\boldsymbol{K}$. Portanto, representamos um elemento teórico por $\boldsymbol{T} = \langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I} \rangle$. E para a relação de especialização utilizamos o símbolo $\boldsymbol{\sigma}$.

Na M.E. a representação para esta rede de relações entre elementos teóricos — via especialização — será algo semelhante à figura abaixo:

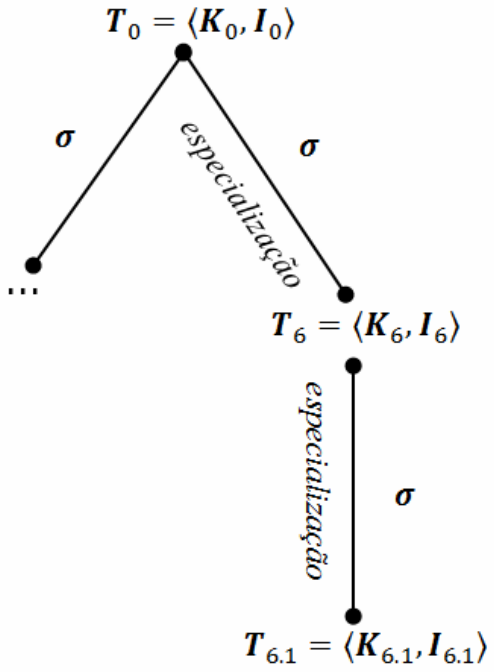


Figura 8 – Esboço de rede teórica

Esperamos que a exposição feita nesta subseção venha cumprir a tarefa de introduzir o leitor ao *modo* pelo qual a M.E. realiza suas análises metacientíficas — o que, acreditamos, contribuirá para uma melhor compreensão das exposições seguintes, as quais terão um caráter mais formal.

2.6 Metateoria estruturalista: um aprofundamento sobre o aparato formal

Temos a convicção de que a M.E. oferece um aparato conceitual extremamente eficaz para a análise filosófica das ciências empíricas. Até o momento, nossa exposição evitou o aprofundamento em questões de cunho mais técnico, priorizando pôr em relevo a relação teoria-experiência em termos mais intuitivos e menos formais. Porém, é inevitável nos debruçarmos de modo mais minucioso sobre as ferramentas formais e semi-formais[32]

[32] Dizemos 'semi-formais' pois, principalmente quando dirigimos nossos esforços em oferecer algum tipo de formalização aos componentes pragmáticos, necessariamente temos de abrir mão da rigidez formal e, temos que, por assim dizer, 'relaxar' certas definições.

disponíveis, caso queiramos alcançar ampla compreensão da riqueza analítica possibilitada por este aparato e, consequentemente, nos tornarmos cônscios da significativa contribuição que a M.E. representa dentro das abordagens semânticas metacientíficas.

2.6.1 Modelos potenciais e modelos

É fundamental a distinção de duas espécies de axiomas na descrição estrutural do núcleo formal $\boldsymbol{K}$. Por um lado, aqueles que definem a classe de modelos pertencentes ao "quadro conceitual" no qual uma teoria em questão está inserida, e por outro, aqueles axiomas que definem a classe de modelos efetivos da teoria em questão. Basicamente, o primeiro tipo de axioma consiste em caracterizações[33] e tipificações, ou seja, especifica tanto a *n*-aridade das relações quanto suas propriedades relacionais, tais como, *transitividade*, *associatividade*, *comutatividade*, etc. Já o segundo tipo de axioma especifica as leis da teoria (algumas destas, consideradas como fundamentais, serão de especial importância no processo de especialização). No que segue, almejamos tornar esta distinção tão clara quanto possível.

Como já mencionamos na subseção 2.5, chamamos de 'elementos teóricos' as unidades estruturais mínimas com as quais podemos identificar uma teoria científica. Estes são, por assim dizer, o nível mais básico de organização conceitual por meio do qual uma teoria é capaz de afirmar algo sobre o mundo.

Agora, assumamos que um grupo de investigadores, numa determinada época, uniram esforços no intuito de abarcar teoricamente os fenômenos de colisão. Vamos supor que os integrantes deste grupo realizaram várias observações experimentais com colisões induzidas entre alguns tipos de 'esferas'. Já vimos que esta cooperação investigativa gera o que chamamos de *situação experiencial intersubjetivamente controlada*[34]. O esforço dessa empreitada coletiva resultou numa 'conceitualização' particular das colisões.

A conceitualização dos fenômenos de colisão observados por este grupo consistiu, dentre outras coisas, em *reconceitualizar* cada esfera como uma *partícula*, ou seja, como algo mais simples de abstrair propriedades e manejá-las; também ficou clara para o grupo a

[33] Vide subseção 2.2 e, em especial, a definição $\boldsymbol{D3}(\boldsymbol{a})$.

[34] Vide subseção 2.4.

correlação entre os instantes *antes* e *depois* das colisões e as respectivas definições de massa e velocidade. Em suma, a primeira coisa feita pelo grupo foi decidir quais domínios de objetos D_i e quais relações R_i[35] entre tais objetos constituem um modelo potencial da teoria — ou seja, o quadro conceitual maior no qual se inserem os fenômenos de colisão segundo a conceitualização específica realizada pelos investigadores. Representamos a classe de modelos potenciais pelo símbolo $\boldsymbol{M_p}$. Como já fomos apresentados à estrutura da *mecânica clássica de colisões*[36]($\boldsymbol{MCC}$), nós a retomaremos como recurso expositivo, porém, agora a analisaremos sob a perspectiva da análise metacientífica.

Estabelecemos o predicado conjuntista correspondente aos modelos potenciais da $\boldsymbol{MCC}$ da seguinte maneira:

$\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$: $x = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R}, \boldsymbol{v}, \boldsymbol{m} \rangle$ é um *modelo potencial* da *mecânica clássica de colisões* sse:

(1) $\boldsymbol{P}$ é um conjunto não vazio e finito

(2) $\boldsymbol{T} = \{t_1, t_2\}$

(3) $\boldsymbol{v}: \boldsymbol{P} \times \boldsymbol{T} \rightarrow \mathbb{R}^3$

(4) $\boldsymbol{m}: \boldsymbol{P} \rightarrow \mathbb{R}^+$

Tipificações e Caracterizações:

- *Cardinalidade* do conjunto *T*
- *n-aridade* das funções v e m
- Associação de magnitudes com funções definidas sobre conjuntos numéricos

Já sob o prisma de uma interpretação, temos que a condição $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})(\mathbf{1})$ estabelece nosso domínio de objetos, no caso, um conjunto finito de partículas; $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})(\mathbf{2})$ afirma que somente precisamos de dois instantes para representar colisões: antes e depois da colisão; a condição $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})(\mathbf{3})$ caracteriza a velocidade como uma função vetorial diádica de partículas e instantes; a condição $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})(\mathbf{4})$ caracteriza a massa como uma função real

[35] Vide subseção 2.2 e, em especial, a definição $\boldsymbol{D1}$.

[36] Vide subseção 2.2 e, em especial, a definição de $\boldsymbol{MCC}$, p. 9.

positiva de partículas. Desse modo, pela satisfação das quatro cláusulas (ou fórmulas, ou axiomas), determinamos as entidades que compõem o quadro conceitual da $\boldsymbol{MCC}$. Tais entidades são aquelas para as quais faz sentido perguntar se são modelos da $\boldsymbol{MCC}$.

E quais seriam as entidades que, além de pertencerem ao quadro conceitual da $\boldsymbol{MCC}$, são de fato seus modelos efetivos? Ou melhor, o que define um modelo efetivo de uma dada teoria? A resposta para essas questões já foi adiantada de maneira mais solta na subseção 2.2 e também estava implícita na subseção 2.3, quando falamos sobre conceitos "$\boldsymbol{T}$-teóricos" e enriquecimento conceitual. Grosso modo, a classe de modelos efetivos de uma dada teoria $\boldsymbol{T}$ é determinada por aquele subconjunto dos modelos potenciais que satisfazem as relações legiformes introduzidas pela teoria $\boldsymbol{T}$. No caso do nosso exemplo, qual é a lei introduzida pela $\boldsymbol{MCC}$? Esta lei é dada pelo axioma que expressa aquela correlação que os parceiros de investigação perceberam nas observações intersubjetivamente controladas entre os instantes *antes* e *depois* das colisões e as respectivas definições de massa e velocidade. Na física, esta lei é conhecida como '*lei de conservação do momento*'.

Agora podemos definir a classe dos modelos efetivos da $\boldsymbol{MCC}$ por meio da adição da condição a ser satisfeita pelas instâncias desta classe:

$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCC})$: $x = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R}, \boldsymbol{v}, \boldsymbol{m} \rangle$ é um *modelo* da *mecânica clássica de colisões* sse:

(1) $x \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$

(2) $\sum_{p \in P} m(p) \cdot v(p, t_1) = \sum_{p \in P} m(p) \cdot v(p, t_2)$ ⇨ ***Lei de Conservação do Momento***

A respeito destes dois primeiros componentes do núcleo formal ($\boldsymbol{M_p}$ e $\boldsymbol{M}$), alguém poderia, sob certo ponto de vista, tê-los — erroneamente, insistimos — como suficientes à análise estrutural de uma teoria científica. No entanto, a estrutura de uma teoria empírica pertencente a uma disciplina que tenha atingido um grau mínimo de desenvolvimento metodológico e conceitual, será tipicamente determinada por outros componentes adicionais. No que segue, além de descrevê-los, discorreremos sobre o porquê da importância de distingui-los dentro da estrutura do núcleo formal.

2.6.2 Constritores

Os vários modelos de uma mesma teoria empírica não aparecem isoladamente; eles estão mutuamente relacionados por certas condições a serem satisfeitas, a fim de garantir a transferência de informação teórica entre as diversas aplicações da teoria em questão. A M.E. introduziu um conceito especial para tais condições: "*constritores*". O símbolo para a combinação de todos os constritores de uma dada teoria é "$\boldsymbol{CG}$" (constritores globais).

No exemplo da $\boldsymbol{MCC}$, os constritores a serem considerados são aqueles que conectam as funções de massa dos diferentes modelos. Um destes constritores é chamado de "constritor de identidade". Ele diz que se uma mesma partícula $\boldsymbol{p_0}$ aparece no domínio de dois diferentes modelos $\boldsymbol{x}$ e $\boldsymbol{x'}$, então o valor-massa de $\boldsymbol{p_0}$ em $\boldsymbol{x}$ deve ser o mesmo que o valor-massa de $\boldsymbol{p_0}$ em $\boldsymbol{x'}$. Simbolizamos este constritor por "$\boldsymbol{C_m^=}(\boldsymbol{MCC})$" e o definimos como segue:

$\boldsymbol{C_m^=}(\boldsymbol{MCC})$: Seja $\emptyset \neq \boldsymbol{X} \subseteq \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$. Então, $\boldsymbol{X} \in \boldsymbol{C_m^=}(\boldsymbol{MCC})$ sse $\forall\, \boldsymbol{x}, \boldsymbol{x'} \in \boldsymbol{X} \;\; \forall\, p \in \boldsymbol{P} \cap \boldsymbol{P'}$ ($m(p) = m'(p)$)

A expressão acima pode ser lida informalmente como: "*Um subconjunto de modelos potenciais da mecânica clássica de colisões satisfaz a condição de identidade de massa se, e somente se, o valor da função de massa de uma partícula pertencente a intersecção entre distintos modelos potenciais deste subconjunto permanece o mesmo*."

Outro constritor na $\boldsymbol{MCC}$ é o chamado "constritor de extensividade" para massa, simbolizado por "$\boldsymbol{C_m^+}(\boldsymbol{MCC})$. Ele diz que, se uma dada partícula $\boldsymbol{p''}$ em um modelo $\boldsymbol{x''}$ resulta da concatenação de uma partícula $\boldsymbol{p'}$ em um modelo $\boldsymbol{x'}$ com outra partícula $\boldsymbol{p}$ em um modelo $\boldsymbol{x}$, então a massa de $\boldsymbol{p''}$ é a soma das massas de $\boldsymbol{p'}$ e $\boldsymbol{p}$:

$\boldsymbol{C_m^+}(\boldsymbol{MCC})$: Seja $\emptyset \neq \boldsymbol{X} \subseteq \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$. Então, $\boldsymbol{X} \in \boldsymbol{C_m^+}(\boldsymbol{MCC})$ sse $\forall\, \boldsymbol{x}, \boldsymbol{x'}, \boldsymbol{x''} \in \boldsymbol{X} \;\; \forall\, p \in \boldsymbol{P}\, \forall\, p' \in \boldsymbol{P'}\, \forall\, p'' \in \boldsymbol{P''}$ ($p'' = p \oplus p' \rightarrow m''(p'') = m(p) + m'(p')$)

*O símbolo de concatenação "$\oplus$" é assumido aqui como um 'meta-conceito' primitivo.

Assumindo que os constritores essenciais da $\boldsymbol{MCC}$ sejam apenas $\boldsymbol{C}_m^{=}(\boldsymbol{MCC})$ e $\boldsymbol{C}_m^{+}(\boldsymbol{MCC})$, temos o constritor global da $\boldsymbol{MCC}$ definido como:

$$\boldsymbol{CG}(\boldsymbol{MCC}) = \boldsymbol{C}_m^{=}(\boldsymbol{MCC}) \cap \boldsymbol{C}_m^{+}(\boldsymbol{MCC}).$$

A definição para o constritor global de uma dada teoria $\boldsymbol{T}$ pode ser a seguinte:

$\boldsymbol{D4}$: Se $\boldsymbol{C}_1(\boldsymbol{T}), \dots, \boldsymbol{C}_n(\boldsymbol{T})$ são todos os constritores relevantes para $\boldsymbol{T}$ então

$\boldsymbol{CG}(\boldsymbol{T}) := \cap \{\boldsymbol{C}_1(\boldsymbol{T}), \dots, \boldsymbol{C}_n(\boldsymbol{T})\}$

2.6.3 Vínculos interteóricos

Ao passo em que os constritores denotam relações mútuas entre os modelos de uma mesma teoria (entendida como rede teórica — vide Figura 8), os *vínculos interteóricos* denotarão relações observadas entre modelos de diferentes teorias. Tais relações podem, por exemplo, *determinar significados*, *transferir informações* e, ainda, serem essenciais ao '*conhecimento de fundo'* que constitui a base empírica.

Os vínculos interteóricos serão simbolizados por "λ" e sua classe por L. Como exemplo, podemos afirmar que a função primitiva $\boldsymbol{v}$ na $\boldsymbol{MCC}$ denota um vínculo essencial, pois ela está vinculada a correspondentes funções em outras teorias: $\boldsymbol{v}$ pode ser construída como a derivada primeira de uma função contínua de posição em relação a um tempo contínuo, sendo estes dois últimos termos pertencentes à *cinemática clássica*.

No caso geral, sejam dadas, por exemplo, duas teorias $\boldsymbol{T}$ e $\boldsymbol{T'}$ e suas respectivas classes de modelos potenciais $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{T})$ e $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{T'})$, então temos:

$\boldsymbol{Not_{aux}}$ **1**: Para todos números naturais $i_1, \dots, i_n$ seja $\pi(T, i_1, \dots, i_n)$ a denotação da classe de todas uplas $\langle R_{i_1}, \dots, R_{i_n} \rangle$ para a qual existe algum $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{T})$ tal que para $j = 1, \dots, n$: $R_{i_j} = R^x_{i_j}$.

$\boldsymbol{D5}$: *L* é um *vínculo* entre $\boldsymbol{M_p}$ *e* $\boldsymbol{M'_p}$ sse

(1) $\boldsymbol{M_p}$ e $\boldsymbol{M'_p}$ são classes de modelos potenciais com $\boldsymbol{m}$ e $\boldsymbol{m'}$ relações, respectivamente

(2) existem $i_1, \dots, i_s \in \{1, \dots, \boldsymbol{m}\}$ e $j_1, \dots, j_t \in \{1, \dots, \boldsymbol{m'}\}$ tal que

(2.1) $L \subseteq \boldsymbol{M_p} \times \pi(\boldsymbol{T}, i_1, \dots, i_s) \times \boldsymbol{M'_p} \times \pi(\boldsymbol{T'}, j_1, \dots, j_t)$

(2.2) se $\langle x, \langle r_1, \dots, r_s \rangle, y, \langle s_1, \dots, s_t \rangle \rangle \in L$ então para todo

$k \leq s$ e $l \leq t$:

$r_k = R^x_{i_k}$ e $s_l = R^y_{j_l}$

Para exemplificar, assumamos que a função contínua de posição na cinemática seja designada por $\boldsymbol{s}$, e que a estrutura de um elemento teórico da cinemática seja denotada pela seguinte quadrupla ordenada $\langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R}, \boldsymbol{s} \rangle$. Tomando o caso da função $\boldsymbol{v}$, pertencente à mecânica clássica de colisões, o vínculo $L_1(\boldsymbol{MCC})$ representará as ligações interteóricas entre $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$ e $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{CIN})$, e $\lambda_1 \in L_1$ denotará especificamente a ligação entre a função posição contínua $\boldsymbol{s}$ e a função velocidade $\boldsymbol{v}$. Segundo $\boldsymbol{D5}$, este vínculo poderia ser determinado da seguinte maneira:

$L_1(\boldsymbol{MCC})$: Para todo $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R}, \boldsymbol{v}, \boldsymbol{m} \rangle \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC})$ e

para todo $\boldsymbol{x'} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \mathbb{R}, \boldsymbol{s} \rangle \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{CIN})$

(1) $L_1(\boldsymbol{MCC}) \subseteq \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{MCC}) \times \boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{MCC}, 4) \times \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{CIN}) \times \boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{CIN}, 4)$

(a) $\lambda_1 = \langle \boldsymbol{x}, \langle \boldsymbol{v} \rangle, \boldsymbol{x'}, \langle \boldsymbol{s} \rangle \rangle \in L_1(\boldsymbol{MCC})$ tal que

$\boldsymbol{v} = d\boldsymbol{s}$

O correspondente símbolo para todos os vínculos de uma teoria é "$\boldsymbol{VG}$" (vínculos globais).

$\boldsymbol{D6}$: (a) Se $L_1(T), \dots, L_n(T)$ são todos os vínculos interteóricos entre $M_p(T)$ e outras classes $M_p(T_i)$, $i = 1, \dots, n$, relevantes para T, então para $i \leq n$ definimos:

$$\lambda_i(T) = \{x \in M_p(T) / \exists \bar{a}\, \exists x'\, \exists \bar{a}'\, (\langle x, \bar{a}, x', \bar{a}' \rangle \in L_i)\}$$

(b) $\boldsymbol{VG}(\boldsymbol{T}) = \bigcap \{\lambda_1(\boldsymbol{T}), \dots, \lambda_n(\boldsymbol{T})\}$

Os membros da classe $\boldsymbol{VG}(\boldsymbol{T})$ são modelos potenciais que satisfazem todos os vínculos com outras teorias relevantes para $\boldsymbol{T}$.

2.6.4 Métodos de determinação

> *"Um termo teórico, propriamente dito, é aquele introduzido por uma teoria científica (e a questão quase intocada, em trinta anos de escritos a respeito de 'termos teóricos' é o quê, de fato, distingue tais termos)."*
>
> (PUTNAM, 1962, p. 243, tradução nossa)

Em resposta à epígrafe acima[37], a M.E. concebe que um termo é $\boldsymbol{T}$-teórico caso todos os métodos de determinação deste termo pressuponham a validade da teoria $\boldsymbol{T}$ [38]; se, por outro lado, existem métodos para determiná-lo que não impliquem a validade da teoria $\boldsymbol{T}$, então o termo é $\boldsymbol{T}$-não-teórico[39].

De fato, a respeito da distinção fundamental entre termos $\boldsymbol{T}$-teóricos e $\boldsymbol{T}$-não-teóricos, podemos identificar também, além do que podemos chamar de *versão forte* — dada no parágrafo logo acima —, uma *versão fraca* que afirma: "um termo é $\boldsymbol{T}$-teórico se existe *algum* método de determinação deste termo que pressuponha a teoria $\boldsymbol{T}$"[40].

No entanto, independente de qual das duas versões levemos em conta ao conceber a teoricidade dos termos presentes nas teorias científicas, temos ao menos duas consequências de grande importância: (1) só faz sentido afirmar a teoricidade de um termo se o relativizarmos a uma determinada teoria $\boldsymbol{T}$. (2) a teoricidade é uma questão metodológica.

Dado o papel central que esta concepção de teoricidade desempenha na M.E., torna-se necessário oferecermos maiores esclarecimentos a respeito das consequências (1) e (2), e fornecermos uma análise estrutural e menos intuitiva dos métodos de determinação.

Em geral, o experimento de determinação de um conceito pode ser identificado como uma instância da estrutura dos modelos potenciais de uma dada teoria para a qual o conceito é $\boldsymbol{T}$-teórico. Ou seja, se $\boldsymbol{x}$ é um modelo do método de determinação de um conceito $\boldsymbol{T}$-teórico $\boldsymbol{t}$, então $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{T})$ e $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t} \rangle$ (em prol da clareza expositiva, pressupomos a existência de apenas um termo teórico $\boldsymbol{t}$). Como $\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$ são termos $\boldsymbol{T}$-não-teóricos, os valores assumidos por estes são determinados sem a necessidade da aplicarmos a teoria $\boldsymbol{T}$ (por exemplo, se considerarmos o estatuto de teoricidade da função posição $\boldsymbol{s}$ [41] *em relação* a *mecânica clássica de partículas*[42], temos que os valores assumidos por $\boldsymbol{s}$ podem ser determinados apenas utilizando-se conceitos da *cinemática*, ou seja, a determinação de $\boldsymbol{s}$ não

---

[37] Stegmüller (1976, p. 27) se referia ao conteúdo deste trecho como o 'desafio de Putnam'.

[38] Poderíamos também dizer que *todos os métodos de determinação do termo são modelos de* $\boldsymbol{T}$.

[39] Analogamente a nota anterior, poderíamos dizer que *existem métodos de determinação do termo que não são modelos de* $\boldsymbol{T}$.

[40] Esta distinção entre versão fraca e versão forte é muito importante para a compreensão de um assunto que trataremos em outra seção a respeito de uma *base empírica local de contrastação*, sugerida por Lorenzano (2012).

[41] Função que deve ser derivada duas vezes para obtermos a *aceleração* da partícula.

[42] Uma descrição da mecânica clássica de partículas será oferecida na subseção 2.6.7.1.

pressupõe a validade da mecânica clássica de partículas). Por outro lado, o conceito $\boldsymbol{T}$-teórico $\boldsymbol{t}$ terá seus valores determinados univocamente e sistematicamente pelos valores assumidos pelas relações $\boldsymbol{T}$-não-teóricas $\boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$.

Assim, $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t} \rangle$ deve satisfazer duas condições[43]:

(a) Os valores de $\boldsymbol{t}$ devem depender de $\boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$ de um modo *sistemático*;

(b) os valores de $\boldsymbol{t}$ devem ser determinados *univocamente*.

A satisfação da condição (a) garante que a determinação de $\boldsymbol{t}$ vale para vários conjuntos diferentes de valores $\boldsymbol{r_1}(\boldsymbol{a^j_1}), \dots, \boldsymbol{r_m}(\boldsymbol{a^j_m}), \boldsymbol{j} = 1, 2, \dots$. Mas há também a necessidade que a determinação de $\boldsymbol{t}$ possa ser obtida em configurações experimentais que, apesar de diferentes, sejam similares. Esta relação de similaridade deve determinar uma classe de modelos potenciais cujos membros de têm em comum a propriedade de representar a performance de determinação *em acordo com um certo método* de determinação — simbolizemos esta classe por $\boldsymbol{M}_m$.

A propriedade que induz a classe $\boldsymbol{M}_m$ pode ser expressa por uma sentença A que se aplique aos modelos potenciais de $\boldsymbol{T}$. Desse modo, se $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t} \rangle \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{T})$ então $A(\boldsymbol{x}) = A(\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t})$ expressa que existe uma conexão sistemática entre (os valores de) $\boldsymbol{t}$ e (os valores de) $\boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$. Isto quer dizer que sempre que $\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t}$ satisfizer A então $\boldsymbol{t}$ pode ser determinado por $\boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$ *de acordo com um método específico* de determinação e, portanto, $\langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t} \rangle \in \boldsymbol{M}_m(\boldsymbol{T})$. Chamamos de *sistematização teórica* as relações estabelecidas por $A(\boldsymbol{x})$. Mais adiante, veremos que tal noção de sistematização recorrerá a aspectos pragmáticos a fim de adquirir legitimidade.

A satisfação da condição (b) garante que para dados valores fixos de $\boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$ em repetidas performances de determinação (medição) *não* ocorra a obtenção de valores bem diferentes para $\boldsymbol{t}$. Ou seja, para todo $\boldsymbol{t}, \boldsymbol{t}'$: se $A(\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t})$ e $A(\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t}')$ então $\boldsymbol{t} = \boldsymbol{t}'$.

---

[43] (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, Ch. 2).

Levando em conta as condições (a) e (b) acima, segue uma definição formal de 'método de determinação' e de 'modelo t-determinante':

$\boldsymbol{D7}$: Seja $\boldsymbol{M_p}$ uma classe de modelos potenciais.

(a) $\boldsymbol{M}_m$ é um *método de determinação* para $\boldsymbol{t}$ em $\boldsymbol{M_p}$ sse existe uma sentença A tal que

(1) A se aplica aos elementos de $\boldsymbol{M_p}$

(2) $\boldsymbol{M}_m = \{\langle \boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{t}\rangle \in \boldsymbol{M_p} \,/\, A(\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{t})\}$

(3) para todo $\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{D_k}, \boldsymbol{r_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}$ e todo $\boldsymbol{t}, \boldsymbol{t}'$: se $A(\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t})$ e $A(\boldsymbol{D_1}, \dots, \boldsymbol{r_m}, \boldsymbol{t}')$ então $\boldsymbol{t} = \boldsymbol{t}'$

(b) $\boldsymbol{x}$ é um *modelo* $\boldsymbol{t}$*-determinante* sse existe um método de determinação $\boldsymbol{M}_m$ para $\boldsymbol{t}$ em $\boldsymbol{M_p}$ tal que $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M}_m$

A definição $\boldsymbol{D7}$ estabelece as condições formais necessárias para determinarmos a classe de modelos $\boldsymbol{t}$*-determinantes*, no entanto, a satisfação das condições em $\boldsymbol{D7}$ não são suficientes para 'legitimar' tais modelos. Isto ocorre porque, dentro do formalismo lógico, temos infinitas maneiras de formular a sentença A a fim de garantir tanto a sistematicidade quanto a univocidade exigidas por $\boldsymbol{D7}$. Por isso devemos de alguma forma selecionar dentro da classe $\boldsymbol{M}_m$ aqueles elementos os quais poderiam ser nomeados como 'modelos de determinação admissíveis ou adequados'. E para selecionar tal subconjunto de modelos necessitamos recorrer a aspectos pragmáticos. Mais especificamente, a estratégia consiste em nos referirmos a exposições existentes da teoria $\boldsymbol{T}$ na caracterização dos métodos de determinação e modelos $\boldsymbol{t}$-determinantes. Ou seja, coloca-se como condição a ser satisfeita que a sentença A em um método de determinação consista de (reformulações de) enunciados que, de fato, ocorram nas exposições da teoria $\boldsymbol{T}$. Por exposições existentes entendemos serem os livros-texto, artigos, manuscritos, etc., enfim, os materiais normalmente utilizados no trabalho de formação científica. Desse modo, torna-se possível oferecer uma definição que garanta a *adequação* dos métodos de determinação expressos pela sentença A em $\boldsymbol{D7}$.

$\boldsymbol{D8}$: Seja $\boldsymbol{M_p}$ uma classe de modelos potenciais e $\boldsymbol{M} \subseteq \boldsymbol{M_p}$ um conjunto de modelos dentro de $\boldsymbol{M_p}$.

(a) $\boldsymbol{x}$ é *modelo* $\boldsymbol{t}$*-determinante adequado* em $\boldsymbol{M_p}$ sse $\boldsymbol{x}$ é um modelo $\boldsymbol{t}$*-determinante* em $\boldsymbol{M_p}$ e a sentença A de $\boldsymbol{D7}$ é uma versão de fórmulas ou enunciados que ocorrem em exposições existentes da teoria que tem $\boldsymbol{M}$ e $\boldsymbol{M_p}$ como componentes.

(b) $\boldsymbol{t}$ é $\boldsymbol{T}$-teórico sse $\boldsymbol{T}$ é uma teoria com as classes $\boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{T})$ e $\boldsymbol{M}(\boldsymbol{T})$ de modelos potenciais e modelos efetivos, respectivamente, e para todo $\boldsymbol{x}$: se $\boldsymbol{x}$ é um modelo $\boldsymbol{t}$*-determinante adequado* em $\boldsymbol{M_p}$ então $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{T})$

A definição $\boldsymbol{D8}(\boldsymbol{b})$ fornece um critério de teoricidade que contempla tanto a característica "relativização" dos termos em relação a uma determinada teoria quanto a "legitimidade metodológica" da determinação dos mesmos.

2.6.5 O núcleo formal

Os componentes que ilustramos nas subseções anteriores (modelos potenciais, modelos, modelos parciais, constritores e vínculos) são constituintes essenciais de toda teoria. Embora possamos considerá-los analiticamente distintos, todos estão formalmente relacionados ao quadro conceitual teórico$\boldsymbol{M_p}$. E podemos expressar tais relações como segue:

a) $\boldsymbol{M} \subseteq \boldsymbol{M_p}$

b) $\boldsymbol{CG} \subseteq \wp(\boldsymbol{M_p})$

c) Para todo $\boldsymbol{\lambda} \in \boldsymbol{VG}$, existe um $\boldsymbol{M'_p} \neq \boldsymbol{M_p}$ tal que $\boldsymbol{\lambda} \subseteq \boldsymbol{M_p} \times \boldsymbol{M'_p}$

d) Existe uma função 'muitos-um' $\boldsymbol{r}$ tal que $\boldsymbol{r}$: $\boldsymbol{M_p} \rightarrow \boldsymbol{M_{pp}}$

Consequentemente, a *identidade formal* de toda teoria empírica com certo grau mínimo de complexidade é dada pela matriz de componentes $\boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{M_{pp}}, \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG}$. É esta matriz que chamamos de *núcleo formal* e a simbolizamos por:

$$\boldsymbol{K} = \langle \boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{M_{pp}}, \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG} \rangle$$

Todos os componentes do núcleo de uma teoria são formais no sentido de que, em princípio, eles podem ser totalmente caracterizados por meio da teoria de modelos e da teoria de conjuntos.

2.6.6 Asserção empírica em elementos teóricos

Na subseção 2.3 realizamos uma exposição panorâmica e intuitiva acerca da asserção empírica associada a uma dada teoria (utilizamos naquela subseção o exemplo da asserção empírica associada à *mecânica clássica de colisões*[44]). Vimos que uma formulação explícita e informal da asserção empírica não é capaz de fornecer precisão e clareza. Portanto, agora vamos expor os meios formais pelos quais a M.E. torna precisa a asserção empírica de uma dada teoria $\boldsymbol{T}$.

Já que menor unidade conceitual que pode ser usada para se realizar asserções empíricas é o elemento teórico, é por meio de operações em seus componentes estruturais que podemos formular tais asserções. Se $\boldsymbol{T}$ é uma dada teoria, lembremos que:

a) $\boldsymbol{T} = \langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I} \rangle$ representa o elemento teórico $\boldsymbol{T}$, composto pelo componente formal $\boldsymbol{K}$ e pelo componente informa $\boldsymbol{I}$ l;

b) $\boldsymbol{K} = \langle \boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{M_{pp}}, \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG} \rangle$ é o núcleo teórico formal composto por $\boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}$ e $\boldsymbol{M_{pp}}$, que são as classes de modelos, dos constritores globais $\boldsymbol{CG}$, e dos vínculos globais $\boldsymbol{VG}$; e

c) $\boldsymbol{I}$ é a classe de aplicações pretendidas que, como já vimos, é subconjunto dos modelos parciais.

---

[44] Ver p. 16 desta dissertação.

Cada um dos componentes formais descritos acima determinam classes de modelos por meio de predicados conjuntistas. Se $\boldsymbol{M_{pp}(T)}$ apreende o conjunto de todas as *aplicações* possíveis da teoria $\boldsymbol{T}$, então $\wp(\boldsymbol{M_{pp}(T)})$ representa o conjunto de todas as combinações de aplicações de $\boldsymbol{T}$. Cada elemento de $\wp(\boldsymbol{M_{pp}(T)})$ é um conjunto de possíveis aplicações e, portanto, um candidato para o conjunto $\boldsymbol{I(T)}$ de aplicações pretendidas. A asserção empírica de um elemento teórico $\boldsymbol{T} = \langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I} \rangle$, enquanto verdadeira (ou confirmada), *seleciona* o conjunto de aplicações pretendidas que:

(1) ao serem suplementadas por termos $\boldsymbol{t}$-teóricos, resultem em estruturas que sejam modelos $\boldsymbol{M(T)}$; e

(2) satisfaçam as condições impostas pelos constritores e vínculos globais $\boldsymbol{CG(T)}$ e $\boldsymbol{VG(T)}$, respectivamente.

Desse modo, fica claro que os componentes estruturais $\boldsymbol{M(T)}$, $\boldsymbol{CG(T)}$ e $\boldsymbol{VG(T)}$ são essenciais à seleção do subconjunto de $\wp(\boldsymbol{M_{pp}(T)})$ que identifica a asserção empírica de $\boldsymbol{T}$. Como $\boldsymbol{M(T)}$, $\boldsymbol{CG(T)}$ e $\boldsymbol{VG(T)}$ são componentes de $\boldsymbol{K}$, simbolizamos tal subconjunto por $\mathbf{Cn}(\boldsymbol{K})$ e dizemos que este é o 'conteúdo de $\boldsymbol{T}$'. Os elementos de $\mathbf{Cn}(\boldsymbol{K})$ podem ser descritos como as combinações de modelos parciais que podem ser 'subsumidos' sob a teoria $\boldsymbol{T}$, ou para a qual $\boldsymbol{T}$ pode ser 'aplicada com sucesso'.

Formalmente, $\mathbf{Cn}(\boldsymbol{K})$ é definido como a imagem da função recorte $\overline{\overline{\boldsymbol{r(K)}}}$ que recebe como argumento o 'conteúdo teórico de $\boldsymbol{T}$', simbolizado por $\mathbf{Cn}_{\text{teó}}(\boldsymbol{K})$. A definição e os gráficos abaixo ajudam a esclarecer as relações selecionadas pela asserção empírica:

$\boldsymbol{D9}$: Se $\boldsymbol{K} = \langle \boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{M_{pp}}, \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG} \rangle$ é um núcleo teórico então:

(a) $\mathbf{Cn}_{teó}(\boldsymbol{K}) \coloneqq \wp(\boldsymbol{M}) \cap \boldsymbol{CG} \cap \wp(\boldsymbol{VG})$

(b) Seja a função $\overline{\overline{\boldsymbol{r(K)}}}$ definida por $\overline{\overline{\boldsymbol{r(K)}}}: \wp(\wp(\boldsymbol{M_p})) \rightarrow \wp(\wp(\boldsymbol{M_p}))$, então $\mathbf{Cn}(\boldsymbol{K}) \coloneqq \overline{\overline{\boldsymbol{r(K)}}}(\mathbf{Cn}_{\text{teó}}(\boldsymbol{K}))$

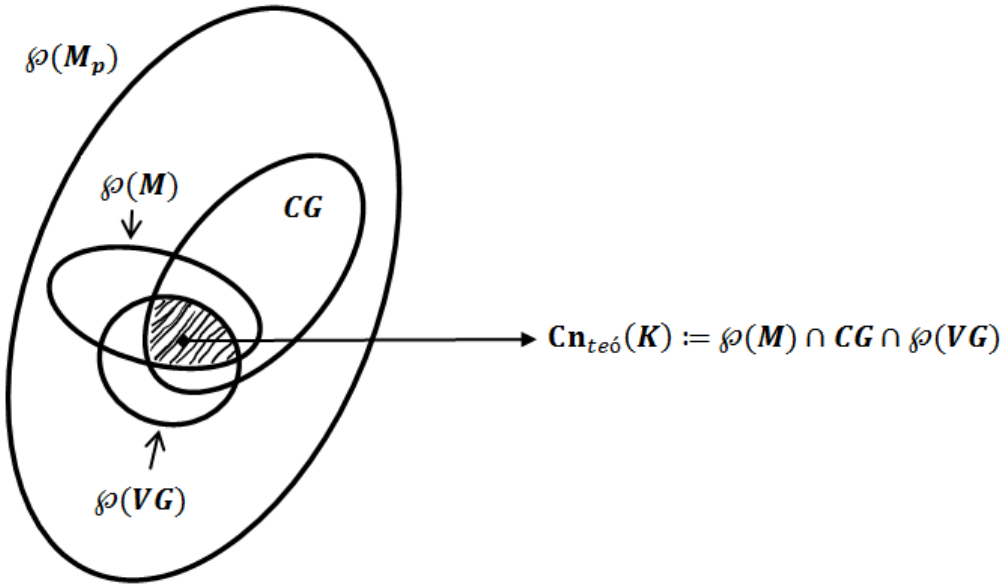


Figura 9 – Conteúdo teórico de $\boldsymbol{T}$
(adaptação de Balzer, Moulines e Sneed (1987, p.81))

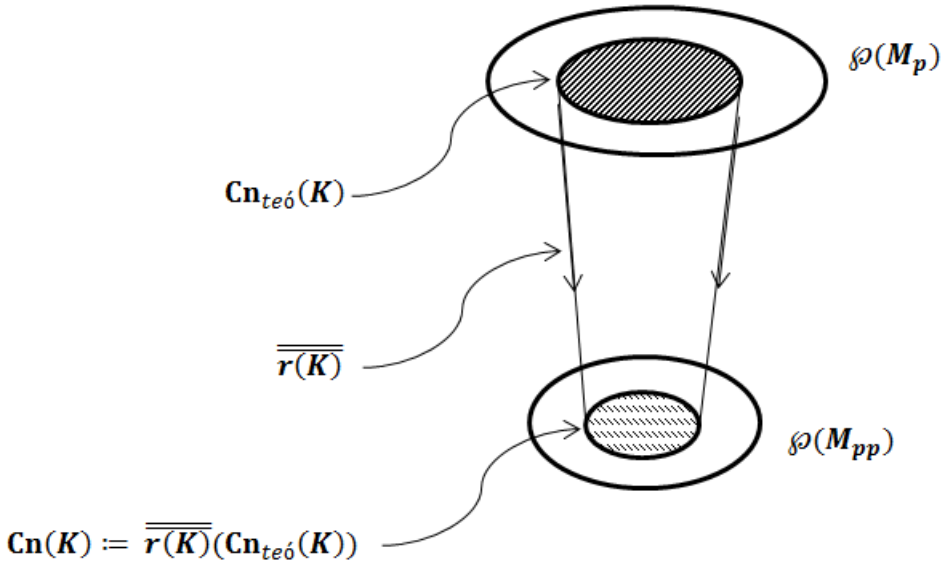


Figura 10 – Conteúdo de $\boldsymbol{T}$
(adaptação de Balzer, Moulines e Sneed (1987, p.85))

Agora podemos oferecer a definição de asserção empírica:

$\boldsymbol{D10}$: Se $\boldsymbol{T} = \langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I} \rangle$ é um elemento teórico, então $\boldsymbol{I} \in \mathbf{Cn}(\boldsymbol{K})$ é a *asserção empírica* de $\boldsymbol{T}$

2.6.7 Redes Teóricas

Conceber $\boldsymbol{I}$ como uma subclasse de $\boldsymbol{M_{pp}}$ não diz muito sobre as "fronteiras" específicas de $\boldsymbol{I}$ dentro de $\boldsymbol{M_{pp}}$. A M.E. afirma que ao examinar o domínio de aplicações pretendidas de teorias particulares nos habilitamos a dizer muito mais a respeito de sua natureza específica. No entanto, isto dificilmente será passível de formalização nos termos da teoria geral de modelos ou da teoria de conjuntos. A razão é que $\boldsymbol{I}$ é um tipo de entidade que depende fortemente de fatores pragmáticos e históricos. Isto implica que, em particular, que o domínio $\boldsymbol{I}$ evolui no tempo ao passo que algo permanece 'o mesmo'. Sistemas similares a um jogo de bilhar, por exemplo, permaneceram como um tipo paradigmático de aplicação pretendida para a mecânica de colisões desde sua criação, porém, muitas outras foram adicionadas no decorrer dos tempos — por exemplo, colisões de partículas subatômicas. Em suma, $\boldsymbol{I}$ é um tipo de entidade que, pela sua própria natureza, em geral não pode ser completamente formalizada.

Já vimos que o domínio de aplicações pretendidas $\boldsymbol{I}$ determina a identidade de uma teoria tanto quanto seu núcleo formal $\boldsymbol{K}$, e que por isso a unidade mais simples que podemos considerar como explicação formal de uma teoria científica $\boldsymbol{T}$ é o par $\langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I} \rangle$. Contudo, isto é só o primeiro passo dentro análise estruturalista de teorias científicas.

Alguns poucos exemplos de teorias científicas podem, de fato, ser reconstruídas como *um* elemento teórico. No entanto, isto é verdade somente para os tipos mais simples de teorias que encontramos na literatura científica. O mais frequente é que teorias individuais, no sentido intuitivo, devam ser consideradas como um agregado de diversos elementos teóricos. *Isso reflete o fato de que muitas teorias científicas possuem leis com graus bem diferentes de generalidade dentro do mesmo cenário conceitual*. É típico que, dentro de tal matriz de elementos teóricos, exista apenas um elemento teórico básico e outros elementos teóricos mais específicos; num processo que leva a elementos teóricos cada vez mais especializados.

O processo de especificação consiste normalmente em especializar o relacionamento entre as relações e as magnitudes presentes no elemento teórico básico, ou em atribuir algum valor concreto a algum parâmetro, ou na mudança do grau de aproximação admitido, e assim por diante. Desse modo, a classe correspondente de aplicações pretendidas torna-se mais e

mais restrita. Este tipo de matrizes de elementos teóricos, que podem ser chamadas de '*redes teóricas*', são unidades rigidamente hierarquizadas; graficamente falando, elas tomam aspecto arbóreo de elementos teóricos — no 'topo', de onde partem as ramificações, temos o *elemento teórico básico*.

Mesmo uma teoria simples como a $\boldsymbol{MCC}$ é, na verdade, mais complexa do que um elemento teórico. O elemento teórico determinado essencialmente pela lei de conservação do momento[45] (e os constritores para massa, mencionados acima) é certamente o *elemento teórico básico* da teoria, pois, toda aplicação da $\boldsymbol{MCC}$ que pode ser prevista tem de ser subsumida por este elemento teórico. Mas existem outras leis mais específicas que consideramos como pertencendo à $\boldsymbol{MCC}$ e que são muito úteis para lidarmos com casos especiais de colisões.

Podemos postular para colisões elásticas, por exemplo, em adição à lei de conservação do momento, a *lei de conservação da energia cinética*. O predicado conjuntista definindo os correspondentes modelos da *mecânica clássica de colisões elásticas* (a designemos por "$\boldsymbol{MCCE}$") pode ser definido como segue:

$\boldsymbol{MCCE}$: $\langle P, T, \mathbb{R}, v, m\rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCCE})$ sse existem t_1, t_2 tais que:

(1) $\langle P, T, \mathbb{R}, v, m\rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCC})$

(2) $\sum_{p\in P} m(p) \cdot |v(p, t_1)|^2 = \sum_{p\in P} m(p) \cdot |v(p, t_2)|^2$

Outra especialização da mecânica de colisões, completamente diferente, é aquela correspondente à *mecânica clássica de colisões perfeitamente inelásticas* (a designemos por "$\boldsymbol{MCCPI}$"). Neste caso, os modelos assemelham-se ao que segue:

$\boldsymbol{MCCPI}$: $\langle P, T, \mathbb{R}, v, m\rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCCPI})$ sse existem t_1, t_2 tais que:

(1) $\langle P, T, \mathbb{R}, v, m\rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCC})$

[45] Ver p. 31 desta dissertação.

(2) Para todo $p, p' \in P$: $v(p, t_2) = v(p', t_2)$

Consequentemente, o gráfico que corresponde à rede teórica da mecânica de colisões é:

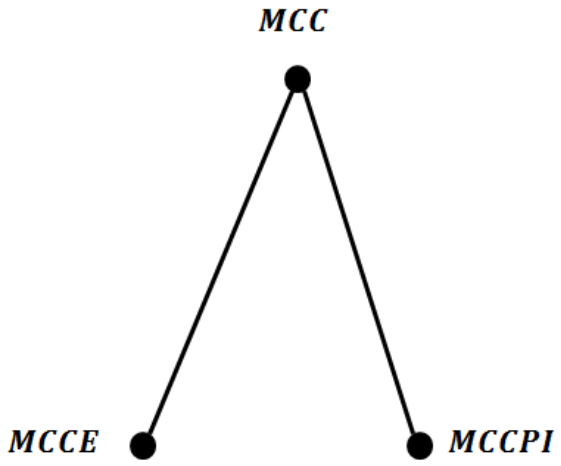


Figura 11 – Rede teórica da mecânica clássica de colisões

As linhas descendentes representam a relação de especialização (representada por "σ")[46] entre elementos teóricos. Tal relação é fundamental para a determinação de uma rede teórica:

$\boldsymbol{D11}$: (a) Se $\boldsymbol{T} = \langle \boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{M_{pp}}, \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG}, \mathbf{A}, \boldsymbol{I} \rangle$ e $\boldsymbol{T'} = \langle \boldsymbol{M'_p}, \boldsymbol{M'}, \boldsymbol{M'_{pp}}, \boldsymbol{CG'}, \boldsymbol{VG'}, \mathbf{A'}, \boldsymbol{I'} \rangle$ são elementos teóricos, então $\boldsymbol{T'} \sigma \boldsymbol{T}$ (lê-se "$\boldsymbol{T'}$ é uma especialização de $\boldsymbol{T}$) sse:

(1) $\boldsymbol{M'_p} = \boldsymbol{M_p}$ e $\boldsymbol{M'_{pp}} = \boldsymbol{M_{pp}}$

(2) $\boldsymbol{M'} \subseteq \boldsymbol{M}, \boldsymbol{CG'} \subseteq \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG'} \subseteq \boldsymbol{VG}$, e $\boldsymbol{I'} \subseteq \boldsymbol{I}$

(b) $\boldsymbol{N}$ é uma *rede teórica* sse existem $\bar{T}$ e σ tais que:

(1) $\boldsymbol{N} = \langle \bar{T}, \sigma \rangle$

(2) $\bar{T}$ é um conjunto não vazio e finito de elementos teóricos

[46] Ver subseção 2.5.

(3) $\sigma \subseteq \bar{T} \times \bar{T}$ é a relação de especialização (restrita à $\bar{T}$)

É importante assinalar que a relação de especialização σ definida sobre $\bar{T}$ é reflexiva, transitiva e antissimétrica. Isto quer dizer que, dados quaisquer $\boldsymbol{T}$, $\boldsymbol{T}'$ e $\boldsymbol{T}''$ pertencentes ao conjunto $\bar{T}$, se $\boldsymbol{T}'$ é especialização de $\boldsymbol{T}$, então $\boldsymbol{T}$ não é especialização de $\boldsymbol{T}'$; e se $\boldsymbol{T}'$ é especialização de $\boldsymbol{T}$ e $\boldsymbol{T}''$ é especialização de $\boldsymbol{T}'$, então $\boldsymbol{T}''$ é especialização de $\boldsymbol{T}$.

Na subseção seguinte nos aprofundaremos na análise do conceito de especialização.

2.6.7.1 Especialização: um conceito chave

A cláusula $\boldsymbol{D11(a)(1)}$ afirma que a relação de especialização se dá entre elementos teóricos que compartilham do mesmo quadro conceitual — o que implica que compartilham também da mesma base empírica. Já a cláusula $\boldsymbol{D11(a)(2)}$ expressa o fato de que os modelos das estruturas especializadas possuem um domínio de aplicação mais restrito, ou seja, podemos entender as especializações como um reflexo da corrente prática científica de desenvolver soluções a problemas cada vez mais específicos, o que requer a adição de novas condições a serem satisfeitas pelo mesmo quadro conceitual.

Ilustraremos, para oferecer um exemplo de maior alcance didático do que aquele oferecido na subseção anterior, a reconstrução de um elemento teórico básico que encabeça uma rede teórica de crucial importância para as ciências físicas, trata-se da *mecânica clássica de partículas* (doravante, "$\boldsymbol{MCP}$"). A partir deste elemento básico, apresentaremos um ramo selecionado de especializações que é de especial interesse para nós, pois, nos permitirá compreender como o aparato da M.E. dispõe de um modo profícuo para abordar a questão do uso de analogias no desenvolvimento científico.

O predicado conjuntista definindo os correspondentes modelos da *mecânica clássica de partículas* pode ser definido do seguinte modo[47]:

[47] (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, ch. 3).

$\boldsymbol{M_p(MCP)}$: $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle$ *é um modelo potencial da mecânica clássica de partículas* sse:

(1) $\boldsymbol{P}$ é um conjunto finito e não-vazio; $\boldsymbol{S}$ e $\boldsymbol{T}$ são conjuntos

(2) $\boldsymbol{c_1}: \boldsymbol{T} \to \mathbb{R}$ e $\boldsymbol{c_2}: \boldsymbol{S} \to \mathbb{R}^3$ são funções bijetivas

* (3) $\boldsymbol{s}: \boldsymbol{P} \times \boldsymbol{T} \to \boldsymbol{S}$ e $\boldsymbol{c_2} \circ \boldsymbol{s_p} \circ \check{\boldsymbol{c}}_1$ é contínua para todo $\boldsymbol{p} \in \boldsymbol{P}$

(4) $\boldsymbol{m}: \boldsymbol{P} \to \mathbb{R}^+$

(5) $\boldsymbol{f}: \boldsymbol{P} \times \boldsymbol{T} \times \mathbb{N} \to \mathbb{R}^3$

* $\check{\boldsymbol{c}}_1$ é a função inversa de $\boldsymbol{c_1}$, logo, $\check{\boldsymbol{c}}_1: \mathbb{R} \to \boldsymbol{T}$

Se $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle \in \boldsymbol{M_p(MCP)}$ então

(a) Para $\boldsymbol{p} \in \boldsymbol{P}$: $\boldsymbol{r_p}: \mathbb{R} \to \mathbb{R}^3$ é definida por $\boldsymbol{r_p} = \boldsymbol{c_2} \circ \boldsymbol{s_p} \circ \check{\boldsymbol{c}}_1$

(b) $\boldsymbol{r}: \boldsymbol{P} \times \mathbb{R} \to \mathbb{R}^3$ é definida por $\boldsymbol{r}(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{\alpha}) = \boldsymbol{r_p}(\boldsymbol{\alpha})$

$\boldsymbol{M(MCP)}$: $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle$ *é um modelo da mecânica clássica de partículas* sse:

(1) $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M_p(MCP)}$

(2) Para todo $\boldsymbol{p} \in \boldsymbol{P}$ e $\boldsymbol{\alpha} \in \mathbb{R}$: $\boldsymbol{m}(\boldsymbol{p})\boldsymbol{D^2 r}(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{\alpha}) = \sum_{\boldsymbol{i} \in \mathbb{N}} \boldsymbol{f}(\boldsymbol{p}, \check{\boldsymbol{c}}_1(\boldsymbol{\alpha}), \boldsymbol{i})$

2ª Lei de Newton

$\boldsymbol{M_{pp}(MCP)}$: $\boldsymbol{y}$ *é um modelo parcial da mecânica clássica de partículas* sse:

$\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle \in \boldsymbol{M_p(MCP)}$ e $\boldsymbol{y} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s} \rangle$

A estrutura do elemento teórico básico $\boldsymbol{MCP}$ é instanciada por todos os sistemas físicos denotados por um espaço tridimensional euclidiano, onde partículas que apresentam a

magnitude *massa* locomovem-se (ou permanecem em repouso) em relação umas às outras, segundo uma lei fundamental expressa pela conhecida 2ª lei de Newton.

É de se notar que o elemento teórico básico $\boldsymbol{MCP}$ possui uma gama enorme de aplicações pretendidas. No entanto, para dar conta dos diversos contextos *específicos* dentro do seu domínio, será inevitável o uso de modelos de *estruturas com maior conteúdo informacional* obtidas por meio de *especializações* da estrutura básica $\boldsymbol{MCP}$. Tomemos como exemplo o seguinte caso: constatamos que alguns *tipos de força* dependem *essencialmente* da posição da partícula — dentre as quais a *força gravitacional* $\boldsymbol{g}$, exercida pelo centro da Terra nos corpos próximos à sua superfície, pois a mesma depende essencialmente da *posição vertical da partícula* (para ser mais preciso, $\boldsymbol{g}$ é um conceito introduzido após três 'ramos' de especialização, pois este é componente do elemento teórico "$\boldsymbol{MCPG}$" — que é especialização de "$\boldsymbol{MCPQI}$" (*forças quadrático-inversas*), a qual é especialização de "$\boldsymbol{MCPC}$" (*forças conservativas*) que, por sua vez, é especialização de "$\boldsymbol{MCPP}$" (*forças com dependência de posição*)); portanto, precisamos adicionar leis específicas que determinem univocamente os modelos com tais características.

Seguindo nosso exemplo de reconstrução, segue o elemento teórico especializado a partir de $\boldsymbol{MCP}$ o qual chamamos *mecânica clássica de partículas com dependência de posição* (doravante, "$\boldsymbol{MCPP}$"):

$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPP})$: $\boldsymbol{x}$ é uma *mecânica clássica de partículas com dependência de posição* sse existe $\boldsymbol{F}$ tal que

(1) $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCP})$

(2) $\boldsymbol{F}: \mathbb{R}^{\boldsymbol{3}} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^{\boldsymbol{3}}$ é contínua

(3) existem $\boldsymbol{p} \in \boldsymbol{P}$ e $\boldsymbol{i} \in \mathbb{N}$ tais que

(3.1) para todo $\boldsymbol{\alpha} \in \mathbb{R}$: $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{p}, \check{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{1}}(\boldsymbol{\alpha}), \boldsymbol{i}) = \boldsymbol{F}(\boldsymbol{r}(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{\alpha}), \boldsymbol{\alpha})$

(3.2) existe um $\boldsymbol{\alpha} \in \mathbb{R}$ e $\boldsymbol{i} \leq \boldsymbol{3}$ tal que:

$\boldsymbol{D_i F}(\boldsymbol{r}(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{\alpha}), \boldsymbol{\alpha}) \neq \boldsymbol{0}$

A condição (1) expressa que $\boldsymbol{x}$ é, também, uma estrutura da *mecânica clássica de partículas* — satisfazendo a primeira cláusula da definição de especialização que afirma que "$M'_p = M_p$ e $M'_{pp} = M_{pp}$". Enquanto que as condições (2), (3.1) e (3.2), de fato, especializam a $\boldsymbol{MCP}$, garantindo que o valor de $\boldsymbol{F}$ mude de acordo com a mudança de posição da partícula $\boldsymbol{p}$ (e não com a mudança da velocidade ou do tempo), satisfazendo assim a segunda cláusula da definição de especialização que afirma que "$\boldsymbol{M'} \subseteq \boldsymbol{M}, \boldsymbol{CG'} \subseteq \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG'} \subseteq \boldsymbol{VG}$, e $\boldsymbol{I'} \subseteq \boldsymbol{I}$".

Levando em conta que as explicações essenciais do processo de especialização como um todo já foram expostas nos parágrafos acima, reconstruiremos os próximos ramos de especialização sem nos deter nos pormenores (levando em conta o quão conhecida é a mecânica clássica de partículas, isso não representará perda alguma à exposição).

A próxima especialização diz respeito a *forças conservativas*:

$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPC})$: $\boldsymbol{x}$ é uma *mecânica clássica de partículas conservativa* sse existe $\boldsymbol{F}$ tal que

(1) $x = \langle P, T, S, \mathbb{N}, \mathbb{R}, c_1, c_2, s, m, f \rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPP})$

(2) $F: \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ é contínua

(3) existem $p \in P$, $i \in \mathbb{N}$ tais que para todo $\alpha \in \mathbb{R}$:

$f(p, \check{c}_1(\alpha), i) = -\nabla F(r(p, \alpha), i)$

O próximo ramo é o das *forças quadrático-inversas*:

$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPQI})$: $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle$ é uma *mecânica clássica de partículas quadrático-inversa* sse:

(1) $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPC})$ *com respeito a* $\boldsymbol{F}$

(2) $h: P \times P \to \mathbb{R}^+$

(3) existem $p \in P$, $i \in \mathbb{N}$ tais que para todo $\alpha \in \mathbb{R}$:

$$F(r(p,\alpha),i) = \sum_{p' \in P, p' \neq p} h(p,p') \cdot \frac{1}{|r(p,\alpha)-r(p',\alpha)|^2}$$

E chegamos finalmente ao elemento teórico referente a *forças gravitacionais*:

$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPG})$: $\boldsymbol{x}$ é uma *mecânica clássica de partículas gravitacional* sse existem $\boldsymbol{F}, h$ e g tais que

(1) $x = \langle P, T, S, \mathbb{N}, \mathbb{R}, c_1, c_2, s, m, f \rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPQI})$ *com respeito a* $\boldsymbol{F}, h$

(2) $\boldsymbol{g} \in \mathbb{R}^+$

(3) para todo $p, p' \in P$: $h(p,p') = \boldsymbol{g} \cdot m(p) \cdot m(p')$

Temos o seguinte *constritor* para a constante gravitacional $\boldsymbol{g}$:

$\boldsymbol{C}(\boldsymbol{MCPG})$: $X \in \boldsymbol{C}(\boldsymbol{MCPG})$ *sse* $\emptyset \neq X \subseteq \boldsymbol{M}(\boldsymbol{GMCP})$ e para todo $x, x' \in X$, se x e x' são $\boldsymbol{MCPG}'s$ *com respeito a* $\boldsymbol{F}, h, g$ e $\boldsymbol{F}', h', g'$ respectivamente, então $g = g'$

O ramo de especialização apresentado até aqui pode ser representado pela seguinte forma gráfica:

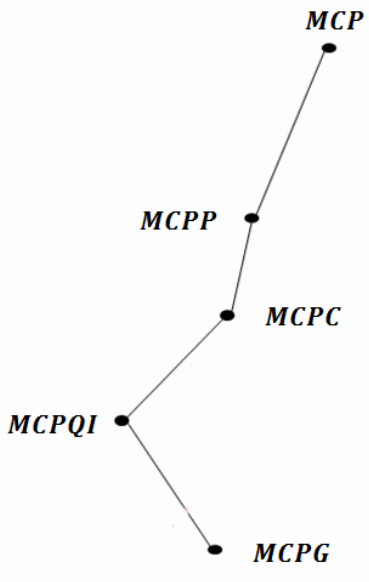


Figura 12 – Ramo de especialização da $\boldsymbol{MCP}$

Pois bem, antes de concluirmos esta subseção, faremos a inserção de um assunto relevante aos nossos propósitos. Trata-se do uso frequente que os cientistas fazem de analogias. O caso em específico é o da analogia feita por Joseph Priestley.

No livro "The History and Present State of Electricity", de 1775, na página 732, Joseph Priestley indaga se

> [...] Não podemos inferir a partir deste experimento que a atração da eletricidade é sujeita as mesmas leis que a gravitação e, portanto, conforme o quadrado das distâncias; já que é fácil de demonstrar que se a Terra tivesse a forma de uma casca, um corpo no seu interior não seria atraído por um lado mais do que outro? (tradução nossa)

Esta analogia foi muito importante para os estudos posteriores a respeito dos fenômenos elétricos. E, de fato, Charles Coulomb veio a realizar um importante experimento que, ao final, veio a confirmar tal relação entre corpos carregados eletricamente.

A analogia é uma estratégia cognitiva bem conhecida dos investigadores científicos. Porém, a noção que temos dela é bem intuitiva, pensamos nela no sentido de que 'alguma coisa é similar à outra coisa'. Mas o que são essas 'coisas' que apresentam similaridades? Se pensarmos em termos estruturalistas talvez possamos oferecer uma resposta que seja mais precisa e profícua do que as concepções intuitivas sobre a natureza das analogias.

Como vimos acima, cada ramo especializado da rede teórica está diretamente relacionado com domínios particulares dentro de um quadro maior. No caso que nos interessa no momento, a $\boldsymbol{MCPG}$ foi desenvolvida para dar conta das relações de atração entre corpos com massa definida. À época de Pristley, a gravitação newtoniana já gozava de grande prestígio, e é razoável imaginarmos que a estrutura deste importante elemento teórico guiava de alguma forma as especulações científicas.

O que Priestley fez, no nosso entendimento, foi *transpor a estrutura de um domínio de aplicação já bem estabelecido para outro domínio ainda em processo de conceitualização*. Quando, na analogia, ele conjectura a possível correlação entre a Terra e uma casca eletrificada, de fato, *ele está substituindo, na estrutura da mecânica gravitacional, o conceito de massa pelo conceito de carga elétrica, e mantendo as relações quadrático-inversas da estrutura original*. Poderíamos ainda avançar mais nos detalhes dessa análise de cunho

estrutural se fizéssemos uso da noção de *imersão entre subestruturas parciais*, porém, este é outro tema que por si só merece um estudo mais extenso e fugiria do nosso intento de oferecer um mero exemplo das possibilidades analíticas abertas pelo uso da M.E.

O novo ramo especializado que teve origem na analogia feita por Pristley pode ser representado com segue:

$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPE})$: $\boldsymbol{x}$ é uma *mecânica clássica de partículas eletrostática* sse existem $\boldsymbol{F}, h, Q$ e ε tais que

(1) $\boldsymbol{x} = \langle \boldsymbol{P}, \boldsymbol{T}, \boldsymbol{S}, \mathbb{N}, \mathbb{R}, \boldsymbol{c_1}, \boldsymbol{c_2}, \boldsymbol{s}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{f} \rangle \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPQI})$ *com respeito a* $\boldsymbol{F}, h$

(2) $\boldsymbol{Q}: \boldsymbol{P} \to \mathbb{R}^+$ e $\boldsymbol{\varepsilon} \in \mathbb{R}^+$

(3) para todo $\boldsymbol{p}, \boldsymbol{p}' \in \boldsymbol{P}$: $\boldsymbol{h}(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{p}') = \boldsymbol{\varepsilon} \cdot \boldsymbol{Q}(\boldsymbol{p}) \cdot \boldsymbol{Q}(\boldsymbol{p}')$

$\boldsymbol{Q}$ representa a carga elétrica da partícula. $\boldsymbol{\varepsilon}$ representa a *constante dielétrica* no vácuo.

Diacronicamente (assunto que veremos em maiores detalhes na seção 5), teríamos o seguinte recorte gráfico:

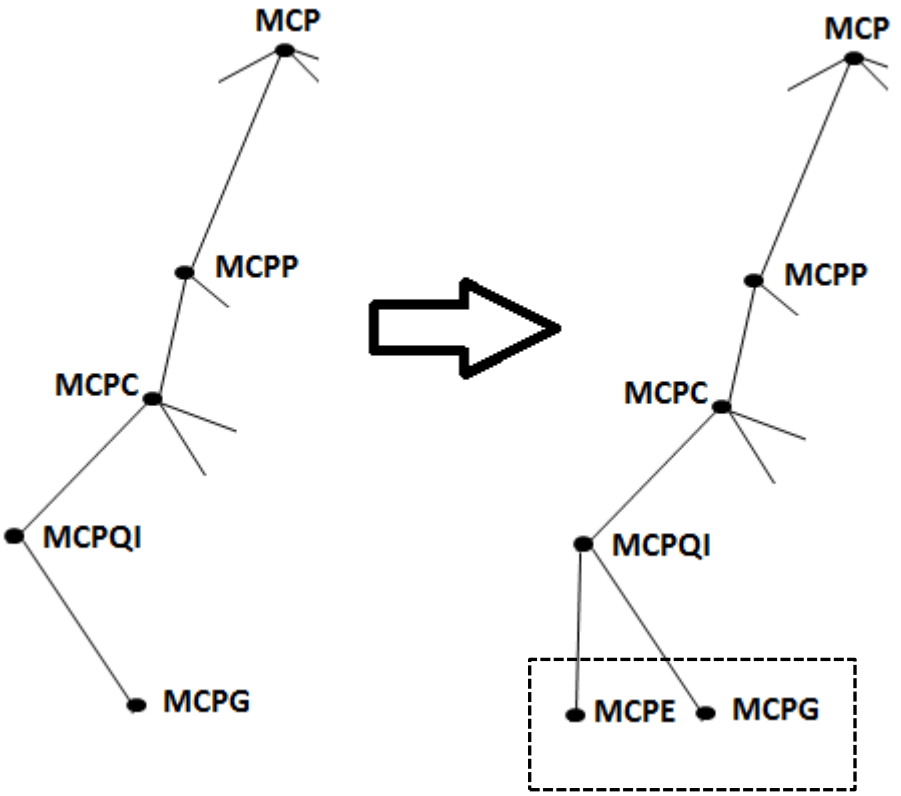


Figura 13 – Especialização sob a perspectiva diacrônica

Em termos metacientíficos o exemplo acima detém outra característica digna de reflexão, a saber, a *multiplicidade dos modos que as relações interteóricas podem assumir*. Percebemos isso com mais clareza quando identificamos os passos para o estabelecimento da $\boldsymbol{MCPE}$: primeiro, o êxito da 'mecânica gravitacional' gera uma *analogia* que impulsiona experimentos no campo científico da 'eletricidade'; segundo, dentro do âmbito de estudos em 'eletricidade', a confirmação experimental obtida por Coulomb sustenta o estabelecimento da $\boldsymbol{MCPE}$ [48] como especialização da $\boldsymbol{MCPQI}$. Ou seja, teríamos um *vínculo* interteórico cuja gênese demonstra o entrelaçamento sutil entre *êxito teórico*, *estratégia cognitiva* e *experimentação*.

A analogia é apenas uma dentre tantas outras estratégias cognitivas. O que foi exposto acima é apenas um exemplo de como a M.E. oferece ferramentas que nos permitem elaborar conceitos mais precisos sobre ideias ainda um tanto vagas, o que contribui para a construção de análises metacientíficas mais robustas, no intuito de fazermos jus a realidade da prática científica como um todo.

Vejamos abaixo a reconstrução sincrônica da rede teórica da mecânica clássica de partículas, que consta na obra de referência sobre o programa estruturalista[49]:

[48] Na reconstrução apresentada em (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987), a opção em incluir a *mecânica clássica de partículas eletrostática* na rede teórica da *mecânica clássica* poderia causar um certo estranhamento a alguns. No entanto, acreditamos que nossa análise sobre o caso da analogia feita por Priestley, demonstrando o caminho que a 'relação quadrático-inversa' da estrutura da teoria gravitacional trilhou, servindo de base para a experimentações em 'eletricidade', parece justificar a opção feita pelos autores.

[49] (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, ch. 4).

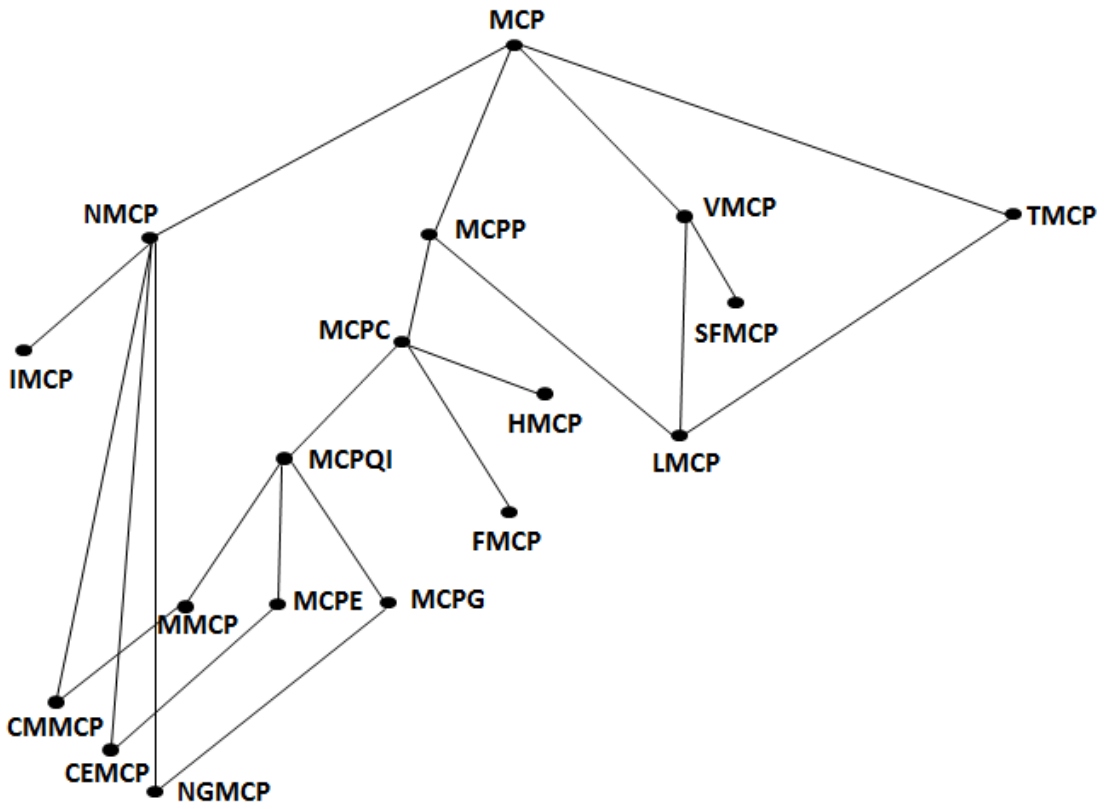


Figura 14 – Rede teórica da $\boldsymbol{MCP}$

É interessante guardarmos em nossa mente que, cada uma das especializações da rede teórica acima pode ter sido desenvolvida ao longo da história sob a influência de estratégias cognitivas bem diferentes: algumas podem ter sido elaboradas, predominantemente, por meio de *ações experimentais*, outras, fortemente marcadas por *elaborações teóricas*, algumas outras, como no caso do exemplo de Priestley, pela forte interação entre *analogia e experimentação*, outras ainda, com caráter mais *metodológico*, e assim por diante. Isto nos dá um pequeno vislumbre das inúmeras estratégias guardadas no rico *contexto da descoberta*.

2.6.7.2 Asserção empírica em redes teóricas

No nível conceitual das redes teóricas, teremos uma pluralidade de asserções empíricas do tipo $I \in \mathrm{Cn(K)}$[50]. São feitas tantas asserções empíricas quanto elementos teóricos existirem na rede. Logo, a asserção global de uma rede teórica será simplesmente a conjunção de todas estas asserções particulares.

$\boldsymbol{D12}$: Se $\boldsymbol{N} = \langle \bar{T}, \sigma \rangle$ é uma rede teórica, então definimos como sua *asserção empírica* a proposição:

Para todo $\langle K, I \rangle \in \bar{T}$: $I \in \mathrm{Cn(K)}$.

2.7 Base empírica: problematização e propostas

Os modelos parciais (M_{pp}) foram definidos como obtidos a partir da função "recorte" que exclui os termos $\boldsymbol{T}$-teóricos dos modelos potenciais (M_p)[51]. Ou seja, os modelos parciais descrevem a base empírica relativa à teoria $\boldsymbol{T}$ — os fenômenos que uma dada teoria pretende explicar, predizer, etc. No entanto, podemos chamar esta definição dos modelos parciais de "versão standard", pois, é fruto dos desenvolvimentos iniciais da M.E. Dado os produtivos embates com problemas surgidos a partir de reconstruções nos moldes da M.E., existem importantes propostas alternativas para a caracterização adequada da base empírica. Exploraremos um pouco mais a fundo os modelos de dados (ou estruturas de dados) e veremos, na seguinte subseção, como estes atendem certas restrições quando da caracterização do domínio de fenômenos a serem teorizados.

---

[50] Vide subseção 2.6.6.

[51] Vide subseção 2.3.

2.7.1 Casos problemáticos de caracterização da base empírica e propostas de solução

Lembremos que, quando recortamos os termos $\boldsymbol{T}$-teóricos dos $\boldsymbol{M_p}$, supomos que a base empírica será descrita por $\boldsymbol{T}$-não-teóricos. Por exemplo, temos em conta que os fenômenos a serem explicados pela $\boldsymbol{MCC}$ e pela $\boldsymbol{MCP}$ podem ser "*plenamente*" descritos utilizando-se apenas os conceitos cinemáticos. Porém, ao buscarmos uma representação fiel à prática científica, nos conscientizamos de que existem sérias restrições quanto à descrição da base empírica. Dentre tais dificuldades, ao menos duas situações são notórias:

(caso 1) *quando não conhecemos todos os valores para as funções* $\boldsymbol{T}$-não-teóricas e;

(caso 2) *quando há casos em que a distinção entre* $\boldsymbol{T}$-não-teórico *e* $\boldsymbol{T}$-teórico *é muito difícil*.

Sobre (caso 1), Gähde (2008, p.48, tradução nossa) diz:

> Consequentemente, a presunção básica que subjaz o uso do conceito de modelos parciais é fictícia, pois, para as funções que ocorrem nestes modelos parciais, conhecemos apenas um número sistematicamente restrito de valores ao invés de conhecermos todos. Por isso, o conceito de modelos parciais foi substituído pelo conceito mais realista de estruturas de dados.

Na citação acima, Gähde refere-se a um estudo de caso a respeito do cometa Halley, quando da descrição cinemática da suposta trajetória deste cometa, antes da aplicação da teoria newtoniana. O autor nos lembra que, no caso dos cometas, por exemplo, fatores como *suas órbitas excêntricas*, *a distância máxima do Sol que excede a dos planetas do nosso*

sistema, e *o fato destes serem obscurecidos quando orbitam atrás do Sol*, geram a impossibilidade de adquirir as informações *completas* para uma descrição cinemática plena.

Por isso, a fim de lidar com as situações em que ocorrem problemas semelhantes ao (caso 1), Gähde propõe adotarmos o procedimento de definir as estruturas de dados (ou modelos de dados) simplesmente como substruturas dos modelos potenciais, ou seja:

$$y' \sqsubset \boldsymbol{M_p}$$

Agora, sobre o (caso 2), Lorenzano (2012, p. 85-86, tradução nossa) diz que:

> [...] quando queremos contrastar uma asserção empírica particular, sua "base empírica (de contrastação)" [...] os modelos de dados e os sistemas aos quais se pretende aplicar a teoria (suas aplicações intencionais), poderiam conter [...] informação acerca dos componentes teóricos. A tal "base empírica (de contrastação)", que pode conter termos $\boldsymbol{T}$-teóricos, propomos chamá-la de "base empírica de constrastação local" [...] E esta pode ser utilizada, pois tal determinação [teórica] foi levada a cabo mediante uma aplicação exitosa prévia da teoria e os valores dos conceitos $\boldsymbol{T}$-teóricos [...] retomados na "base empírica de constrastação local", graças a existência de condições de ligadura para os conceitos $\boldsymbol{T}$-teóricos em questão.

Para tornar mais clara a noção de *base empírica de contrastação local*, apresentaremos um exemplo pertencente ao campo da biologia (cf. LORENZANO, 2012). Antes, porém, faremos uma rápida apresentação da reconstrução da *genética clássica* ($\boldsymbol{GC}$) realizada em Lorenzano (2002a), a fim de que possamos compreender integralmente o quadro conceitual proposto:

$\boldsymbol{M_p(GC)}$: $x = \langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$ é uma *genética clássica potencial* sse:

(1) $\boldsymbol{J}$ é um conjunto finito, não vazio ("indivíduos genéticos": variável $\boldsymbol{i}$)

(2) $\boldsymbol{P}$ é um conjunto finito, não vazio ("fenótipos": variável $\boldsymbol{\pi}$)

(3) $\boldsymbol{G}$ é um conjunto finito, não vazio ("genótipos": variável $\boldsymbol{\gamma}$)

(4) $\boldsymbol{APP}: \rightarrow \boldsymbol{J} \times \boldsymbol{P}$ ("appearance": $\boldsymbol{APP}(i) = \pi$)

(5) $\boldsymbol{MAT}: \boldsymbol{J} \times \boldsymbol{J} \rightarrow \wp(\boldsymbol{J})$ é uma função parcial ("mator": $\boldsymbol{MAT}(i, i') = \langle i_1, \ldots, i_n \rangle$)

(6) $\boldsymbol{DIST}: \boldsymbol{P} \times \boldsymbol{P} \rightarrow D(\boldsymbol{P})$ é uma função parcial ("distributor": $\boldsymbol{DIST}(\pi, \pi') = \langle r_1\pi_1, \ldots, r_k\pi_k \rangle$)

(7) para toda $i, i' \in J$ tal que $\boldsymbol{MAT}$ esteja definida para $\langle i, i' \rangle$ e para toda $\pi \in \boldsymbol{P}$: $\boldsymbol{DIST}(\boldsymbol{APP}(i), \boldsymbol{APP}(i')(\pi) = FR(\pi/\boldsymbol{MAT}(i, i'))$ ("definição em termos de frequências relativas")

(8) $\boldsymbol{DET}: \boldsymbol{G} \times \boldsymbol{P}$ é sobrejetiva ("determiner": $\boldsymbol{DET}(\gamma) = \pi$)

(9) $\boldsymbol{COMB}: \boldsymbol{G} \times \boldsymbol{G} \rightarrow D(\boldsymbol{G})$ ("combinator": $\boldsymbol{COMB}(\gamma, \gamma') = \langle \alpha_1\gamma_1, \ldots, \alpha_s\gamma_s \rangle$)

$\boldsymbol{M(GC)}$: $x = \langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$ é uma *genética clássica* sse:

(1) $x \in \boldsymbol{M_p(GC)}$

(2) para toda $i, i' \in \boldsymbol{J}$ tal que $\boldsymbol{MAT}$ esteja definida para $\langle i, i' \rangle$ e para toda $\gamma, \gamma' \in \boldsymbol{G}$ tal que $\boldsymbol{DET}(\gamma) = \boldsymbol{APP}(i)$ e $\boldsymbol{DET}(\gamma') = \boldsymbol{APP}(i')$: $\boldsymbol{COMB}(\gamma, \gamma') = \boldsymbol{DIST}(\boldsymbol{DET}(\gamma), \boldsymbol{DET}(\gamma'))$

Lei de concordância

> *Para todo par parental que se acasale e produza descendência, as distribuições genéticas de genótipos — produzidas por* COMBINATOR — *e de fenótipos — dadas por* DISTRIBUTOR — *na descendência desse par, coincidirão idealmente — através de* DETERMINER — *umas com as outras.* (LORENZANO, 2002a, p. 273)

Como $x = \langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle \in \boldsymbol{M_p}(\boldsymbol{GC})$ e $\boldsymbol{G}$, $\boldsymbol{DET}$ e $\boldsymbol{COMB}$ são conceitos $\boldsymbol{GC}$-teóricos, logo, $y = \langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle \in \boldsymbol{M_{pp}}(\boldsymbol{GC})$ (versão "standard" da representação da base empírica).

Agora, antes de expormos a solução proposta por Lorenzano, vamos esclarecer porque a *genética clássica* nos oferece algumas situações que se enquadram nas dificuldades do (caso 2): por exemplo, quando vamos caracterizar a base empírica da $\boldsymbol{GC}$, é comum lançarmos mão de pressupostos teóricos a respeito da "recessividade/dominância" do *locus genético* responsável por determinada característica dos indivíduos envolvidos. Isto ocorre por que *importamos* de aplicações anteriores da teoria as informações sobre indivíduos que, apesar de apresentarem o *mesmo traço característico*, apresentam diferenças quanto ao fato de serem "heterozigoto" ou "homozigoto" — o que interfere diretamente no arranjo do experimento, já que, nestas situações (*aplicações secundárias*) não podemos decidir sobre a base empírica apenas no plano da aparência.

É por isso que, nos exemplos abaixo, Lorenzano dividiu em *aplicações primárias*, onde, na descrição da base empírica, a distinção $\boldsymbol{T}$-teórico/ $\boldsymbol{T}$-não-teórico segue a exposição "standard" (*base empírica global de contrastação*); e *aplicações secundárias*, onde a descrição da base empírica utiliza tanto conceitos $\boldsymbol{T}$-não-teóricos quanto conceitos $\boldsymbol{T}$-teóricos (*base empírica local de contrastação*). Vamos a exposição:

Aplicação Primária:

Experimento: cruzamento monohíbrido da *Pisum sativum*, considerando-se a característica herdável da cor das sementes (verdes ou amarelas).

Nas primeiras experiências os modelos de dados podem coincidir com os modelos parciais e, portanto, temos $y = \langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$, sendo:

$J = \{i_1, i_2\}$ (ervilhas [*Pisum sativum]*);

$P = \{c_1, c_2\}$ (cor das sementes [c_1= amarela e c_2= verde]);

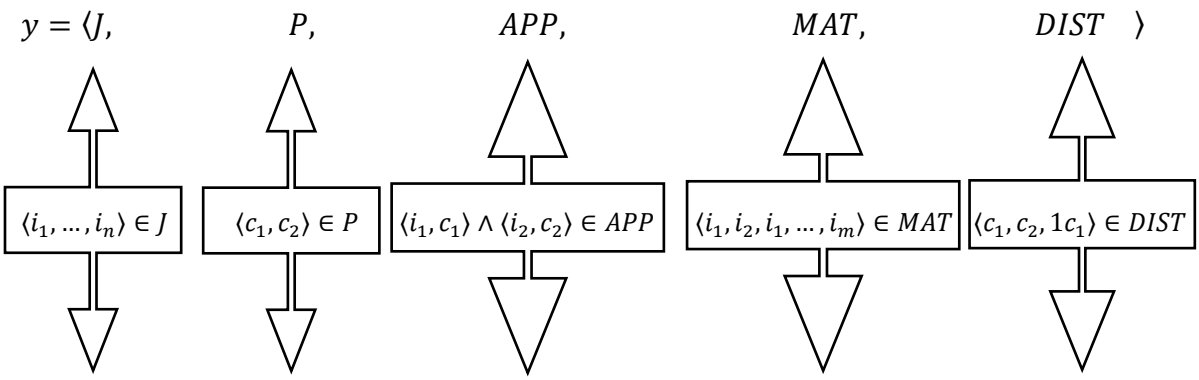
e obtemos na primeira geração filial a seguinte distribuição de características herdáveis:

F_1: $DIST(c_1, c_2) = 1c_1$ [todas com sementes amarelas]

e na segunda geração filial, as seguintes distribuição de características:

F_2: $DIST(c_1, c_1) = \langle 0{,}7505c_1,\ 0{,}2494c_2 \rangle$ [≈75% amarelas e ≈25% verdes]

Os modelos de dados obtidos poderão representados do seguinte modo:



F_1: $\langle \{i_1, \dots, i_n\},\ \{c_1, c_2\},\ \{\langle i_1, c_1 \rangle, \langle i_2, c_2 \rangle\},\ \{\langle i_1, i_2, i_1, \dots, i_m \rangle\},\ \{\langle c_1, c_2, 1c_1 \rangle\} \rangle$

e

F_2: $\langle \{i_1, \dots, i_n\}, \{c_1, c_2\}, \{\langle i_1, c_1 \rangle, \langle i_2, c_1 \rangle\}, \{\langle i_1, i_2, i_1, \dots, i_m \rangle\}, \{\langle c_1, c_1,\ 0{,}7505c_1,\ 0{,}2494c_2 \rangle\} \rangle$.

A fim de testarmos a $\boldsymbol{GC}$, devemos aplicar os conceitos $\boldsymbol{GC}$-teóricos ($\boldsymbol{G}$, $\boldsymbol{DET}$ e $\boldsymbol{COMB}$), estendendo o modelo parcial $y = \langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$, obtendo um modelo $x = \langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$.

Mas vejamos quais hipóteses são colocadas à prova quando a genética clássica introduz os conceitos $\boldsymbol{G}$, $\boldsymbol{DET}$ e $\boldsymbol{COMB}$ a fim de explicar a experiência dada acima:

1. Há somente um par de genes envolvidos (simbolizemos por $\langle f_1, f_2 \rangle$);

2. f_1 é o responsável pela cor amarela da semente e, além disso, é *dominante* com respeito ao outro gene, f_2, *recessivo*, responsável pela cor verde da semente:

i) $DET(f_2, f_2) = c_2$

ii) $\left.\begin{array}{l} DET(f_1, f_2) \\ DET(f_2, f_1) \\ DET(f_1, f_1) \end{array}\right\} = c_1$

3. a herança genética da prole ocorre de acordo com a seguinte distribuição:

$COMB(\langle a_1, b_1\rangle, \langle a_1, b_1\rangle) = \langle {}^1\!/_4\, a_1c_1 + {}^1\!/_4\, a_1d_1 + {}^1\!/_4\, b_1c_1 + {}^1\!/_4\, b_1d_1\rangle$, onde a_1, b_1, c_1, d_1 simbolizam qualquer fator ou gene e, de modo específico, para os cruzamentos realizados (F_1 e F_2):

$$COMB(\langle f_1, f_1\rangle, \langle f_2, f_2\rangle) = \langle {}^1\!/_4\, f_1, f_2 + {}^1\!/_4\, f_1, f_2 + {}^1\!/_4\, f_1, f_2 + {}^1\!/_4\, f_1, f_2\rangle$$

e

$$COMB(\langle f_1, f_2\rangle, \langle f_1, f_2\rangle) = \langle {}^1\!/_4\, f_1, f_1 + {}^1\!/_4\, f_1, f_2 + {}^1\!/_4\, f_2, f_1 + {}^1\!/_4\, f_2, f_2\rangle$$

respectivamente.

Supondo que as hipóteses 1, 2 e 3 venham a ser confirmadas pela experiência em *aplicações primárias*, frequentemente ocorre que, nas *aplicações secundárias*, os modelos de dados contarão com o auxílio, também, de conceitos $\boldsymbol{T}$-teóricos, o que configuraria a *base empírica local de contrastação*. Por exemplo:

Aplicação Secundária:

Experimento: cruzamento retrógrado entre plantas filiais de F_1 ([$\langle f_1, f_2\rangle$]) com uma das plantas parentais (a recessiva [$\langle f_2, f_2\rangle$]):

É graças às determinações $\boldsymbol{GC}$-teóricas prévias (*aplicações primárias*) que podemos, legitimamente, transportar o conhecimento teórico que postula que a planta filial de F_1, além de apresentar sementes amarelas é, também, *heterozigoto* ($\langle f_1, f_2\rangle$) e, de modo análogo, postular que a planta parental, pelo fato de apresentar sementes verdes é, necessariamente, *homozigoto* ($\langle f_2, f_2\rangle$).

Portanto, nesta *aplicação* secundária, teríamos um modelo de dados representado pela seguinte estrutura:

$$y = \langle J, P, G, APP, DET, COMB \rangle$$

Como podemos perceber, a base empírica é descrita tanto por componentes $\boldsymbol{GC}$-não-teóricos quanto $\boldsymbol{GC}$-teóricos. Comparando as experiências dadas acima:

Aplicação Primária

$\boldsymbol{F_1}$:

$APP(i_1) = c_1$, $APP(i_2) = c_2$

$MAT(i_1, i_2) = \langle i_1, \dots, i_m \rangle$

$DIST(c_1, c_2) = 1c_1$

$\boldsymbol{F_2}$:

$APP(i_1) = c_1$, $APP(i_2) = c_1$

$MAT(i_1, i_2) = \langle i_1, \dots, i_m \rangle$

$DIST(c_1, c_1) = \langle 0{,}7505c_1,\ 0{,}2494c_2 \rangle$

$$y = \langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$$

Aplicação Secundária

$\boldsymbol{F_3}$:

$APP(i_1) = c_1$, $APP(i_2) = c_2$

$MAT(i_1, i_2) = \langle i_1, \dots, i_m \rangle$

$DET(\langle f_1, f_2 \rangle) = c_1$, $DET(\langle f_2, f_2 \rangle) = c_2$

$$COMB(\langle f_1, f_2 \rangle, \langle f_2, f_2 \rangle) = \langle {}^1\!/_4 f_1 f_2, {}^1\!/_4 f_1 f_2, {}^1\!/_4 f_2 f_2, {}^1\!/_4 f_2, f_2 \rangle$$

A M.E. é uma abordagem em constante aprimoramento. Sua evolução é marcada pelo tratamento de problemas que normalmente surgem quando o filósofo da ciência aplica o aparato estruturalista aos estudos de caso (ou reconstruções) de disciplinas científicas. Esta subseção serve para nos conscientizar, por um lado, sobre o grau de minúcia que a abordagem estruturalista pode propiciar quanto a análise da dinâmica científica e, por outro lado, sobre a própria M.E. apresentar uma dinâmica interna guiada pela busca de adequação à prática da ciência.

Concluiremos a seção 2 apresentando, logo abaixo, um quadro contendo um resumo sinóptico de alguns conceitos-chave à M.E. — os quais já foram expostos mais detidamente nas subseções anteriores:

Resumo de conceitos-chave

Componentes $\boldsymbol{T}$-teóricos :	São termos (ou conceitos) *introduzidos* por uma dada teoria $\boldsymbol{T}$, a fim de lidar com uma porção determinada de fenômenos empíricos. Ou seja, a teoricidade de um conceito é sempre relativa a uma dada teoria e não uma qualidade que pudesse ser aplicada em termos absolutos.
Componentes $\boldsymbol{T}$-não-teóricos:	São termos (ou conceitos) *disponíveis previamente* a uma dada teoria $\boldsymbol{T}$, geralmente utilizados na descrição (ou determinação) da base empírica na qual pretendemos aplicar $\boldsymbol{T}$. Fica claro que também é um conceito relativo a teoria que está sendo levada em conta.
Modelos potenciais ($\boldsymbol{M_p}$):	São os sistemas empíricos nos quais reconhecemos o *quadro conceitual* no qual uma dada teoria se desenvolve. Em termos mais soltos, podemos dizer que são aqueles sistemas sobre os quais faz sentido nos perguntarmos se uma determinada teoria se aplica.
Modelos ($\boldsymbol{M}$):	São aqueles sistemas empíricos que, além de pertencerem a um determinado quadro conceitual ($\boldsymbol{M} \subset \boldsymbol{M_p}$), também satisfazem as *relações legiformes* propostas por uma dada teoria $\boldsymbol{T}$, bem como as condições de ligação entre os modelos dessa mesma teoria, por meio dos constritores, e também estão em acordo com as *relações interteóricas* expressas por seus vínculos $\boldsymbol{VG}(\boldsymbol{T})$.
Modelos parciais ($\boldsymbol{M_{pp}}$):	Constituem a *base empírica* na qual pretende-se aplicar uma determinada teoria $\boldsymbol{T}$. Na maioria dos casos podem ser determinados sem o auxílio dos conceitos $\boldsymbol{T}$-teóricos.
Constritores globais ($\boldsymbol{CG}$):	São as condições que devem ser satisfeitas a fim de haja consistência entre as propriedades e relações pertencentes aos modelos de uma mesma teoria.
Vínculos globais ($\boldsymbol{VG}$):	Expressam as relações interteóricas inerentes a prática científica. Ou seja, temos de levar em conta os vínculos conceituais entre teorias que, apesar de possuírem domínios de aplicação distintos, importam ou exportam alguns componentes a fim de permitir o confronto com a experiência.
Aplicações pretendidas ($\boldsymbol{I}$):	É o componente pragmático que determina o conjunto de problemas ao qual uma dada teoria pretende atacar. Seu caráter intencional delimita um domínio bem específico de fenômenos a serem trabalhados pelo aparato conceitual da teoria em questão.

3. A CONCEPÇÃO STANDARD, AS SENTENÇAS DE RAMSEY E A NOÇÃO DE VOCABULÁRIO PRÉ-TEÓRICO

Nesta seção discorreremos sobre a concepção standard com a finalidade principal de recuperar o problema da distinção *teórico/observacional* (mencionada brevemente na seção 1). Isto nos permitirá perceber com maior clareza o avanço metacientífico alcançado pela M.E. ao propor, para os conceitos científicos, o critério de *t-teoricidade* (visto na seção 2).

3.1 O início do programa: logicismo sintático e base observacional neutra

A *concepção standard* identifica as teorias científicas como um sistema de enunciados. Mais especificamente, as entende como uma axiomatização de primeira ordem (cálculo de predicados). Sistemas axiomatizados configuram uma longa tradição no campo de estudo da matemática — em especial, na geometria. No entanto, existe uma diferença fundamental entre a análise de *sistemas formais* e *sistemas empíricos*: se por um lado, o formalismo matemático adquire seu significado *internamente* — por meio das regras de formação e de inferência —, por outro lado, uma teoria empírica, irá adquirir significado somente por meio de alguma forma de conexão que esta possa estabelecer com a *experiência*.

Portanto, à *concepção standard* (ou *visão enunciativa*) impõe-se uma exigência: além das regras de formação e de inferência, as teorias científicas deverão conter também regras especiais que tornem possível o confronto com a *base empírica*. Tais regras receberam nomes variados — *definições coordenativas; correlações epistêmicas; definições operacionais; regras de correspondência; etc.* —, sendo que no presente texto iremos nos referir a elas pelo termo '*regras de correspondência*'. Veremos que este tipo de conexão entre formalismo e base empírica acarreta sérias complicações.

Uma *linguagem formalizada de primeira ordem com igualdade* tem seu vocabulário composto de duas subclasses disjuntas, a dos *símbolos lógicos* e a dos *símbolos descritivos*. Neste tipo de linguagem os enunciados serão compostos por elementos dos vocabulários formados por estas duas subclasses: V_L – *voc. Lógico* e V_D – *voc. Descritivo*. No caso das

teorias empíricas, o V_D está repleto de termos para os quais não existe uma *correlação imediata* com a experiência sensível, e.g. *campo eletromagnético*. Tais termos foram denominados pela *concepção standard* como '*termos teóricos*', em contraponto àqueles termos que, acreditava-se, estabeleciam clara conexão com a experiência e eram, por isso, denominados *'observacionais'*.

O que foi dito no último período do último parágrafo nos faz perceber que a *visão enunciativa*, desde o início de seu desenvolvimento, identificou esta falta de conexão imediata com o sensível como uma *falta de conexão óbvia com o 'observável'*. Ou seja, as questões a respeito das *regras de correspondência* giravam em torno da condição de '*observacionalidade'* dos termos descritivos. E dentro dessa perspectiva, as *regras de correspondência* cumpririam sua função na medida em que pudessem, por assim dizer, traduzir *termos teóricos* em *termos observacionais*. Vale mencionar dois pontos importantes: primeiro, a noção de *observacionalidade*, em si, não sofreu maiores questionamentos; e segundo, subjaz nesta tentativa de *tradução* um ideal comum aos desenvolvedores da *concepção standard*, a saber, *eliminar uma possível atribuição metafísica de significado aos termos teóricos*.

Porém, a pressuposição de que o *'observável'* tem sua significação apreendida de modo trivial é altamente problemática. Ela está na origem de uma dicotomia — que na verdade é dupla[52] — incorporada pela *concepção standard*, a qual implica que um termo que designa algo que não se pode observar é *teórico*, ao passo em que um termo que designa algo que se pode observar é *não-teórico*. Ou seja, o *status* dos *termos teóricos*, na *visão enunciativa*, tornou-se um problema *epistêmico*. E tal problema deu ensejo a sérios e acalorados debates, especialmente entre duas visões conflitantes de ciência: por um lado, o *realismo científico*, e por outro, o *instrumentalismo*.

Neste contexto ocorreu que, pelo trabalho dos artífices da *concepção standard*, o V_D foi subdividido em *vocabulário observacional* (V_O) e *vocabulário teórico* (V_T). Stegmüller usou o seguinte diagrama esquemático para representar esta subdivisão, bem como para questionar sua legitimidade[53]:

---

[52] (PUTNAM, 1962).

[53] (STEGMÜLLER, 1983, p. 53).

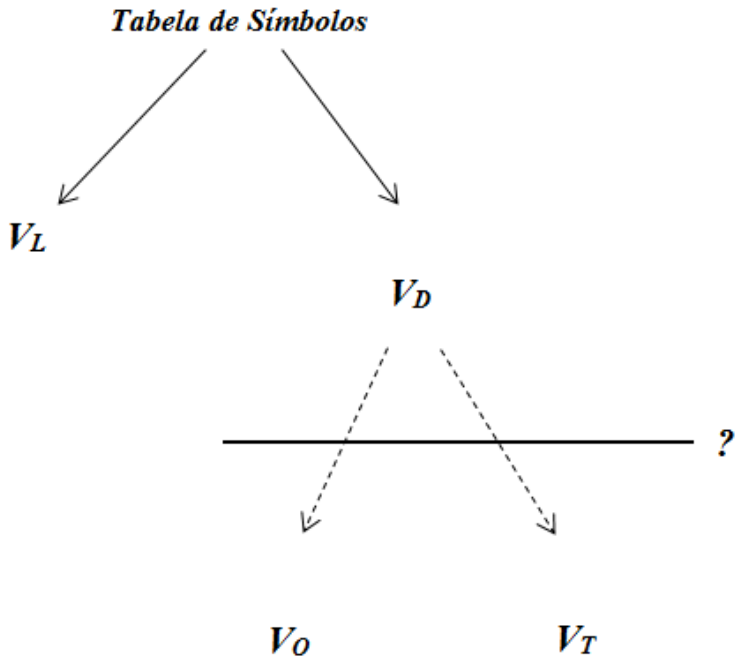


Figura 15 – Divisão entre vocabulário observacional
e
vocabulário teórico

A interrogação colocada no gráfico acima indica justamente um dos pontos mais questionados — e provavelmente o principal alvo de críticas — da *concepção standard*. Trata-se de uma questão conhecida como a *impregnação teórica da base empírica*, a qual será, de fato, o polo disseminador de críticas por parte de outra geração de filósofos da ciência. Porém, tanto esta como outras críticas podem ser divididas em internas e externas. Estas últimas serão provenientes de pensadores externos ao movimento conhecido como *empirismo lógico*, enquanto que as primeiras farão parte da agenda interna dos desenvolvedores da *concepção standard*. No momento, nos dedicaremos à dinâmica interna ao *empirismo lógico* — as questões levantadas, as soluções apresentadas, as dissonâncias conceituais entre seus membros, e alguns resultados mormente no que diz respeito à temática que nos interessa aqui: a relação teoria-experimento.

Como já citamos, a primeira tentativa de dar conta dos *termos teóricos* foi defini-los em termos do *vocabulário observacional*. Se, desta forma, definíssemos os *termos teóricos primitivos*, poderíamos então definir todo o restante dos termos teóricos. Isto acarretaria a *eliminação* dos termos teóricos que — por equivalência semântica —, não passariam de abreviações para *termos observacionais* — cuja apreensão dos significados não se submetia à crítica. Carnap foi o principal desenvolvedor de tal estratégia e também um dos primeiros a reconhecer sérias dificuldades[54].

É notória a utilização nas ciências empíricas dos chamados *termos disposicionais* (exemplos: *solúvel; frágil, elástico, etc.*), e Carnap se deu conta de que tais termos podem ser definidos de uma infinidade de maneiras. Isto se dá porque uma *disposição* é determinada por meio de uma *condição de teste*, logo, para cada condição de teste temos uma definição distinta; portanto, visto que a todo instante podemos elaborar novas condições de teste (a par das constantes inovações instrumentais e metodológicas), segue que só podemos definir tais termos *parcialmente*. Para isso, Carnap utilizou o que chamou de *sentenças de redução*, que possuem a seguinte forma:

$$Cx \rightarrow (Dx \Leftrightarrow Rx)$$

Onde C são as condições de teste, D é a propriedade disposicional, e R é a resposta observável sob as condições de teste. Porém, um problema é notório no uso de tal estratégia, a saber, quando não podemos verificar as condições de teste C também não podemos afirmar se a propriedade disposicional está presente ou não no objeto (por exemplo, não é por que não conseguimos emitir a frequência sonora adequada que um copo de vidro deixar de ser *quebrável*).

De fato, esta *interpretação parcial* também ocorre com muitos *termos não-disposicionais*, como no caso da temperatura que, pretensamente, nos forneceria uma interpretação completa, mas, como Carnap assinalou, também só pode nos oferecer uma interpretação parcial[55]. O resultado destas constatações foi o abandono de qualquer tipo de

[54] (CARNAP, 1936).

[55] (CARNAP, 1966, cap. 28).

tentativa de estabelecer possíveis *relações biunívocas* entre os *termos teóricos* e *termos observacionais* — o que já havia sido anteriormente criticado por Otto Neurath[56].

No entanto, após o abandono das definições explícitas, surgiram outros modos de eliminação dos termos teóricos, entre os quais, um é de especial interesse a esta dissertação, trata-se do método de eliminação sugerido por F. P. Ramsey[57]. Vejamos no que consiste a *sentença-Ramsey* dentro do âmbito da *concepção standard*.

Suponhamos uma teoria $\boldsymbol{T} = \langle \boldsymbol{A}, \boldsymbol{R} \rangle$ (onde $\boldsymbol{Ax}_i \in \boldsymbol{A}$ $[i \geq 1]$ representa o conjunto de axiomas, postulados e teoremas; $\boldsymbol{R}_{\boldsymbol{c}_j} \in \boldsymbol{R}$ $[j \geq 1]$ representa o conjunto de regras de correspondência; com $\boldsymbol{p}$ termos teóricos e $\boldsymbol{q}$ termos observacionais). A conjunção "$\boldsymbol{Ax}_1 \wedge \boldsymbol{Ax}_2 \wedge \ldots \boldsymbol{R}_{\boldsymbol{c}_1} \wedge \boldsymbol{R}_{\boldsymbol{c}_2} \wedge \ldots$" dos elementos de $\boldsymbol{A}$ e de $\boldsymbol{R}$ pode ser abreviada por "$\boldsymbol{AR}(t_1, \ldots, t_p, o_1, \ldots, o_q)$". Logo, a *sentença-Ramsey* para tal teoria $\boldsymbol{T}$ é:

$$\boldsymbol{T^R} = \exists \boldsymbol{t}_1, \ldots, \exists \boldsymbol{t}_p \, \boldsymbol{AR}(\boldsymbol{t}_1, \ldots, \boldsymbol{t}_p, \boldsymbol{o}_1, \ldots, \boldsymbol{o}_q)$$

Se tivermos em mente que a elaboração das sentenças-Ramsey fazia parte de um projeto maior que visava a eliminação das entidades metafísicas nas teorias científicas, logo percebemos um grande problema com tal método: ele ainda pressupõe as entidades teóricas. Ou seja, a exclusão dos termos teóricos ocorreu apenas nominalmente, a questão ontológica permanece — e com ela, o caráter *epistêmico* da problemática dos termos teóricos.

Se a técnica das sentenças de Ramsey não logrou a eliminação definitiva dos termos teóricos, sob certo ponto de vista pareceria que a proposta foi mal sucedida. Posteriormente, veríamos que não é este o caso, pois, dentro da M.E., um desdobramento de suma importância revelou-se na medida em que a mera possibilidade de reescrever formalmente uma dada teoria sem seus termos *t-teóricos* nos permitiu organizar sua estrutura de modo a definir clara e precisamente seus modelos parciais.

---

[56] (NEURATH, 1965).

[57] (RAMSEY, 1950, cap. 9a).

3.2 Neurath e Hempel: holismo e vocabulário pré-teórico

Como já foi dito de passagem, Otto Neurath, desde o início das tentativas de se desenvolver uma linguagem protocolar[58], foi um duro crítico da ideia da possibilidade de se estabelecer *'conexões diretas'* entre os termos científicos e a *base empírica*. Seu *'Sentenças protocolares'*, pode ser considerado como um primeiro passo — interno ao dito *empirismo lógico* — no sentido de se desenvolver uma imagem holista de ciência[59]. Suas ideias irão influenciar, por exemplo, Quine (sobre o qual vamos tecer comentários mais específicos posteriormente) — o qual expandirá, a seu modo, esta visão holista de significado. Este tema é caro ao estruturalismo, pois, nesta concepção, uma imagem global de ciência adequada será vista como um *hólon-teórico*.

O motivo para reservarmos este espaço — ainda que pequeno — para as ideias de Neurath é que podemos introduzir por meio delas um componente importante dessa dissertação, qual seja, *a transição da dimensão metafórica à dimensão analítica*[60]. Em boa parte do século XX, temas como o holismo e outros de igual importância foram introduzidos na filosofia da ciência na forma de críticas que, apesar de certeiras, apresentavam um caráter metafórico muito forte. Pode parecer um parodoxo dizer que algo é certeiro e metafórico ao mesmo tempo, porém, isto deve ser entendido no sentido de que uma metáfora é certeira quando *aponta para algo* e não necessariamente tem de definir este algo.

Quanto ao tema específico do holismo, vejamos, por exemplo, esta metáfora onde Neurath (1962, p. 206-207, tradução e grifo nosso) afirma que

> [...] Não há modo de estabelecer, com total segurança, claras sentenças protocolares como ponto de partida das ciências. Não existe *tábula rasa*. **Somos como marinheiros que têm de reconstruir seu navio em alto mar, pois nem sempre podem desmontá-lo numa doca seca e reconstruí-lo com os melhores componentes**.

O trecho acima, dentre outras possíveis interpretações, aponta para o fato de que é o *todo da ciência* (o navio) que confere significado à suas partes específicas. Por exemplo,

---

[58] (CARNAP, 1934).

[59] Digo interna ao empirismo lógico, pois, como sabemos, esta imagem de ciência foi introduzida por Pierre Duhem.

[60] (BEZERRA, 2014).

quando nos detemos na análise de um ramo científico qualquer, podemos perceber que há um inter-relacionamento teórico sustentando a aplicação do mesmo a um domínio específico. Dentro dos moldes de análise estruturalista, os conceitos de 'rede teórica' e 'vínculos inter-teóricos' nos permitem conferir precisão ao entendimento da metáfora no trecho acima. A 'reconstrução do navio em alto mar' pode ser precisamente analisada em termos de 'cristalização teórica'[61], onde os componentes estruturais passam por um intercâmbio frenético em busca de estabilização.

Num artigo publicado em 1970[62], Hempel caracteriza um tipo de divisão interna ao vocabulário das teorias científicas que revela, por assim dizer, certo parentesco com ideias fundamentais ao estruturalismo. Ele diz que temos um *vocabulário pré-teórico* e um *vocabulário teórico*. O *pré-teórico* consiste num conhecimento prévio que descreve os fenômenos empíricos sobre os quais os *termos próprios da teoria* em questão irão descrever o que chamou de 'cenário teórico'. Fica claro o início de um distanciamento da dicotomia teórico/observacional e, o que é mais importante, quando falamos de termos pré-teóricos e teóricos estamos a um passo da *relativização dos termos a uma determinada teoria*. Podemos entender isso como uma noção, ainda que incipiente, de *teoricidade relativa* que, como vimos[63], é um conceito central do aparato estruturalista.

Tanto Neurath quanto Hempel são pensadores pertencentes ao *empirismo lógico*, e suas contribuições mostram, primeiro, a diversidade de pensamento que existiu internamente a tal movimento filosófico; segundo, o protagonismo em levantar questões que viriam a ser centrais na agenda de problemas da filosofia da ciência; e ainda um terceiro ponto, a grande influência que estes filósofos exerceram sobre pensadores de gerações posteriores. Ao nos determos seriamente sobre a produção filosófica dos desenvolvedores do que ficou conhecido como *concepção standard*, que protagonizaram os debates em filosofia da ciência durante pelo menos três décadas (Carnap, Reichenbach, Schlick, Nagel, et al), constatamos a riqueza conceitual produzida por estes, além de um legado intelectual que é incontornável a quem se predispunha investigar os princípios filosóficos da ciência.

---

[61] Veremos o processo de cristalização na subseção 5.2.1.

[62] (HEMPEL, 1970).

[63] Subseções 2.3 e 2.6.4.

4. A CRÍTICA PELO VIÉS HISTORICISTA E UMA NOVA PROBLEMATIZAÇÃO DO PAPEL DA EXPERIÊNCIA

Como vimos, tanto críticas aos pontos problemáticos quanto propostas alternativas à *concepção standard* ocorreram desde seu início. Foi o que chamamos de *críticas internas*, pois provinham dos próprios artífices da *concepção standard*. Agora, trataremos de dissensos relevantes ao nosso tema presente (a relação teoria-experimento) oriundos de posições filosóficas cujas bases conceituais em muito se afastavam daquelas do chamado *empirismo lógico*. Filósofos como Kuhn, Feyerabend, Lakatos *et al*, primaram por desenvolver uma imagem de ciência que procurava abarcar a dimensão histórica das teorias científicas, que revelasse a importância inexorável dos aspectos diacrônicos, para uma maior compreensão do dinamismo dos construtos teóricos, pondo em relevo fatores que antes não recebiam a devida atenção, tais como: as *comunidades científicas*, os *aspectos pragmáticos*, o *foco nas macroteorias*, o *progresso científico não necessariamente cumulativo*, etc.

4.1 Popper e o conhecimento de fundo

Antes de partirmos para as críticas mais radicais, é oportuno mencionar o papel de Popper[64] nas críticas que incidem na controversa questão da suposta neutralidade da *base empírica*. Analisando a posição filosófica de Popper, veremos que o mesmo, por um lado, compartilha de algumas posições defendidas pelo *empirismo lógico*, mas por outro, discorda delas profundamente. Suas discordâncias mais radicais eram quanto à *possibilidade de se desenvolver uma lógica indutiva* (empreitada levada a cabo por Carnap durante vários anos), e quanto à *suposta neutralidade da base empírica* (pilar da *concepção standard*, pois garantia a *infiltração ascendente de significado*). É claro que estes dois pontos de discordância estão intimamente ligados, pois, uma lógica indutiva, em princípio, se apoia numa *base empírica* aproblemática. Porém, o que ressaltaremos aqui é que Popper já nos anos 30 chamou-nos a atenção para a *carga teórica dos fatos*, ou seja, que dispomos de um conhecimento prévio que, de certa forma, determina os fatos. Ele chamou este saber prévio de *conhecimento de*

[64] (POPPER, 2005).

fundo, o qual era aceito por *decisão metodológica*, ou seja, uma tomada de decisão feita conscientemente pelo cientista a fim de tornar possível o confronto das hipóteses com a experiência[65].

Achamos importante fazer esta breve menção ao pensamento de Popper pois, além dele ter exercido grande influência no debate filosófico científico, também foi o grande mentor de Imre Lakatos, o qual realizou aprimoramentos no pensamento popperiano e desenvolveu uma rica imagem de ciência, na qual nos deteremos em maiores detalhes ainda nesta seção e a qual alguns aspectos relevantes serão tratados pelo estruturalismo.

4.2 Problematizando a observação

Tanto o questionamento em relação ao estatuto das *sentenças protocolares*, feito por Neurath, quanto o questionamento em relação à suposta *neutralidade da base empírica*, feito por Popper, constituem uma linha de pensamento que abrirá caminho a uma série de críticas posteriores no que diz respeito ao papel da observação. Pioneiramente, Hanson[66] assentou a ideia de que *'ver'* é um *'ver como'*, ou seja, que *observar e interpretar* estão fundidos. Uma consequência da constatação dessa fusão é a impossibilidade de que as teorias científicas sejam um construto lógico axiomático puro. Agora não mais se trata de admitirmos uma *decisão quanto ao conhecimento de fundo* ou da *necessária verificação de enunciados protocolares*, e sim, trata-se de reconhecer que a *base empírica* é uma construção teórica *per se* — é a questão da impregnação teórica da observação.

Se admitirmos o amálgama entre observar e interpretar, é razoável também admitirmos que teorias diferentes possam oferecer interpretações diferentes do *mesmo fenômeno*. Ou seja, existe a possibilidade de que o próprio significado daquilo que é observado sofra variação.

A mudança dos significados dos conceitos científicos atinge frontalmente a pressuposição — necessária à *concepção standard* — de que o vocabulário observacional seja capaz de oferecer uma base estável sobre a qual os conceitos científicos seriam aplicáveis.

---

[65] (POPPER, 1975, cap. 2).

[66] (HANSON, 1958).

Desse modo, a tese da impregnação teórica da observação solapa os fundamentos de uma imagem *indutivista* e *cumulativa* de progresso científico. Kuhn[67] e Feyerabend[68], calcando-se principalmente nessa questão da variância de significado, deram forma à *tese da incomensurabilidade* relativa ao progresso da ciência.

4.3 Kuhn: paradigmas e comparabilidade empírica

A tese da incomensurabilidade, defendida por Kuhn, apoia-se na afirmação de que, em determinados momentos de transição dentro do progresso científico, as mudanças ocorridas acarretam um '*novo olhar*' — possibilitado por um paradigma — sobre o mundo, isso em decorrência da variação dos significados dos termos com os quais conceitualizamos a experiência. Tais transições — tão importantes quanto radicais —, Kuhn denominou-as de *revoluções científicas*.

No entanto, no período entre as revoluções científicas, constatamos a articulação do 'paradigma'. Este processo de articulação caracteriza o que foi denominado de 'ciência normal'. O regime de ciência normal se exaure no momento em que o paradigma falha em focar a natureza sob seu prisma, paralisando o progresso diante de anomalias recalcitrantes.

A proliferação de anomalias ocasiona a transição do regime de ciência normal para o regime de 'ciência extraordinária', onde entram em competição proto-paradigmas postulantes a serem entronizados (caso consigam dar conta das anomalias ao paradigma que entrou em colapso, além de abrir um novo leque de problemas a serem resolvidos sob o novo prisma conceitual que estes fornecem sobre o mundo). Neste ponto de sua filosofia — que diz respeito ao critério de decisão sobre qual novo paradigma deverá ser entronizado —, Kuhn teve de realizar afirmações contundentes as quais foram foco de grandes polêmicas. A literatura crítica sobre esse ponto da filosofia de kuhniana é vasta e não caberia no alongarmos nela aqui.

---

[67] (KUHN, 2009).

[68] (FEYERABEND, 1962).

O que foi dito acima sobre a imagem filosófica desenvolvida por Kuhn, já nos permite ressaltar alguns avanços importantes no que tange as análises metacientíficas:

(a) *O sujeito epistêmico é a 'comunidade científica'*. Todas as ações que perfazem o processo de articulação de um paradigma são frutos de 'compromissos compartilhados' pelos membros de tal comunidade.

(b) *O foco das análises metacientíficas deve incidir nas 'macroteorias'*. Um mesmo paradigma orienta o desenvolvimento de diversas teorias, as quais, em conjunto, participam da tentativa de encaixar a natureza ao prisma conceitual fornecido pelo paradigma em questão.

(c) *O progresso científico não é necessariamente cumulativo*. A sucessão de paradigmas acarreta mudanças até mesmo nos significados dos conceitos descritivos, o que impede a 'derivabilidade' e 'conectabilidade' lógicas entre teorias forjadas por paradigmas diferentes.

E agora, gostaríamos de destacar dois pontos que são de especial importância ao tema desta dissertação e sobre os quais a M.E. se pronuncia efetivamente. São eles:

(d) *A autodeterminação do paradigma*. O campo 'legítimo' para futuras aplicações teóricas é determinado pelo próprio paradigma. Em termos kuhnianos, é o paradigma que estabelece os 'quebra-cabeças' a serem resolvidos.

(e) *Comparabilidade empírica*. Kuhn admite, em escrito pós anos 70[69], que a incomensurabilidade tem caráter apenas local. Isto quer dizer que, ainda que determinadas teorias — não-trivialmente incomensuráveis[70] — sejam incomparáveis no nível teórico, deve ser possível algum tipo de comparabilidade empírica entre elas.

[69] Ver Kuhn (2006. p. 47-76).
[70] Teorias trivialmente incomensuráveis são aquelas cujos quadros conceituais são diferentes. Exemplo: a teoria darwiniana da evolução e a teoria quântica.

Sobre o item **(d)**, vimos na seção 2 que a M.E. define o *quadro conceitual* de uma dada teoria por meio de seus modelos potenciais, ou seja, tais modelos expressam os sistemas nos quais cabe nos perguntarmos se tal teoria ali se aplica.

E sobre **(e)**, a M.E. nos permite apontar com clareza que tal comparabilidade entre teorias diferentes torna-se possível quando estas possuem modelos parciais em comum, ou seja, ainda que seus modelos sejam diferentes, estas compartilham da mesma base empírica. Assim, nestes casos, a comparabilidade se dá por meio da investigação feita no nível *t-não-teórico* das teorias envolvidas[71].

4.4 Lakatos e os Programas de Pesquisa

Em acordo com muitos aspectos ressaltados por Karl Popper, Lakatos toma o 'crescimento empírico' — por meio da previsão e confirmação (ainda que parcial) de novos fatos — como pedra-de-toque de sua filosofia sobre o progresso científico. Tal crescimento é observado na evolução temporal de um determinado 'programa de pesquisa' — o qual é caracterizado pelo seu núcleo.

É importante deixar claro que a noção de 'núcleo de um programa de pesquisa' não equivale a um 'chão duro' sobre o qual poderíamos edificar tranquilamente a construção do conhecimento. O núcleo é qualificado por sua *força heurística*, pautando as ações tanto em sentido positivo quanto em sentido negativo, quer dizer, orientando os cientistas a respeito de quais caminhos cognitivos deveriam ser explorados e quais devem ser evitados. Desse modo, Lakatos oferece uma alternativa interessante à questão das decisões racionais tomadas no campo científico, pois a força heurística não é nem tão rígida quanto a noção de cadeia dedutiva e nem tão radical quanto a noção de incomensurabilidade.

[71] Sobre este assunto, ver também Lorenzano (2008).

> A heurística negativa do programa de pesquisa nos proíbe dirigir o *modus tollens* para esse "núcleo". Ao invés disso, precisamos utilizar nosso engenho para articular ou mesmo inventar "hipóteses auxiliares", que formam um *cinto de proteção* em torno do núcleo, e precisamos redirigir o *modus tollens* para elas. É esse cinto de proteção de hipóteses auxiliares que tem de suportar o impacto dos testes e ir se ajustando e reajustando, ou mesmo ser completamente substituído, para defender o núcleo assim fortalecido. (Lakatos, 1979, p.163)

> [...] a heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as 'variantes refutáveis' do programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção 'refutável'. (Lakatos, 1979, p.165)

A *heurística negativa* protege o núcleo na medida em que preserva tanto as pressuposições ontológicas quanto os princípios fundamentais que norteiam o desenvolvimento do programa de pesquisa, mantendo assim a identidade do programa em questão. Por outro lado, a *heurística positiva* é justamente a força que o núcleo apresenta em fomentar a construção de novas hipóteses que, se confirmadas empiricamente, geram o crescimento empírico do programa.

Um programa de pesquisa é considerado *progressivo* na medida em que:

(a) a força heurística positiva mantém-se capaz de promover a elaboração de novas hipóteses;

(b) ao menos parte do cinturão de hipóteses é confirmada empiricamente.

Um programa de pesquisa que, no curso de seu desenvolvimento, passar a satisfazer a condição **(a)** e, porém, deixar de cumprir a condição **(b)**, estará entrando numa fase *degenerativa*, pois deixará de promover o crescimento empírico do programa. Segundo Lakatos, este caso prenuncia o provável abandono do programa de pesquisa em degeneração (claro que para tal abandono faz-se necessário que um programa de pesquisa concorrente

abarque o conteúdo empírico até então promovido pelo programa em degeneração e, além disso, satisfaça as condições **(a)** e **(b)**).

O gráfico abaixo nos ajuda a compreender a classificação sobre os programas de pesquisa em *progressivos* e *degenerativos*:

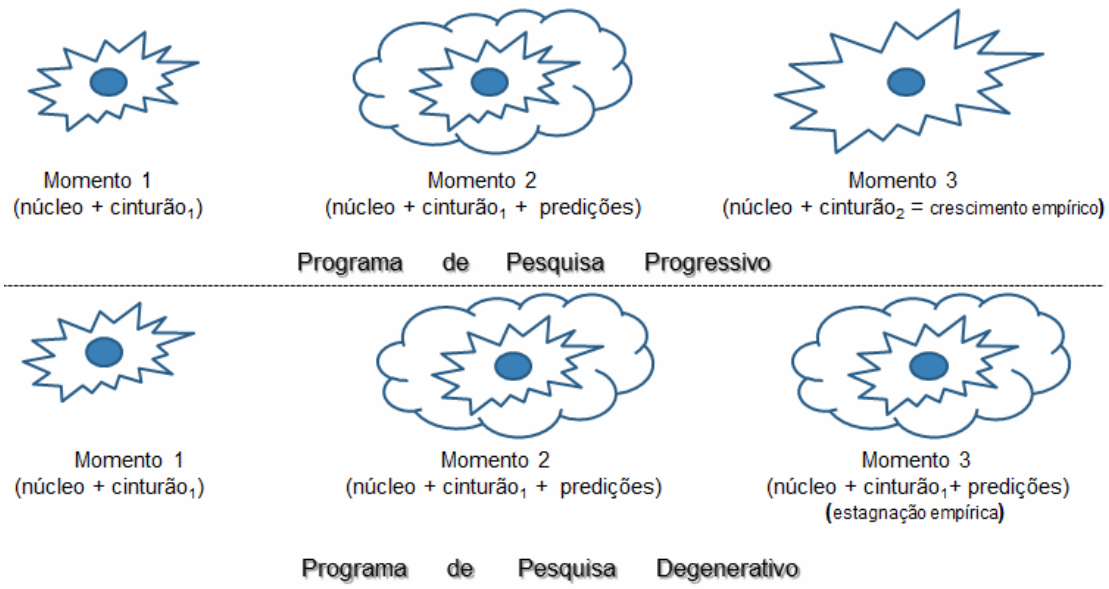


Figura 16 – Programas de pesquisa progressivo e degenerativo

Em nosso entendimento, é plausível conjecturar que a noção de relação entre um paradigma (no sentido kuhniano) e as teorias desenvolvidas sobre sua influência, assim como a relação entre um núcleo de programa de pesquisa (lakatosiano) e seu cinturão de hipóteses, podem ser captadas e representadas de um modo preciso pelas noções estruturalistas de rede teórica e de especialização (ver subseção 2.6.7).

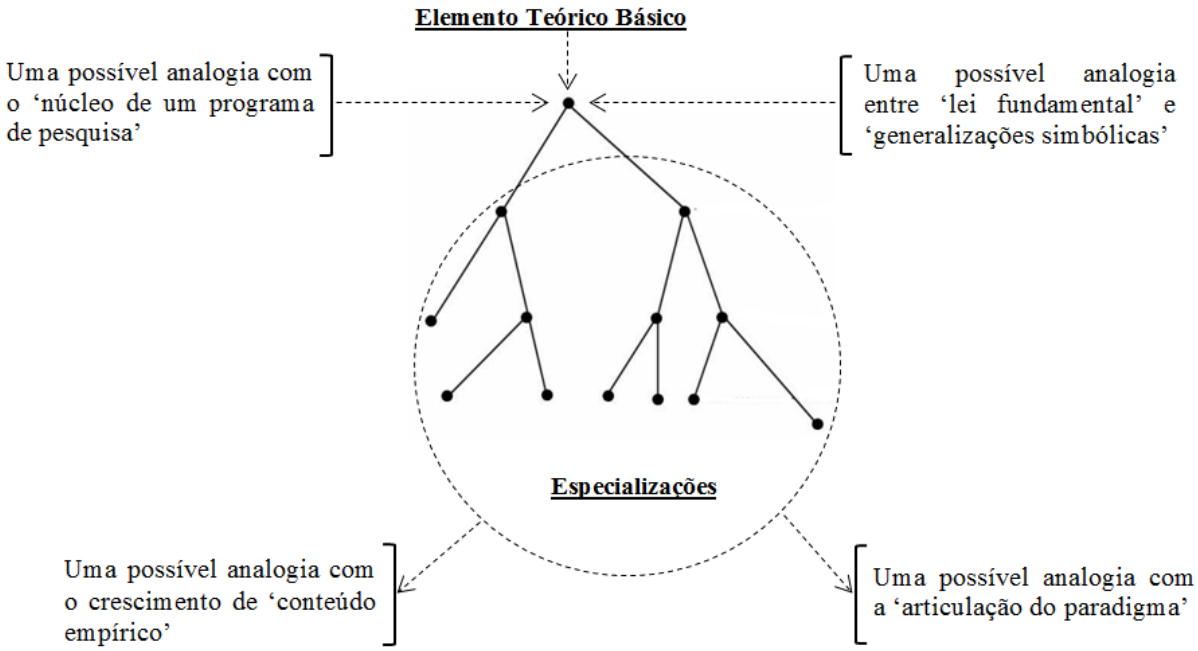


Figura 17 – Comparativo Redes teóricas/Kuhn/Lakatos

5. ANÁLISE DIACRÔNICA: A DINÂMICA DAS TEORIAS CIENTÍFICAS

5.1 Análise Diacrônica como condição essencial a uma imagem adequada da produção científica

Vimos na subseção 2.6.7.1 que:

> (a) a identidade de uma rede teórica é mantida pelo *elemento teórico básico*, pois é a sua estrutura que passará por processos de especialização. Logo, todas as ramificações da rede serão subestruturas do elemento teórico básico em questão.
>
> (b) no elemento teórico básico, normalmente temos um axioma que expressa uma *lei fundamental*. Exemplos: a *lei de conservação do momento*, no caso da $\boldsymbol{MCC}$; a *2ª lei de Newton*, no caso da $\boldsymbol{MCP}$.

Agora, vamos adicionar mais uma informação complementar:

> (c) podemos investigar as especializações obtidas a partir de um elemento teórico básico sob a perspectiva de sua evolução no tempo[72].

Ao tomarmos consciência da afirmação (c), fica claro que uma análise metacientífica que possa ser considerada minimamente adequada à realidade da prática científica deve desenvolver meios profícuos para abordar os aspectos diacrônicos das teorias empíricas. Nos moldes da M.E. isto torna-se possível pela investigação das etapas evolutivas de uma determinada rede teórica diacrônica **N**. Abaixo, veremos as ferramentas conceituais desenvolvidas nesse sentido.

Num artigo relativamente recente, Moulines[73] investigou quatro formas de evolução teórica — consideradas fundamentais —, identificadas por suas relações estruturais

---

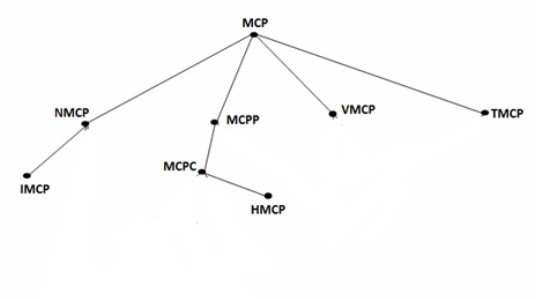
[72] E acredito que essa imagem cinemática de uma determinada rede teórica pode ser de grande serventia para uma investigação aprofundada a respeito das forças que motivaram tal curso, explicitando, dentre outros fatores, os componentes históricos, sociais e pragmáticos inerentes ao progresso científico.

[73] (MOULINES, 2011).

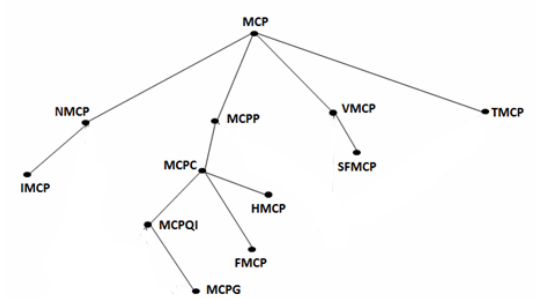
específicas, além de elaborar uma nova ferramenta formal de análise[74]. Já que o artigo em questão é um aprimoramento técnico e conceitual da exposição feita sobre o tema em Balzer, Moulines e Sneed (1987, cap. 5), ele é a referência básica para o aprofundamento do tema tratado nesta seção.

5.2 Redes Teóricas Diacrônicas

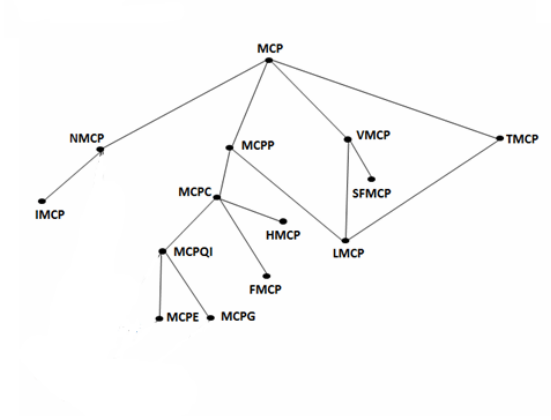
Grosso modo, uma rede teórica diacrônica é como que uma sucessão de instantâneos que compõem a sequência temporal das etapas de especialização. Resgatando o exemplo da rede teórica sincrônica da $\boldsymbol{MCP}$ visto na subseção 2.6.7.1, e tomando-a como um instantâneo de um *período histórico* h_4, graficamente teríamos algo semelhante ao que segue:



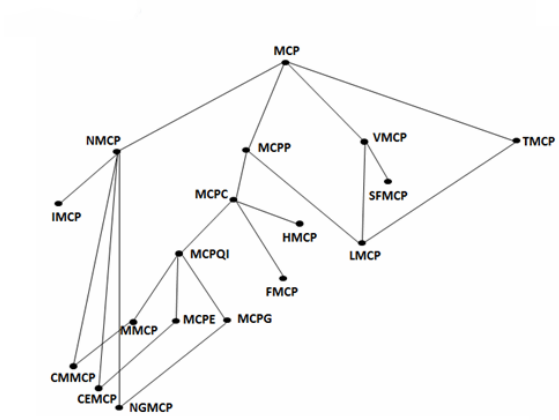
Período histórico $\boldsymbol{h_1}$



Período histórico $\boldsymbol{h_2}$



Período histórico $\boldsymbol{h_3}$



Período histórico $\boldsymbol{h_4}$

[74] Trata-se da noção de *subestrutura parcial escalonada*, elaborada em Moulines (2011).

Com fins didáticos, o gráfico acima pretende apenas oferecer um esboço simplificado da real complexidade e dinamismo da evolução teórica. Vale deixar claro desde já que, ao analisarmos minuciosamente tais evoluções, é comum encontrarmos ramos de especialização que serão abandonados no 'meio do caminho' por diversos motivos (metodológicos, axiológicos, instrumentais, disciplinares, etc.) e, portanto, devemos entendê-lo apenas como um exemplo 'bem comportado' de rede teórica diacrônica, onde os ramos de especialização crescem a cada período histórico.

Primeiramente, devemos apresentar algumas definições básicas desenvolvidas em Moulines (2011) para este tipo de análise temporal:

$\boldsymbol{D13}$: $\boldsymbol{T}$ é um *elemento teórico diacrônico* sse existem $\boldsymbol{K}$, $\boldsymbol{I}$, $\boldsymbol{CC}$, $\boldsymbol{h}$, $\boldsymbol{G}$ tais que:

(1) $\boldsymbol{T}=\langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I}, \boldsymbol{G}\rangle$

(2) $\langle \boldsymbol{K}, \boldsymbol{I}\rangle$ é um elemento teórico sincrônico

(3) $\boldsymbol{CC}$ é uma comunidade científica

(4) $\boldsymbol{h}$ é um período histórico

(5) $\boldsymbol{G}$ é uma geração de cientistas pertencentes à $\boldsymbol{CC}$ trabalhando no período $\boldsymbol{h}$

(6) $\boldsymbol{G}$ pretende aplicar $\boldsymbol{K}$ a $\boldsymbol{I}$

$\boldsymbol{D14}$: $\mathbf{N}$ é uma *rede teórica diacrônica* sse existem $\mathbf{T_b}$, $\mathbf{K_b}$ e σ tais que:

(1) $\mathbf{N}$ é um conjunto de elementos teóricos diacrônicos

(2) σ é a relação de especialização conforme $\boldsymbol{D}$

(3) $\mathbf{T_b} \coloneqq \bigcup\{T \in \mathbf{N} \mid (\forall T' \in \mathbf{N} \wedge T' \neq T) \rightarrow \neg(T\ \sigma\ T')\}$

(4) $\mathbf{K_b} \coloneqq \bigcup\{K \in T \mid T \in \mathbf{T_b}\}$

(5) $\mathbf{T_b} \subseteq \mathbf{N}$

(6) $\forall \boldsymbol{T_i} \in \mathbf{N}\ \exists \boldsymbol{T_0} \in \mathbf{T_b}(\boldsymbol{T_i}\ \sigma\ \boldsymbol{T_0})$

(7) $\forall \boldsymbol{T_i}, \boldsymbol{T_j} \in \mathbf{N}(\boldsymbol{G_i} = \boldsymbol{G_j})$

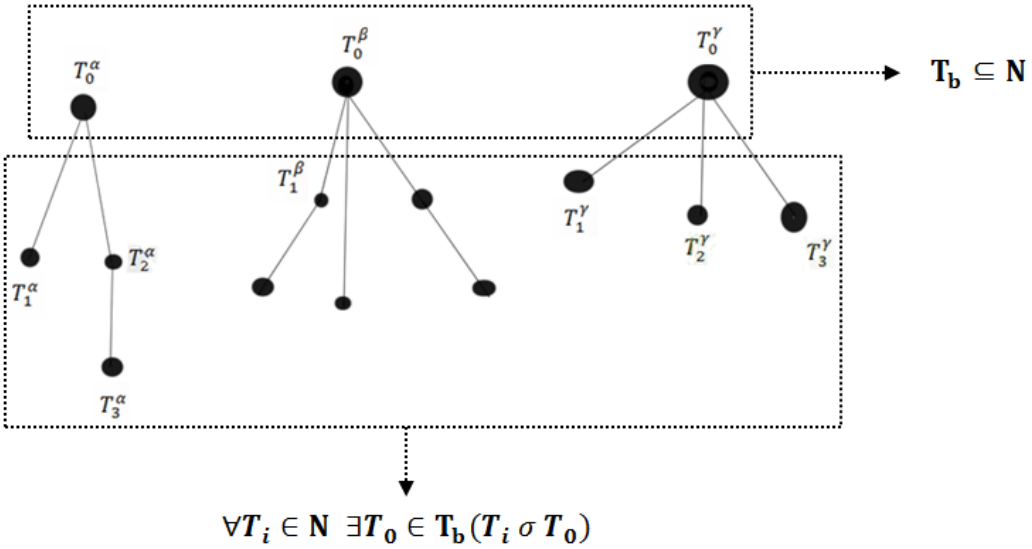


Figura 18 - Rede teórica diacrônica **N**

$\boldsymbol{D15}$: (a) Se $K = \langle \boldsymbol{M_p}, \boldsymbol{M}, \boldsymbol{M_{pp}}, \boldsymbol{CG}, \boldsymbol{VG} \rangle$ e $K' = \langle \boldsymbol{M'_p}, \boldsymbol{M'}, \boldsymbol{M'_{pp}}, \boldsymbol{CG'}, \boldsymbol{VG'} \rangle$ são núcleos formais, então $K' \sigma_k K$ sse:

(1) $\boldsymbol{M'_p} = \boldsymbol{M_p} \wedge \boldsymbol{M'_{pp}} = \boldsymbol{M_{pp}}$

(2) $\boldsymbol{M'} \subseteq \boldsymbol{M} \wedge \boldsymbol{CG'} \subseteq \boldsymbol{CG} \wedge \boldsymbol{VG'} \subseteq \boldsymbol{VG}$

(b) δ é uma *especialização diacrônica* sse existem T, T' e σ_k tais que:

(1) $T = \langle K, I, G \rangle$ e $T' = \langle K', I', G' \rangle$ são elementos teóricos diacrônicos

(2) $K' \sigma_k K$

(3) $I \cap I' \neq \emptyset$

(4) $h \lessdot h'$

Observação: o símbolo "$\lessdot$", utilizado para representar a *precedência* histórica, deve ser interpretado qualitativamente, pois os dois períodos presentes na relação $\lessdot$ podem compartilhar meses ou até anos.

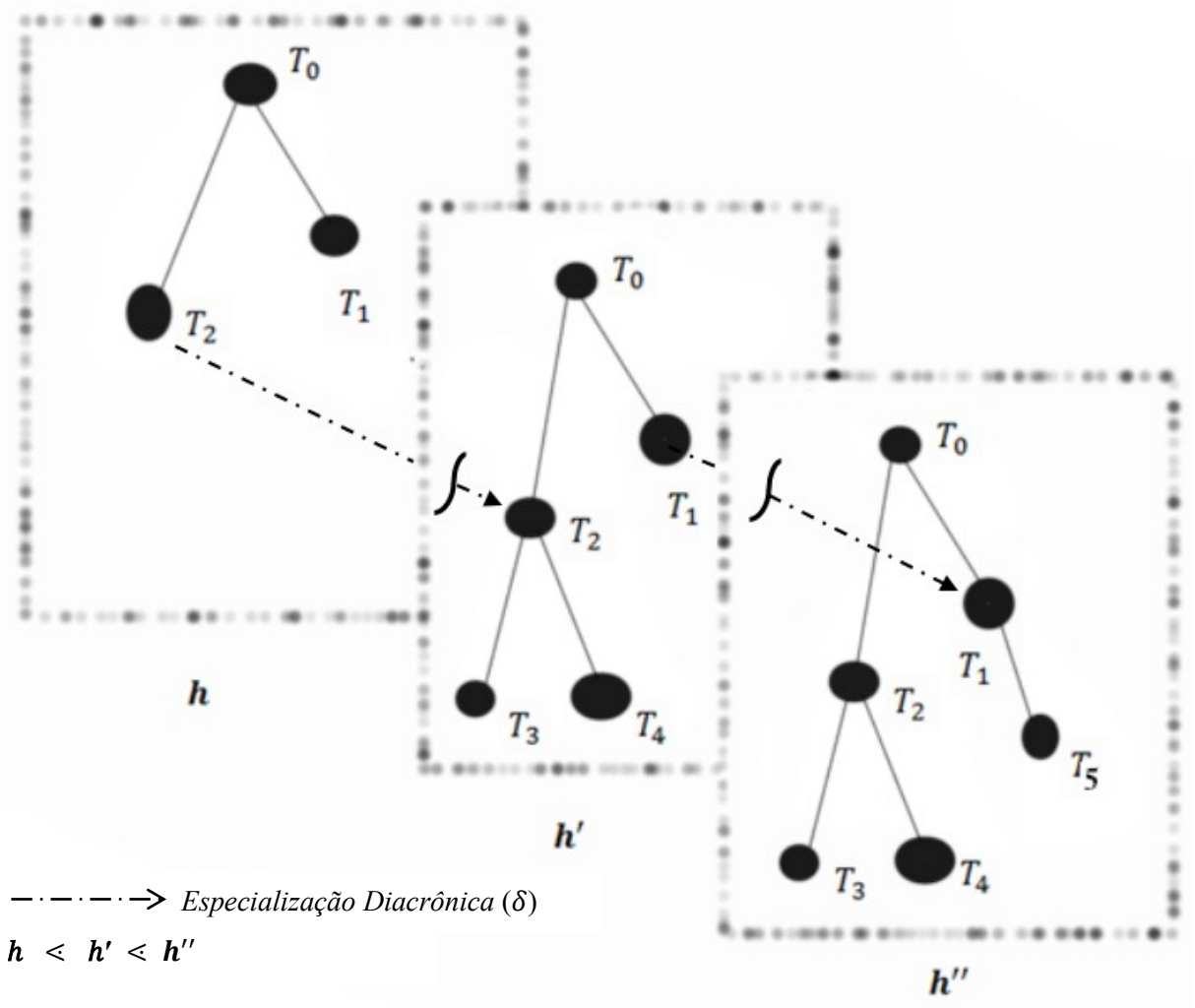


Figura 19 – Especialização Diacrônica

Na figura 18, temos:

$[(\boldsymbol{T_3} \wedge \boldsymbol{T_4} \in \boldsymbol{h'})\ \delta\ (\boldsymbol{T_2} \in \boldsymbol{h})] \wedge [(\boldsymbol{T_5} \in \boldsymbol{h''})\ \delta\ (\boldsymbol{T_1} \in \boldsymbol{h'})]$, ou seja, numa primeira transição, o elemento teórico $\boldsymbol{T_2}$, pertencente ao período $\boldsymbol{h}$, sofreu um processo de especialização diacrônica que permitiu duas especializações, representadas pelos elementos teóricos $\boldsymbol{T_3}$ e $\boldsymbol{T_4}$ no período posterior $\boldsymbol{h'}$; numa segunda transição, foi o elemento teórico $\boldsymbol{T_1}$, pertencente à $\boldsymbol{h'}$,

que sofreu um processo de especialização diacrônica, dando origem ao elemento teórico $\boldsymbol{T_5}$ em $\boldsymbol{h''}$ [75].

Antes de iniciarmos a análise de processos diacrônicos mais específicos na subseção seguinte, necessitamos de mais duas definições auxiliares:

$\boldsymbol{D_{aux}1}$: Sejam $\mathbf{N}$, $\mathbf{N'}$ duas redes teóricas diacrônicas. $\mathbf{N'}$ *vem depois de* $\mathbf{N}$ ($\mathbf{N'} \lhd \mathbf{N}$) sse:

$\exists T' \in \mathbf{N'}\ \exists\ T \in \mathbf{N}\ (T'\ \delta\ T)$

$\boldsymbol{D_{aux}2}$: Sejam $\mathbf{N}$, $\mathbf{N'}$ duas redes teóricas diacrônicas. $\mathbf{N'}$ *vem imediatamente depois de* $\mathbf{N}$ ($\mathbf{N'}\ \pi\ \mathbf{N}$) *sse*:

(1) $\mathbf{N'} \lhd \mathbf{N}$

(2) $\nexists \mathbf{N}^*\ (\mathbf{N} \neq \mathbf{N}^* \neq \mathbf{N'} \wedge\ \mathbf{N'} \lhd\ \boldsymbol{N}^* \lhd\ \boldsymbol{N})$

5.2.1 Cristalização: a riqueza da instabilidade

A instabilidade conceitual apresentada nos períodos de cristalização de uma teoria nos permite vislumbrar a riqueza da plasticidade presente no desenvolvimento teórico. Vale logo de início, a fim de familiarizarmo-nos com o assunto, sugerir que a cristalização assemelha-se ao *regime de ciência extraordinária* de Kuhn (subseção 4.3), ou à permanente instabilidade apontada por Popper (2008). No que segue, iremos expor as principais características observadas no processo de cristalização.

[75] O exemplo dado acima é apenas uma possibilidade de desenvolvimento teórico dentre tantas outras possíveis.

Características do processo de Cristalização:

(a) Normalmente existem diferentes *redes teóricas* em competição. Porém, com a peculiaridade de compartilharem alguns componentes de seus modelos.

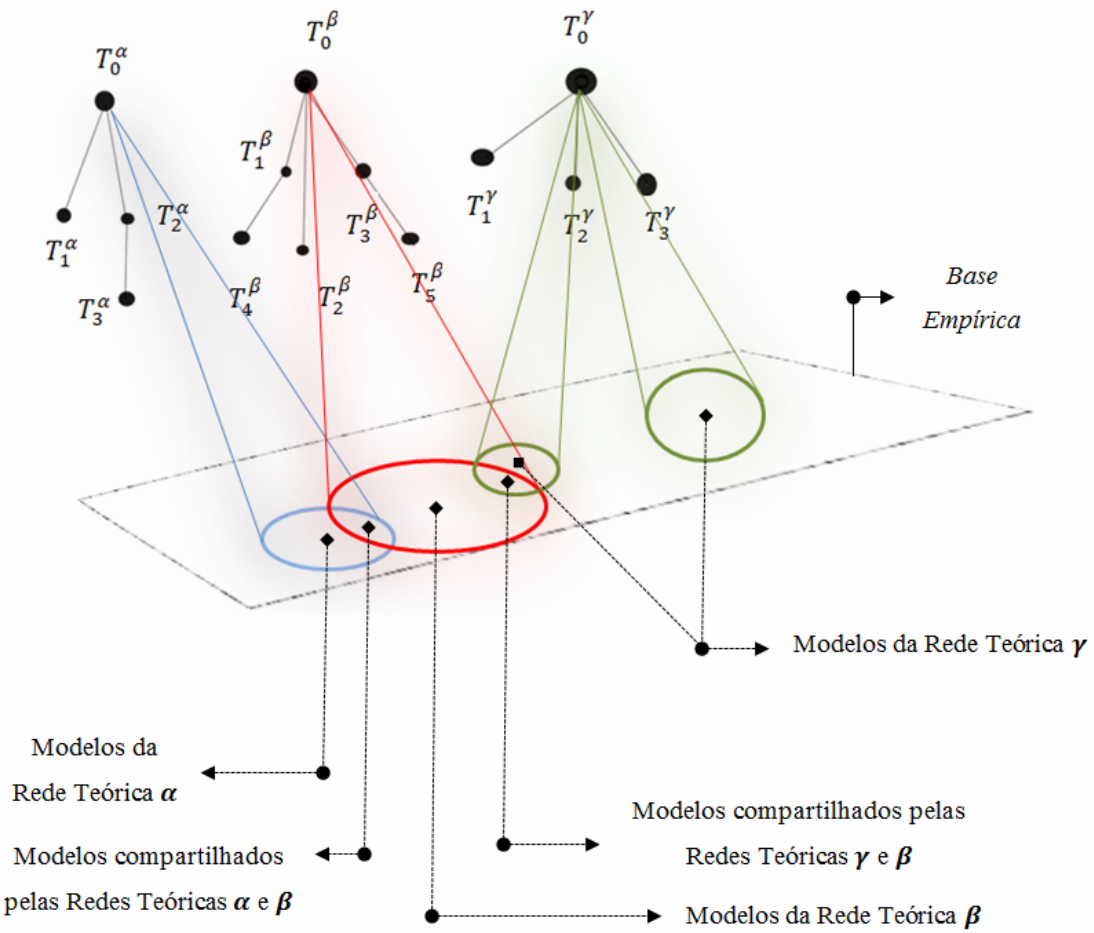


Figura 20 – Cristalização teórica (a)

(b) Os *elementos teóricos básicos*, nos sucessivos períodos, são essencialmente diferentes. Mais especificamente, diferem os *modelos potenciais, parciais, e modelos* de cada uma das *redes teóricas* sucessivas, embora estas compartilhem de alguns componentes.

Vamos tomar como exemplo o elemento teórico básico $\boldsymbol{T_0^\alpha}$ da figura 19 e analisá-lo em três hipotéticos períodos históricos $\boldsymbol{h}$, $\boldsymbol{h'}$ e $\boldsymbol{h''}$ sucessivos:

Seja $\boldsymbol{x} \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{T_0^\alpha})$ e sua estrutura $\boldsymbol{x} = \langle D, \ldots, D_n, r_1, \ldots, r_n, f_1, \ldots, f_n \rangle$, onde cada entidade interna aos colchetes (domínios de elementos, relações e funções definidas sobre tais domínios) é um componente estrutural. De acordo com a característica **(b)**, encontramos dinâmicas semelhantes à seguinte:

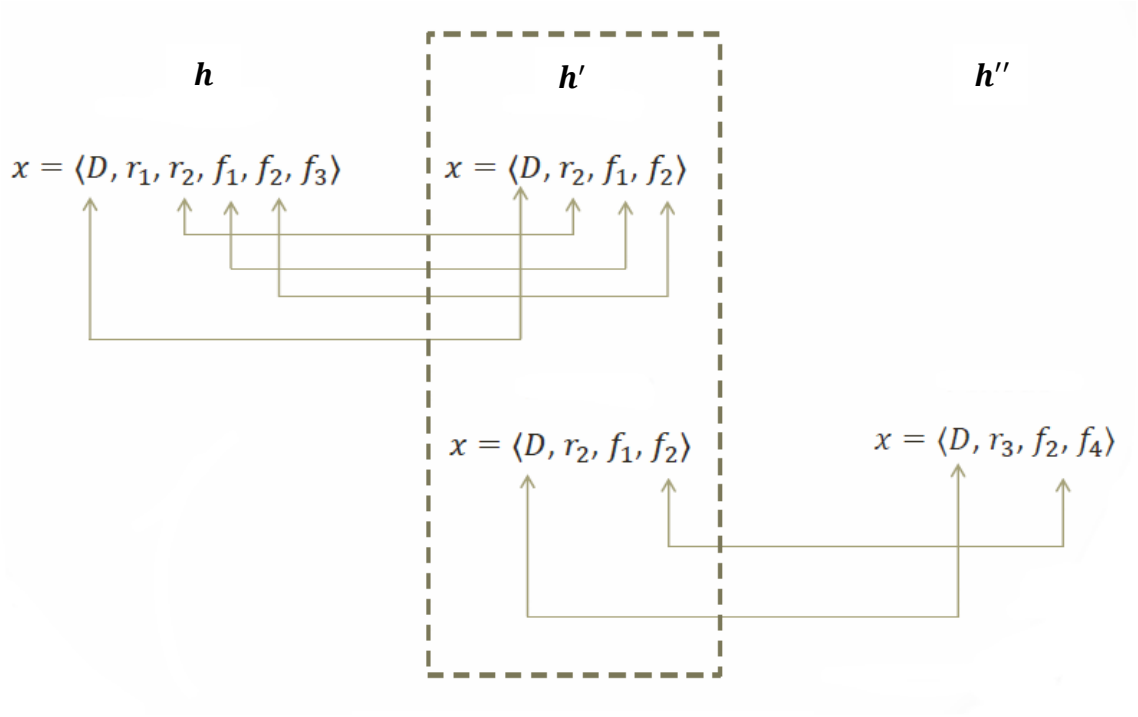


Figura 21 – Cristalização teórica (b)

Em suma, o elemento teórico básico $\boldsymbol{x}$ passa por mudanças estruturais parciais, pois é comum que algumas relações/funções permaneçam (o que parece razoável se mantivermos em mente que o elemento teórico diacrônico básico está aprimorando um modo de conceitualizar o mesmo domínio fenomênico).

(c) Embora os *elementos teóricos básicos* das sucessivas *redes teóricas* sejam diferentes, *alguns* de seus *elementos teóricos não-básicos* são iguais ou quase iguais. Trata-se da similaridade ou identidade entre *especializações* — especialmente no sentido de que elas compartilham das mesmas *aplicações pretendidas* (ou quase as mesmas) e de alguns conceitos ***T**-teóricos*.

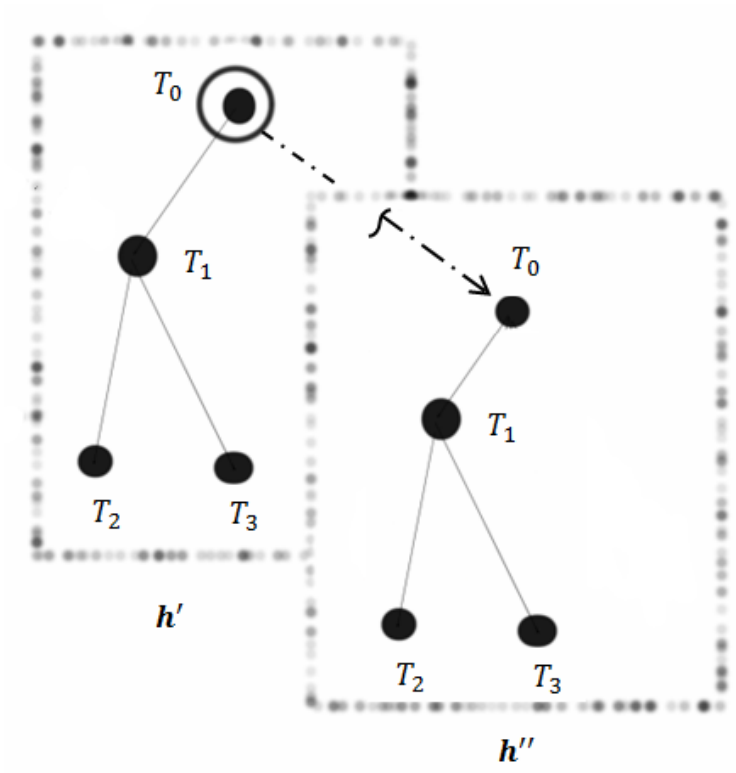


Figura 22 – Cristalização teórica (c)

Na figura 21, temos:

$$[(\boldsymbol{T_0} \in \boldsymbol{h'}) \neq (\boldsymbol{T_0} \in \boldsymbol{h''})] \wedge [(\boldsymbol{T_1} \wedge \boldsymbol{T_2} \wedge \boldsymbol{T_3}) \in \boldsymbol{h'} \approx (\boldsymbol{T_1} \wedge \boldsymbol{T_2} \wedge \boldsymbol{T_3}) \in \boldsymbol{h''}]$$

Numa cristalização, a mudança (geralmente parcial, como já ressaltamos em **(b)**) do elemento teórico diacrônico básico não implica a mudança necessária dos elementos teóricos não-básicos.

(d) O processo de cristalização termina com o estabelecimento de uma *rede teórica arbórea*, ou seja, de uma *rede teórica* com apenas um *elemento teórico básico*, o qual passa a ficar firmemente *entrincheirado* na disciplina.

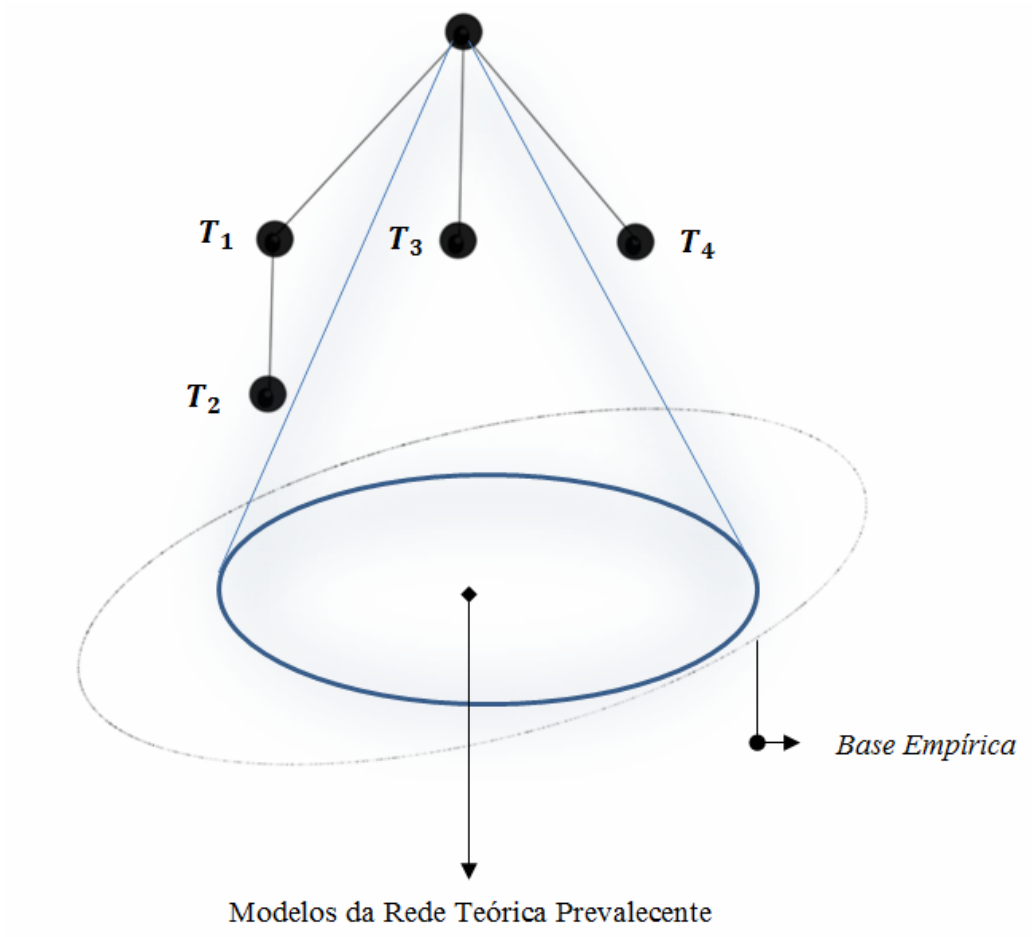


Figura 23 – Cristalização teórica (d)

Antes de expormos um exemplo de reconstrução de um processo de cristalização[76], necessitamos de outras ferramentas lógicas[77].

$\boldsymbol{D16}$: Seja $\boldsymbol{S} = \langle \boldsymbol{A_1}, \dots, \boldsymbol{A_n} \rangle$ uma estrutura, então:

[76] Ver (MOULINES, 2010).

[77] Na definição de *subestrutura parcial escalonada*, pressupomos a definição $\boldsymbol{D2}$ da subseção 2.2.

$\boldsymbol{A}$ é *componente* de $\boldsymbol{S}$ ("$\boldsymbol{A} \in^{\wedge} \boldsymbol{S}$") sse $\exists i(1 \leq i \leq n \ \wedge \ \boldsymbol{A} = \boldsymbol{A_i})$

$\boldsymbol{D17}$: $\boldsymbol{S'}$ é *subestrutura parcial* de $\boldsymbol{S}$ ("$\boldsymbol{S'} \in^{\wedge} \boldsymbol{S}$") sse:

$$\forall \boldsymbol{A'} \in^{\wedge} \boldsymbol{S'}(\boldsymbol{A'} \in^{\wedge} \boldsymbol{S}) \ \wedge \ \exists \boldsymbol{A} \in^{\wedge} \boldsymbol{S} \ \forall \boldsymbol{A'}(\boldsymbol{A'} \in^{\wedge} \boldsymbol{S'} \rightarrow \neg \boldsymbol{A'} \subseteq \boldsymbol{A}$$

$\boldsymbol{D18}$: $\boldsymbol{S}$ é uma subestrutura parcial escalonada de $\boldsymbol{S}^*$ ("$S \ \eta \ S^*$") sse:

$$\forall \boldsymbol{S_i}(\boldsymbol{S_i} \in^{\wedge} \boldsymbol{S}) \ \exists \boldsymbol{S_k^*}(\boldsymbol{S_k^*} \in^{\wedge} \boldsymbol{S}^*): \boldsymbol{S_i} \in \boldsymbol{\Theta}(\boldsymbol{S_k^*})$$

Exemplificando Subestruturas Parciais Escalonadas:

$(S \ \eta \ S^*)$ sse $\forall S_i(S_i \in^{\wedge} S) \ \exists S_k^*(S_k^* \in^{\wedge} S^*): S_i \in \boldsymbol{\Theta}(S_k^*)$

$$\left.\begin{array}{l} S_1 = \langle A_1 \rangle \ e \ S = \langle A_1, A_2 \rangle, \ logo \ \ S_1 \in^{\wedge} S. \\ S_2 = \langle A_2 \rangle \ e \ S = \langle A_1, A_2 \rangle, \ logo \ S_2 \in^{\wedge} S. \\ S_3 = \langle A_1, A_2 \rangle \ e \ S = \langle A_1, A_2 \rangle, \ logo \ S_3 \in^{\wedge} S. \end{array}\right\} \quad \forall S_i(S_i \in^{\wedge} S)$$

$$\left.\begin{array}{l} S_1^* = \langle B_1 \rangle \ e \ S^* = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle, \ logo \ \ S_1^* \in^{\wedge} S^*. \\ S_2^* = \langle B_3 \rangle \ e \ S^* = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle, \ logo \ \ S_2^* \in^{\wedge} S^*. \\ S_3^* = \langle B_1, B_3 \rangle \ e \ \ S^* = \langle B_1, B_2, B_3 \rangle, \ logo \ S_3^* \in^{\wedge} S^*. \end{array}\right\} \quad \exists S_k^*(S_k^* \in^{\wedge} S^*)$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{Se } A_1 \subseteq B_1, \text{ então } S_1 \in \boldsymbol{\Theta}(S_1^*). \\ \text{Se } A_2 \subseteq B_1 \times \wp(B_3), \text{ então } S_2 \in \Theta(S_3^*) \end{array}\right\} \quad S_i \in \boldsymbol{\Theta}(S_k^*)$$

Dada duas estruturas, por exemplo, $\mathfrak{A}$ e $\mathfrak{B}$. Verifiquemos se a subestrutura parcial $\mathfrak{A}'$ de $\mathfrak{A}$ é um conjunto escalonado sobre a subestrutura parcial $\mathfrak{B}'$ de $\mathfrak{B}$. Se for constatado que $[(\mathfrak{A}' \in^{\wedge} \mathfrak{A}) \wedge (\mathfrak{B}' \in^{\wedge} \mathfrak{B}) \wedge (\mathfrak{A}' \in \boldsymbol{\Theta}(\mathfrak{B}')] \rightarrow \mathfrak{A}\, \eta\, \mathfrak{B}$, então dizemos que $\mathfrak{A}$ é *subestrutura parcial escalonada* de $\mathfrak{B}$.

Agora temos o aparato lógico necessário para oferecer uma definição formal do processo de cristalização teórica.

$\boldsymbol{D19}$: $\langle \mathbf{N}_1, \ldots, \mathbf{N}_n \rangle$ é uma *cristalização teórica* sse existe $\mathbf{T}_{\boldsymbol{i}}^{\mathbf{b}}$ tal que:

(1) $\mathbf{N}_1, \ldots, \mathbf{N}_n$ são redes teóricas diacrônicas diferentes

(2) $\mathbf{N}_{\boldsymbol{i}} \in \langle \mathbf{N}_1, \ldots, \mathbf{N}_n \rangle$

(3) $\mathbf{T}_{\boldsymbol{i}}^{\mathbf{b}}$ é o conjunto dos elementos teóricos básicos de cada $\mathbf{N}_{\boldsymbol{i}}$ (com $\|\mathbf{T}_{\boldsymbol{i}}^{\mathbf{b}}\| \geq 1$)

(4) Para todo $i < n$: $\mathbf{N}_{i+1}\ \pi\ \mathbf{N}_i$

(5) $\forall\, i, k\ (1 \leq i, k \leq n\ \ \wedge\ \ i \neq k \rightarrow \mathbf{T}_{\boldsymbol{i}}^{\mathbf{b}} \neq \mathbf{T}_{\boldsymbol{k}}^{\mathbf{b}})$

(6) Para todo i com $1 \leq i \leq n$: $\exists \boldsymbol{k}\ \exists \boldsymbol{k}^*\ (\boldsymbol{T}_{\boldsymbol{k}} \in \mathbf{N}_{\boldsymbol{i}}\ \wedge\ \boldsymbol{T}_{\boldsymbol{k}} \notin \mathbf{T}_{\boldsymbol{k}}^{\mathbf{b}}\ \wedge\ \boldsymbol{T}_{\boldsymbol{k}^*} \in \mathbf{N}_{i+1}$:

(a) $\forall x\ \in \boldsymbol{M}_k\ \exists x^* \in \boldsymbol{M}_{k^*}\ (x\ \eta\ x^*) \wedge$

(b) $\exists \boldsymbol{S}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{y}^*(\boldsymbol{y} \in \boldsymbol{I}_{\boldsymbol{k}} \wedge \boldsymbol{y}^* \in \boldsymbol{I}_{\boldsymbol{k}^*} \wedge\ \boldsymbol{S}\ \eta\ \boldsymbol{y}\ \wedge\ \boldsymbol{S}\ \eta\ \boldsymbol{y}^*)\ )$

Na figura 23 abaixo, temos um exemplo de reconstrução de um processo de cristalização realizado por Moulines (2010, p. 157). No exemplo, realizamos pequenas alterações visuais e inserimos algumas legendas explicativas a fim de facilitar a compreensão:

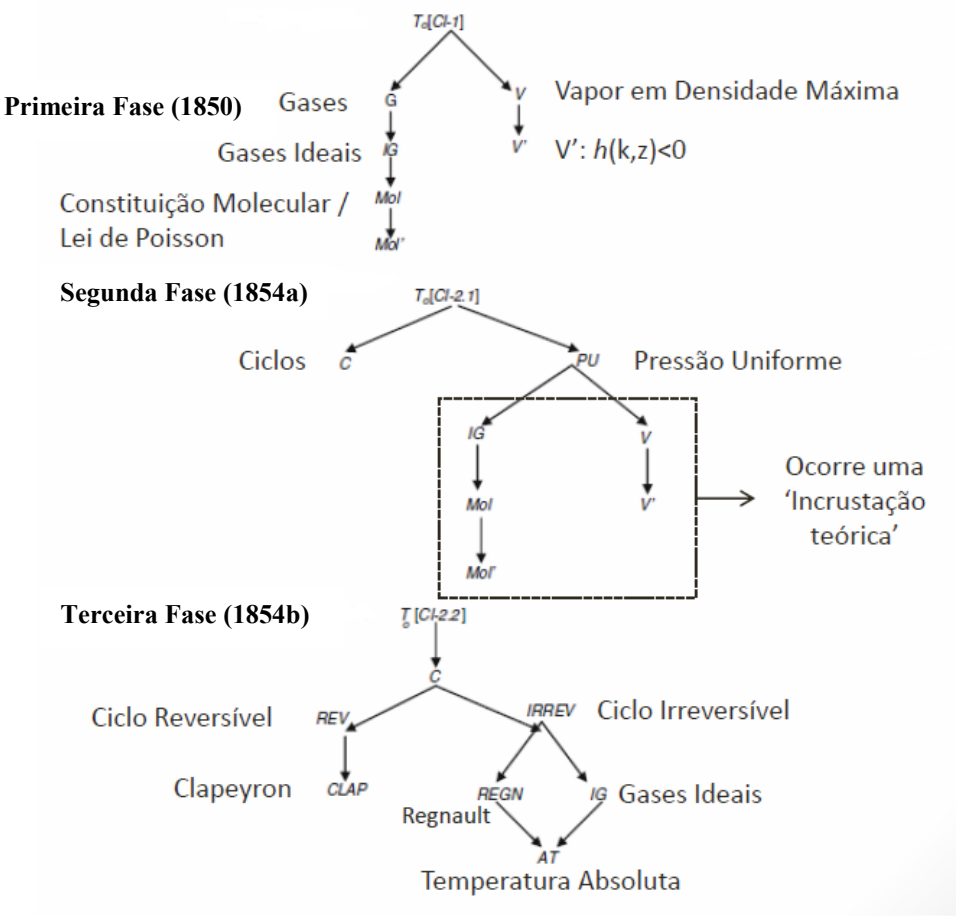


Figura 24 – Cristalização da termodinâmica fenomenológica de Clausius

5.2.2 Evolução Teórica

A evolução teórica é um processo diacrônico onde uma dada rede teórica, apesar de passar por várias transformações, mantém sua *identidade essencial* através dos períodos temporais. Esta identidade é definida pelo núcleo teórico básico $\boldsymbol{K_0}$, por meio do qual fica definido o quadro conceitual da teoria, bem como sua lei fundamental. Este processo de evolução parece corresponder à dinâmica dos programas de pesquisa lakatosianos[78], no entanto, visto sob o prisma estrutural, obtemos maior clareza sobre aquilo que Lakatos chama de 'força heurística' do núcleo. Por meio das ferramentas de análise vistas até o momento, sabemos que as noções de 'elemento teórico básico' e de 'leis fundamentais' nos permitem indicar exatamente quais as relações entre um núcleo e o seu entorno.

[78] Vide subseção 4.4.

Nos sucessivos períodos $(h, h', h'', \ldots)$ ocorrerá o processo de especialização descrito na subseção 2.6.7.1, mas com uma diferença importante — decorrente das diferentes gerações de cientistas que se formarão através dos períodos —, a saber, os sucessivos domínios de aplicações pretendidas não configuram a relação de inclusão conjuntista, ou seja, podemos dizer apenas que algumas de suas intersecções são não vazias. Por exemplo, é um fato histórico que em determinadas épocas, os físicos, para tratar de problemas de ótica, consideravam que também tinham de dar conta da fisiologia do aparelho visual; mas em determinado momento, este domínio deixou de ser do interesse dos físicos e, consequentemente, alterou-se o domínio de aplicações pretendidas da rede teórica da ótica.

Segue a definição de evolução teórica:

$\boldsymbol{D20}$: $\langle \mathbf{N}_1, \ldots, \mathbf{N}_n \rangle$ é uma *evolução teórica* **sse**

(1) $\forall\, i\ (1 \leq i \leq n)$: $\mathbf{N}_i\ \pi\ \mathbf{N}_{i-1}$

(2) $\exists K_0\ \forall i, k\ (1 \leq i, k \leq n)$: $\mathbf{K}_\mathbf{i}^\mathbf{b} = \mathbf{K}_\mathbf{k}^\mathbf{b} = \{K_0\}$

(3) $\forall \mathbf{N}_i\ (1 \leq i \leq n)$: $\forall \boldsymbol{T_j} \in \mathbf{N}_i\ \exists \boldsymbol{N_K}\ (k < i)$: $\exists \boldsymbol{T_h} \in \boldsymbol{N_K}\ (\boldsymbol{T_j}\ \delta\ \boldsymbol{T_h})$

(4) $\forall\, i, k\ (1 \leq i, k \leq n)$: $CC_i = CC_k$

Abaixo, temos um exemplo de evolução teórica, no caso, da *termodinâmica de equilíbrio simples* ($\boldsymbol{TES}$), tal como reconstruída em Balzer, Moulines e Sneed (1987, cap. 5), onde pode ser consultada a estrutura completa de cada um dos nós das sucessivas redes teóricas.

Explicação prévia:

$\boldsymbol{F}(\boldsymbol{I})$ *representa o domínio de aplicações bem confirmadas* no que diz respeito à $\boldsymbol{K}$

$\boldsymbol{A}(\boldsymbol{I})$ *representa o domínio de aplicações não bem confirmadas* no que diz respeito à $\boldsymbol{K}$

Portanto, $\boldsymbol{F}(\boldsymbol{I}) \cup \boldsymbol{A}(\boldsymbol{I}) = \boldsymbol{I}$

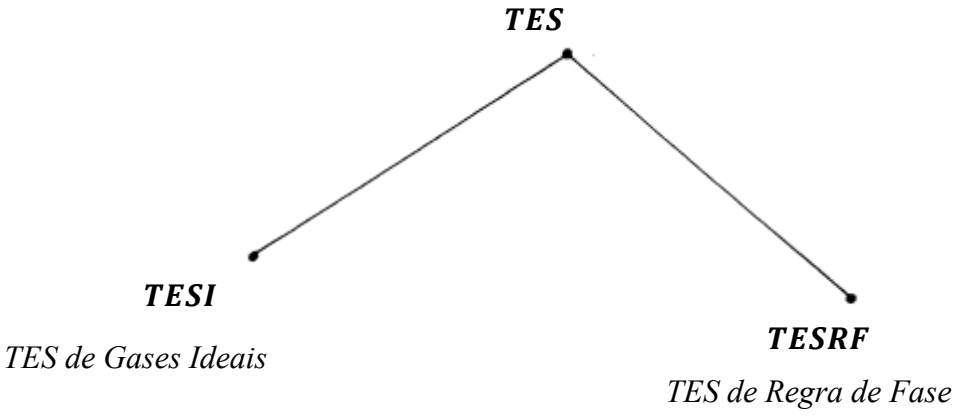
$\boldsymbol{CC(G)}$ = {termodinamicistas e físico-químicos}

Primeiro Período: h_1 = {1870's}

$\boldsymbol{G_1}$ = {Gibbs, Maxwell, Pirie, etc.}

$\boldsymbol{N_1}$:

Termodinâmica de Equilíbrio Simples



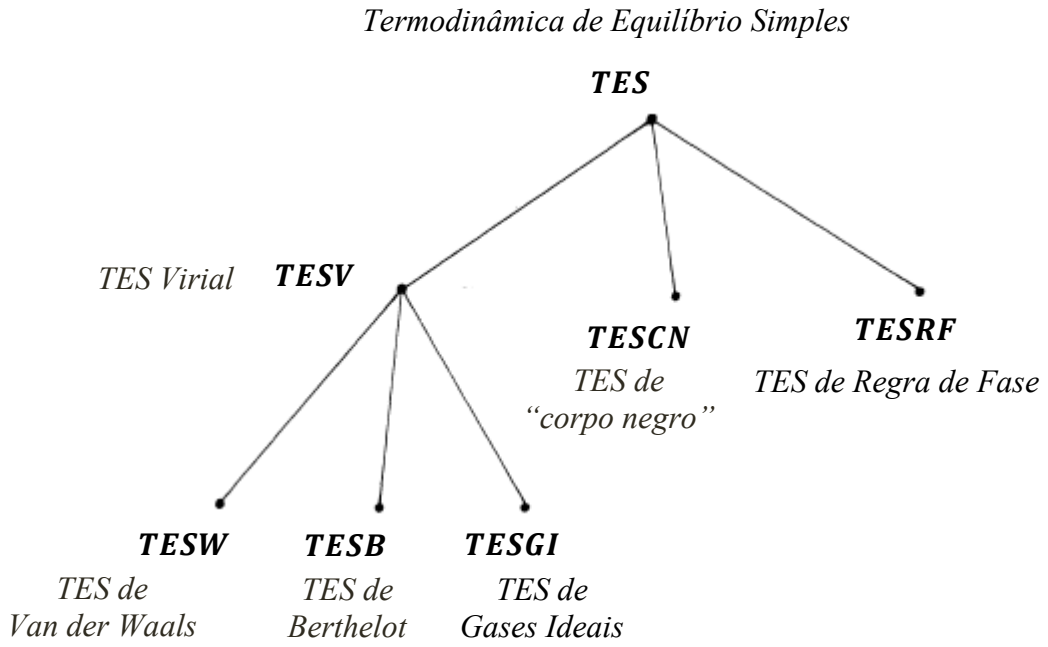
Onde:

$\boldsymbol{F(I_1(N_1))} =$ {todos processos termodinâmicos não envolvendo reações químicas ou misturas conhecidas antes de Gibbs} ∪ {alguns processos envolvendo equilíbrio entre sistemas diferentes, como as fases gasosas, líquidas, e sólidas da mesma substância química, ou soluções saturadas, ou líquidos parcialmente mistos}

Segundo Período: h_2 = {188 ... - 1906}

$\boldsymbol{G_2}$ = {Grupo Holandês, Boltzmann, Berthelot, Duhem, Le Chatelier, Ostwald, etc. }

$\boldsymbol{N_2}$:



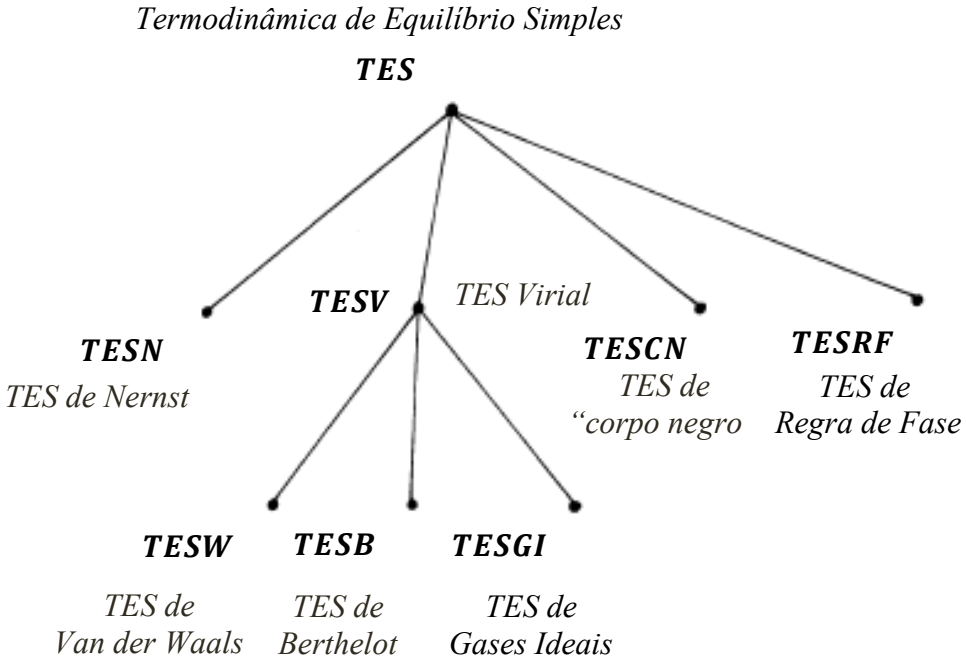
Onde:

$\boldsymbol{F(I_2(N_2)) = F(I_1(N_1))}$ ∪ {todos gases reais à temperaturas *não-muito-baixas*} ∪ {algumas misturas e ligas} ∪ {radiação no "corpo negro"}

Terceiro Período: h_3 = {1906 - 193 ... }

$\boldsymbol{G_3}$ = {Grupo Holandês, Nernst e seus colaboradores, Planck, Franz Simon, etc. }

$\boldsymbol{N_3}$:



Onde:

$\boldsymbol{F}(\boldsymbol{I_3}(\boldsymbol{N_3})) = \boldsymbol{F}(\boldsymbol{I_2}(\boldsymbol{N_2})) \cup$ {sistemas em temperaturas muito baixas}

5.2.3 Incrustação

O processo de incrustação ocorre quando os modelos de determinada teoria são incorporados — no sentido em que os componentes de uma estrutura configuram a relação de 'subestrutura parcial escalonada' para com outra estrutura distinta — nos modelos de uma nova teoria. A motivação para tal dinâmica é incapacidade da teoria antiga em dar conta de parte de suas aplicações pretendidas, as quais se tornarão aplicações bem sucedidas após a incrustação.

Segue a definição formal:

$\boldsymbol{D_{aux}3}$: Seja $\boldsymbol{m}$ um modelo efetivo do elemento teórico $\boldsymbol{T_i}$ pertencente à rede teórica diacrônica **N**:

(a) m é um *modelo bem sucedido* em **N** sse existe uma aplicação pretendida $\boldsymbol{y} \in \boldsymbol{I_i}(\boldsymbol{T_i})$, tal que $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{r}(\boldsymbol{m})$

(b) $\boldsymbol{y}$ é *aplicação bem sucedida* sse existe um modelo efetivo $\boldsymbol{m} \in M(\boldsymbol{T_i})$, tal que $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{r}(\boldsymbol{m})$

$\boldsymbol{D21}$: A rede teórica **N** é *passível de incrustação* na rede teórica $\mathbf{N}^*$ sse:

(1) Todo modelo bem sucedido em **N** é (aproximadamente) uma subestrutura parcial escalonada de algum modelo bem sucedido em $\mathbf{N}^*$

(2) Toda aplicação pretendida bem sucedida em **N** é (aproximadamente) uma subestrutura parcial escalonada de alguma aplicação pretendida bem sucedida em $\mathbf{N}^*$

(3) $\boldsymbol{CC_N} \cap \boldsymbol{CC_{N^*}} \neq \emptyset$

Um exemplo histórico notório deste processo é a incrustação da *mecânica clássica de colisões* na *mecânica clássica de partícula*.

5.2.4 Substituição com Incomensurabilidade Parcial

Já vimos na subseção 4.3 no que consiste a tese da incomensurabilidade. E se atentarmos bem para o modo como a M.E. aborda a dinâmica de teorias científicas, principalmente pelo que vimos na subseção 5.2.1 sobre a cristalização, veremos que a incomensurabilidade nos moldes defendidos por Kuhn e Feyerabend não se coaduna com o estruturalismo.

Vamos focar por um instante o que Kuhn chama de 'ciência revolucionária', a qual é desencadeada pela proliferação de anomalias no 'paradigma' dominante. Nesse regime — que costuma ser chamado de 'extraordinário' — entram em competição diversos paradigmas postulantes a serem entronizados, caso consigam dar conta das anomalias do paradigma que entrou em colapso, além de abrir um novo leque de problemas a serem resolvidos sob o novo prisma conceitual que estes fornecem sobre o mundo. Pois bem, neste ponto de sua filosofia, Kuhn tem de realizar afirmações contundentes e polêmicas quanto ao critério de decisão quanto ao novo paradigma que será entronizado. A literatura crítica sobre essa questão é vasta e não caberia no alongarmos nela aqui. O que vamos ressaltar é um posicionamento atinente à visão estruturalista:

Nesse regime de ciência extraordinária, se Kuhn fala em de *competição* entre paradigmas diversos, temos de convir que, é razoável afirmar que *só faz sentido existir competição se existir uma base empírica comum* — e isso, ainda que cada paradigma em competição realize uma seleção própria dos aspectos nessa base comum a serem tomados como de maior relevância em relação a outros. Para usar uma metáfora talvez um pouco grosseira, porém eficaz, *um nadador numa raia olímpica não pode competir com um corredor na pista de corrida, tampouco podemos dizer que o corredor compete com o halterofilista; ou seja, diferentes nadadores competem numa 'mesma' piscina, corredores diferentes competem numa 'mesma' pista, e assim por diante.*

Enfim, para que faça sentido competir é preciso que os competidores compartilhem de alguma estrutura em comum. É calcada nesta constatação que o estruturalismo não compartilha da tese de *incomensurabilidade* nos moldes kuhnianos[79]. Admite-se, sim, uma

[79] Sobre o assunto, ver (LORENZANO; NUDLER, 2013).

incomensurabilidade parcial — que é expressa pelo uso de *subestruturas parciais escalonadas*.

A própria noção de *subestrutura parcial escalonada* indica que, quando duas teorias tentam sistematizar mais ou menos o mesmo domínio de aplicações pretendidas, é normal que estas compartilhem componentes estruturais que, quando não iguais, são ao menos semelhantes. Esta visão parece ser mais coerente com os fatos históricos.

Segue a definição formal de substituição com incomensurabilidade parcial que encontramos em Moulines (2011):

$\boldsymbol{D22}$: A rede teórica $\mathbf{N}$ é *substituída com incomensurabilidade parcial* pela rede teórica $\mathbf{N}^*$ sse:

(1) Nenhum modelo efetivo em $\mathbf{N}$ é uma subestrutura parcial escalonada de algum modelo bem sucedido em $\mathbf{N}^*$

(2) ("Quase todas") aplicações pretendidas bem sucedidas em $\mathbf{N}$ (ou algumas partes delas) são subestruturas parciais escalonadas de aplicações pretendidas em $\mathbf{N}^*$

(3) Existem aplicações pretendidas mal sucedidas em $\mathbf{N}$ ("anomalias") que são (aproximadamente) subestruturas parciais escalonadas de aplicações pretendidas bem sucedidas em $\mathbf{N}^*$

(4) $\mathbf{N}^* \, \pi \, \mathbf{N}$

(5) $\boldsymbol{CC_N} \cap \boldsymbol{CC_{N^*}} \approx \emptyset$

Se refletirmos com maior cuidado sobre a $\boldsymbol{D22}$, podemos extrair dois aspectos importantes do desenvolvimento teórico:

(a) O êxito aplicativo revela-se como a força motriz da elaboração/evolução teórica[80]

(b) Incomensurabilidade teórica não implica incomparabilidade empírica[81]

Antes de finalizarmos esta seção cabe dizer algo importante relacionado à **(a)**, a saber, o papel também relevante da falta de êxito, ou seja, as aplicações mal sucedidas também atuam (negativamente, por assim dizer) como motores da evolução teórica, principalmente quando uma comunidade científica decide abandonar certas estratégias, as quais parecem produzir pouco crescimento empírico.

[80] Lembremos do caso exposto na seção 2.6.7.1, sobre a *analogia* feita por Priestley: naquele exemplo, o que influiu determinantemente no fluxo de informação teórico/experimental foi o grande *êxito aplicativo da teoria gravitacional*; tal êxito fez com que os estudiosos em *eletricidade* tomassem a relação *quadrático inversa* para fins investigativos em sua disciplina; após confirmações experimentais, teria ocorrido um retorno teórico na forma de especialização, a saber, a *mecânica clássica de partículas eletrostática*.

[81] Sobre uma discussão bem completa do assunto, ver Lorenzano (2008).

6. APROXIMAÇÕES: A REALIDADE DA CIÊNCIA APLICADA

Nenhuma teoria empírica é aplicada com *exatidão* no domínio ao qual se supõe que esta seja aplicável. Ou seja, aproximações sempre devem ser tomadas em consideração. Dentro da abordagem *modelo-teórica* isto significa que os modelos devem ser 'borrados' ['blurred'], por assim dizer, dentro de uma margem admissível. Para representar isto, é conveniente o uso da noção topológica de *uniformidade* de modelos (potenciais), por meio da qual determinamos a classe de modelos '*borrosos*', chamada de **A**.

6.1 Aproximação na aplicação de teorias

Como vimos, os *modelos potenciais* descrevem certas 'porções' da realidade fenomênica, e também vimos que alguns desses *modelos potenciais* são *modelos* da teoria. Além das *caracterizações* e *tipificações* que definem o *quadro conceitual* da teoria, os *modelos* também satisfazem *leis específicas*, as quais estabelecem relações *não-triviais* entre os termos *não-básicos* da estrutura. No entanto, quando da aplicação de uma teoria empírica, podemos esperar *exatidão*? É notório que não. Nossas teorias mais bem sucedidas são aplicadas sob um *grau de aproximação*.

Na seção dedicada aos *modelos de dados*, já nos deparamos com esta questão. Afinal, aquela estruturação incipiente que descrevemos não se trata de uma descrição perfeita — como se a natureza pudesse determinar biunívocamente nossas teorias (haja vista a questão da subdeterminação empírica) —, pois na construção dos *modelos de dados* são realizadas diversas *aproximações* a fim de construir um modelo *manejável*. Podemos dizer que a construção de *modelos de dados* é um caso de *aproximação pré-teórica*. Na presente seção, trataremos do que podemos chamar de *aproximação intrateórica*, e apresentaremos o aparato conceitual que o estruturalismo desenvolveu para lidar com tal característica da prática científica.

Conscientes da impossibilidade de alcançarmos exatidão nas aplicações teóricas, buscamos ser precisos dentro de uma margem de aproximação:

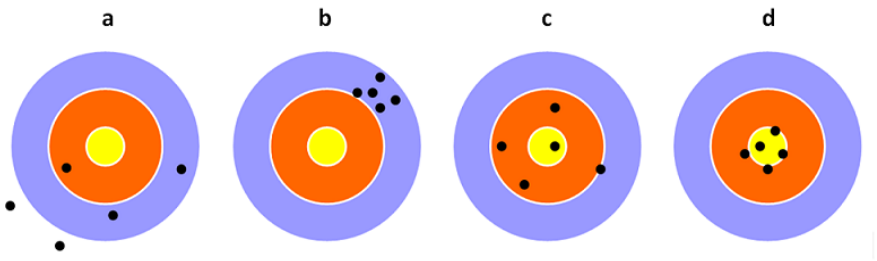


Figura 25 – Graus crescentes de precisão e exatidão

A prática científica é orientada no sentido de alcançar o que é expresso pela imagem **(d)** da figura 25, ou seja, seríamos como arqueiros cujas flechas lançadas acertassem sempre uma região próxima ao alvo, mas nunca o alvo em cheio — pois, se fossemos capazes de acertar em cheio o alvo, provavelmente não existiria o fato da *subdeterminação empírica*. O caráter *aproximativo* das aplicações científicas é tão implícito à prática que quase não é discutido. A M.E. considera relevante tal característica e, propõe que um componente — podemos chama-lo de *uniformidade empírica* (**U**) — pode fazer parte do *núcleo formal* da teoria em questão[82].

Baseada no conceito de *estrutura uniforme*[83], que define uma relação de proximidade entre dois elementos de uma dada classe, foi desenvolvida a noção de *uniformidade*[84]. Grosso modo, a *uniformidade* irá definir uma região de proximidade à uma *exatidão idealizada*. A *uniformidade* determinará *subclasses* dentro da *classe de modelos potenciais* de uma teoria, onde cada uma de tais subclasses representará um *grau de aproximação*. Para denominar tais *subclasses* foi utilizado o termo *'blurs'* [borrões], com a intenção de passar a ideia da *falta de nitidez* ou *inexatidão* da aplicação teórica no domínio empírico.

Então, teremos uma *uniformidade* ***U***, cujos elementos serão pares ordenados de *modelos potencias* $\langle x, y \rangle$ pertencentes a uma *blur* ***u***. Em suma, significa dizer que os *modelos potenciais* x e y aproximam-se entre si, ao menos num dado grau u. Como veremos, ainda que os *blurs* sejam subclasses de *modelos potenciais*, este procedimento reverbera na classe de *modelos potenciais parciais* — por se tratarem de aproximações relativas à aplicação de teorias. Por isso, adicionalmente, teremos uma *uniformidade* ***V*** dentro dos *modelos potenciais*

[82] Ver Balzer, Moulines e Sneed (1987, p.341).
[83] Ver Bourbaki (1966).
[84] Ver Balzer, Moulines e Sneed (1987, cap. 7).

parciais e seus *blurs* $\boldsymbol{v}$. Antes da formalização destes conceitos, não há maneira melhor de compreender bem a *uniformidade* e os *blurs* do que apresentando um caso prático.

Dado o *elemento teórico referente* a *teoria da gravitação newtoniana* ($\boldsymbol{MCPG}$)[85] e uma de suas instâncias, digamos o *modelo* $\boldsymbol{x_1} \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPG})$. No caso, a aplicação pretendida se refere ao sistema Terra-Sol. Então, teremos:

$\boldsymbol{x_1} = \langle \{p_T, p_S\}, S, T, \mathbb{N}, \mathbb{R}, c_1, c_2, s_1, m_1, f_1 \rangle$, onde interpretamos p_T e p_S como, respectivamente, a Terra e o Sol. Lembremos que a *força resultante* obtida a partir da função *f* é $F(p,t) = \sum_{i \in \mathbb{N}} f(p,t,i)$.

Se $\boldsymbol{x_1}$ é um *modelo* da teoria gravitacional newtoniana, então temos que as forças exercidas mutuamente pela Terra e pelo Sol entre si serão diferentes de zero:

Para todo *t*, $F_1(p_T, t) = -F_1(p_s, t) \neq 0$

E pela segunda lei de Newton, pressupondo a finitude das massas envolvidas, as acelerações do Sol e da Terra também são diferentes de zero:

$D^2 r_1(p_T, t) \neq 0$ e $D^2 r_1(p_s, t) \neq 0$

Se aplicarmos uma *função recorte* $\boldsymbol{r}$ em x_1, obteremos um *modelo parcial potencial* que, como sabemos, representa a *base empírica* da ($\boldsymbol{MCPG}$): $\boldsymbol{r}(\boldsymbol{x_1}) \in \boldsymbol{M_{pp}}(\boldsymbol{MCPG})$. E, no sistema Terra-Sol em particular, a descrição *cinemática* obtida a partir de tal *modelo potencial parcial* será a descrição matemática de *duas elipses*: uma grande elipse para a Terra e uma "bem pequena" elipse para o Sol:

[85] Descrito na subseção 2.6.7.1, p. 53.

Figura 26 – Sistema Sol-Terra bielíptico

Porém, dada a "pequenez" da elipse percorrida pelo Sol, os livros-texto omitem tal fato quando apresentam uma aplicação exemplar da teoria gravitacional newtoniana. Ou seja, eles assumem que o Sol ocupa uma posição estacionária em relação à Terra. E esta *idealização* é uma *aproximação* que pode ser expressa por um *modelo* $x_0 \in \boldsymbol{M}(\boldsymbol{MCPG})$:

$x_0 = \langle \{p_T, p_S\}, S, T, \mathbb{N}, \mathbb{R}, c_1, c_2, s_0, m_0, f_0 \rangle$, com a seguinte condição:

Para todo t, $F_0(p_s, t) = 0$

Enquanto que continua a assumir para a Terra:

$|F_0(p_T, t)| = -\gamma \frac{m_0(p_T) m_0(p_s)}{|r_0(p_T, t) - r_0(p_s, t)|^2}$ (γ é constante gravitacional)

Logo, a *função recorte* $\boldsymbol{r}(x_0) \in M_{pp}(\boldsymbol{MCPG})$ nos fornecerá a descrição cinemática de uma elipse percorrida pela Terra, com o Sol ocupando estacionariamente um dos focos de tal elipse. E é esta aproximação que podemos encontrar facilmente na quase totalidade das exposições de aplicações da teoria gravitacional nos livros-texto:

Figura 27 – Sistema Sol-Terra unielíptico

Devemos perceber que x_0 não pode mais ser considerado um *modelo* de $\boldsymbol{MCPG}$, mas sim, um *modelo* de uma 'lei' *aproximada* da lei gravitacional newtoniana. Traduzindo em termos estruturalistas: Temos uma *uniformidade* $\boldsymbol{U}$ que contém um *blur* $\boldsymbol{u}$, determinado por certas condições, tais que $\langle x_0, x_1 \rangle \in u$. E de fato utilizamos o *blur* $\boldsymbol{u}$ para alguns propósitos. Além disso, obtivemos um *blur não-teórico* $\boldsymbol{v_\delta}$ determinado por condições que *aproximam* dois sistemas (unielíptico e bielípetico), tais que $\langle \boldsymbol{r}_{(x_0)}, \boldsymbol{r}_{(x_1)} \rangle \in \boldsymbol{v_\delta}$.

Agora vamos à definição formal.

$\boldsymbol{D23}$: Se $\boldsymbol{M_p}$ é uma classe de modelos potenciais, então $\mathbf{U}$ é uma *uniformidade sobre* $\boldsymbol{M_p}$ *sse*

(1) $\emptyset \neq \mathbf{U} \subseteq \wp(\boldsymbol{M_p} \times \boldsymbol{M_p})$

(2) Para todo $\boldsymbol{u_1}, \boldsymbol{u_2}$, se $\boldsymbol{u_1} \in \mathbf{U}$ e $\boldsymbol{u_1} \subseteq \boldsymbol{u_2}$, então $\boldsymbol{u_2} \in \mathbf{U}$

(3) Para todo $\boldsymbol{u_1}, \boldsymbol{u_2}$, se $\boldsymbol{u_1} \in \mathbf{U}$ e $\boldsymbol{u_2} \in \mathbf{U}$, então $\boldsymbol{u_1} \cap \boldsymbol{u_2} \in \mathbf{U}$

(4) Para todo $\boldsymbol{u} \in \mathbf{U}$, $\Delta(M_p) \subseteq u$

(5) Para todo $\boldsymbol{u} \in \mathbf{U}, \boldsymbol{u^{-1}} \in \mathbf{U}$

(6) Para todo $\boldsymbol{u_1} \in \mathbf{U}$, existe um $\boldsymbol{u_2} \in \mathbf{U}$ tal que $\boldsymbol{u_2} \circ \boldsymbol{u_2} \subseteq \mathbf{U}$

Dizer que $\langle x, y \rangle \in \boldsymbol{u} \in \boldsymbol{U}$ significa dizer que um modelo potencial $\boldsymbol{x}$ se aproxima de outro modelo potencial $\boldsymbol{y}$, ao menos no grau dado por $\boldsymbol{u}$. A noção de *uniformidade* se dá pela

relação de proximidade (definida pragmaticamente pelo cientista) a um *referencial de absoluta exatidão* que é expresso pela *diagonal* $\boldsymbol{\Delta}(\boldsymbol{M_p})$.

O uso de técnicas de aproximação é uma forma de tornar um elemento teórico 'imune' a falsificações ingênuas (dizemos ingênuas na medida em que estas considerem possível aplicar uma teoria em um dado domínio com um grau de exatidão absoluto, ou seja, aquele expresso por $\Delta(M_p) \subseteq u \in \boldsymbol{U}$). De fato, numa aplicação teórica, se toda vez que não obtivéssemos os resultados 'exatos' que a teoria prevê, nós a descartássemos como falseada, então as teorias jamais prosperariam.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, gostaríamos de pinçar alguns aspectos que julgamos fundamentais para a compreensão de que a M.E. representa um avanço no modo de investigar filosoficamente a produção científica. Discorreremos brevemente cada um desses tópicos e, tentaremos explicitar sua relevância própria.

1. *A relação entre teoria e experiência analisada em termos de relações estruturais*

No confronto com a experiência, a prática científica deixa notória a interpenetração teórica. Ou seja, existe um apoio mútuo quando da aplicação de uma teoria. Chamemos esta 'solidariedade' entre teorias, para facilitar a compreensão, de *relações horizontais*, que, no jargão da M.E., representamos pelos *vínculos interteóricos* (λ). Como vimos, teorias diferentes compartilham entre si relações próprias às suas estruturas. Como, por exemplo, poderíamos aplicar conceitos próprios à genética sem o apoio de conceitos próprios à anatomia? Ou, ainda, aplicar os conceitos próprios à termodinâmica sem o apoio dos conceitos próprios à estequiometria?

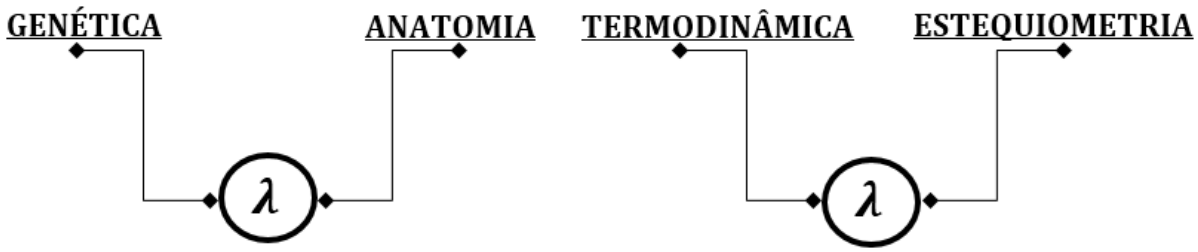


Figura 28 – Relações horizontais

Há também, uma diferença fundamental no modo como é caracterizado o contato entre teoria e base empírica. Na M.E., podemos identificar um 'acoplamento' hierárquico de estruturas, por meio das definições de *modelos de dados, modelos parciais, modelos potenciais e modelos*. Para facilitar, chamemos estas relações hierárquicas de *relações verticais*.

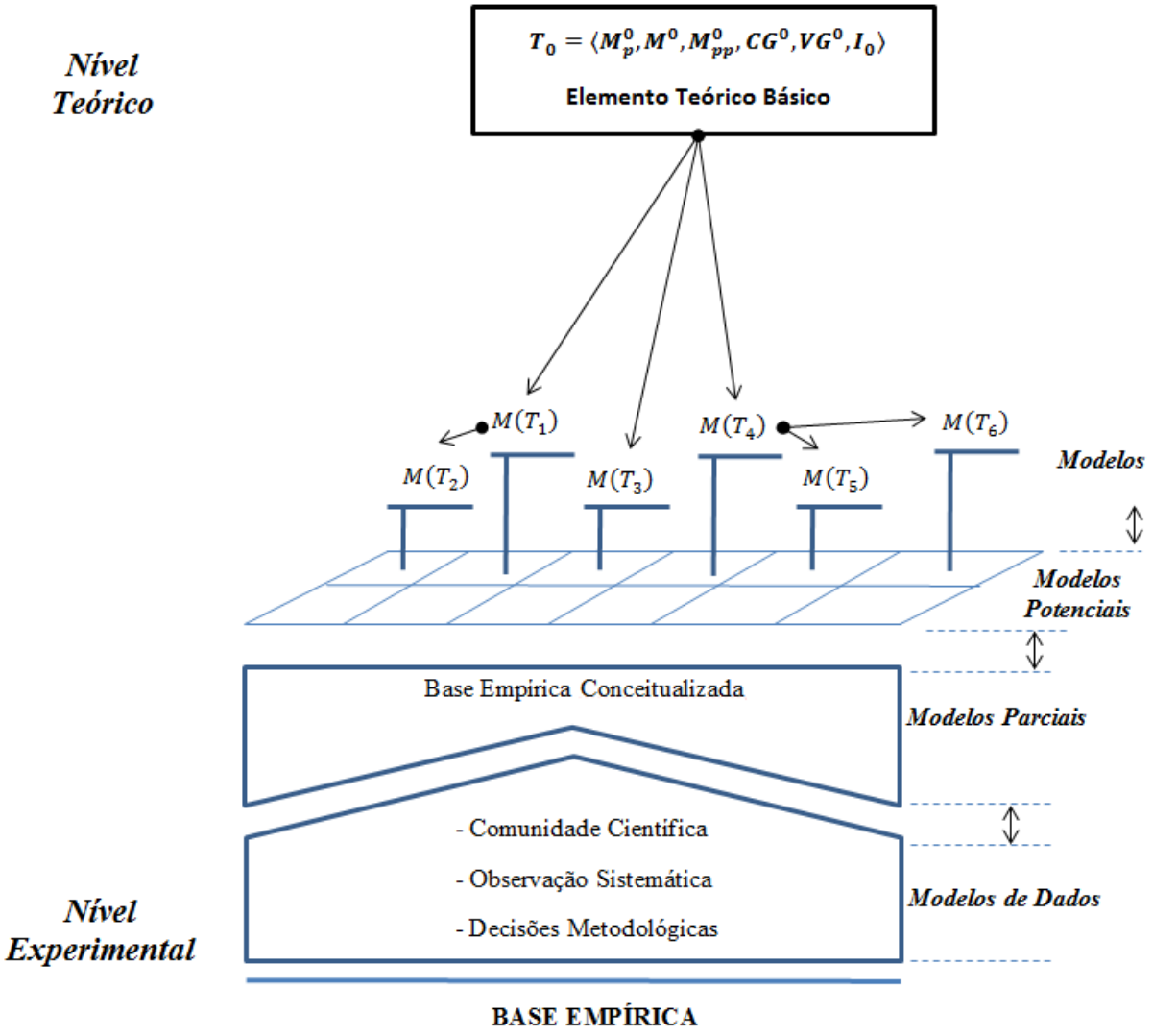


Figura 29 – Relações verticais

Vimos que, de acordo com a concepção standard, o conjunto formal de postulados pairava "livremente acima do plano dos fatos empíricos" (cf. FEIGL, 2004, p. 267), e estes ganhariam conteúdo empírico por meio de uma interpretação 'termo-a-termo' via regras de correspondência. Tal concepção mostra-se incapaz de captar as complexidades expressas de modo sinóptico pela figura acima e, portanto, propunha uma imagem de ciência em grande descompasso com a sua prática.

Entendemos que a M.E representa uma genuína superação do uso de regras de correspondência, isso na medida em que seu aparato metacientífico nos permite identificar e investigar cada uma dessas camadas estruturais, nos ajudando a compreender suas

especificidades, i.e. relações e funções próprias, e o modo como os níveis mais abstratos se conectam aos dados experimentais.

2. *Macroteorias pautadas pelas noções de rede teórica e especialização*

Em nosso entendimento, a M.E. coloca de maneira clara o modo como as teorias se ramificam a fim de aumentar seu conteúdo empírico. Por meio das noções de *leis fundamentais, leis especiais, especialização* e *constritores*, fazemos uma radiografia da dinâmica interna de uma teoria na sua relação com o seu campo de *aplicações pretendidas*, o que configura uma rede macroteórica, onde, o sentido das ramificações segue das aplicações mais gerais para as mais específicas. Isso confere controlabilidade meta-empírica às analises, o que podemos constatar por meio das reconstruções estruturalistas de teorias científicas particulares à disposição, trocando o uso excessivo de metáforas (comum às abordagens nos moldes historicista) por conceitos precisos.

Outro ponto importante é que a M.E. nos permite distinguir dois níveis de contato entre teoria e experimento: (a) na *asserção empírica* associada a um *elemento teórico* e (b) na *asserção empírica* associada a uma *rede teórica*. E são estas *asserções* que podemos predicar de 'verdadeiras' ou 'falsas', pois, dentro da concepção estruturalista, o experimento não busca confirmar fatos atômicos, mas sim, o complexo relacional que compõe a base empírica.

3. *Análise diacrônica da ciência expressa pela evolução de redes teóricas*

A evolução temporal de redes teóricas nos abre a possibilidade de aprofundar a investigação de processos diacrônicos de teorias científicas. As ferramentas de análise fornecidas pela M.E. permitem identificar processos como, por exemplo, os de *cristalização*, *incorporação*, *substituição com incomensurabilidade parcial*, os quais, sem a utilização da noção de relação estrutural, ficariam à mercê de analogias generalizadas que pouco contribuem para a compreensão da dinâmica interna à produção científica.

Ainda sobre as análises diacrônicas, cabe levantar uma questão que abre um campo para estudos futuros: *como o 'êxito' nas aplicações pretendidas guiam as evoluções diacrônicas?* Ou seja, em que medida o êxito aplicativo contribui para que as comunidades científicas adotem determinados caminhos de construção teórica em detrimento de outros. Um

estudo mais aprofundado deste aspecto pode lançar alguma luz sobre *quais fatores possuem maior influência em quadros históricos de competição teórica*, etc.

4. *Uma perspectiva mais aprofundada do holismo teórico*

Com o aparato estruturalista podemos conceber o todo da ciência empírica como a interconexão em larga escala de redes teóricas. Por isso, entendemos que a M.E. nos permite inferir uma ideia mais precisa de holismo científico, o que alguns filósofos tentaram expressar metaforicamente em seus trabalhos — por exemplo: o 'campo de força' de Quine e o 'navio em alto mar' de Neurath.

Se refletirmos sobre o exemplo oferecido por Quine, supomos crível que a noção estruturalista de *elementos teóricos especializados* forneça uma descrição adequada do que ele chama de *periferia* do campo de força, ao passo que as respectivas *asserções empíricas* dos *elementos teóricos especializados*, na medida em que são confirmadas ou não, parecem dar concretude aos *abalos sofridos pela periferia* do campo de força.

Também entendemos que os comentários feitos acima sobre aquilo que chamamos de relações horizontais e verticais, são capazes de conferir clareza maior à metáfora coerentista feita por Neurath, pois, como vimos, as teorias não vão ao encontro com a experiência em isolamento, o que ocorre de fato é um intercâmbio harmônico entre estruturas de diversas teorias a fim de alcançar sucesso empírico.

Por fim, ousamos ainda afirmar sobre este tópico, que o estruturalismo fortalece uma aproximação da visão *coerentista* do conhecimento científico, porém, sem que este deixe de ser empírico — pois, como já ressaltamos sob outro viés, é sobre o êxito aplicativo que os laços *inter* e *intra* teóricos se estreitam —, ou seja, *o looping da informação*[86] *é fortemente pautado pela 'asserção empírica'*.

[86] Ver (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, ch. 8).

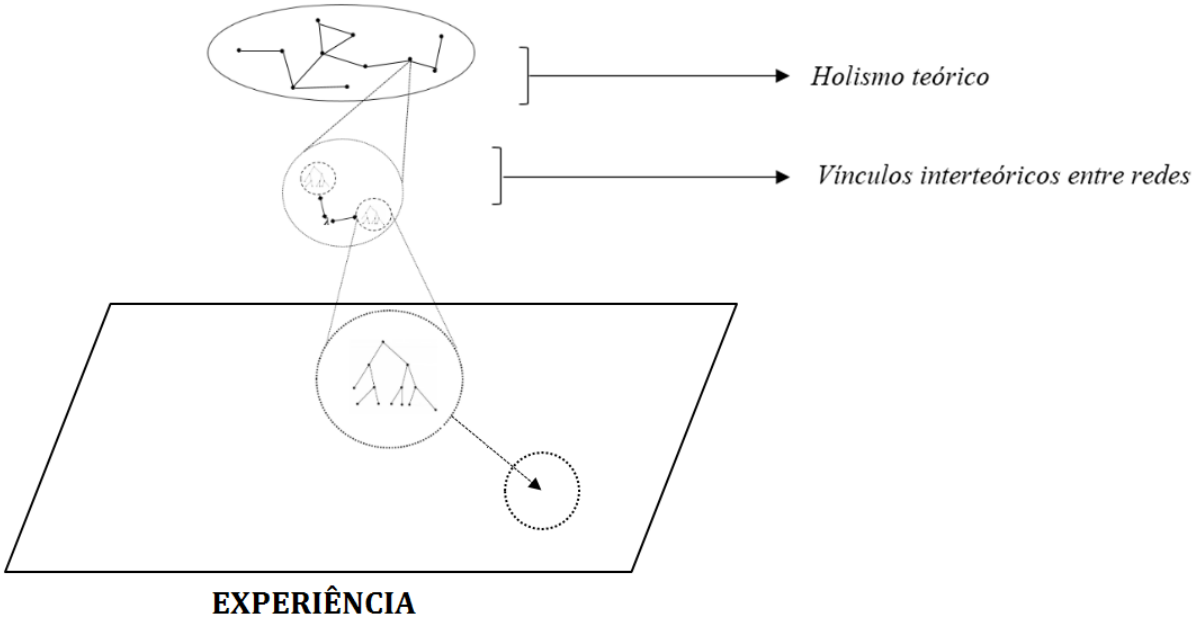


Figura 30 – Holismo

Concluindo este trabalho, esperamos ter apresentado satisfatoriamente o potencial oferecido pela M.E. como ferramenta de análise metateórica; e ter mostrado o quanto ela contribui no intuito de forjarmos uma imagem, mais rica conceitualmente, da relação entre teoria e experiência.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Paulo C.. **Imagens de natureza, imagens de ciência.** 2. ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2016.

ABREU, Cláudio; LORENZANO, Pablo; MOULINES, Carlos Ulises. Bibliography of structuralism III (1995-2012, and additions). **Metatheoria: Revista de Filosofía e Historia de la Cienciaa**, v. 3, n. 2, p.1-36, 2013.

BALZER, Wolfgang. **Teorías empíricas:** modelos, estructuras y ejemplos. Madri: Alianza Editorial, 1997. Tradução de: Agustín González Ruiz.

_____. Sneed's theory concept and vagueness. In: HARTKÄMPER, A.; SCHMIDT, Heinz-jürgen (Ed.). **Structure and approximation in physical theories.** New York: Plenum Press, 1981. p. 147-163.

_____. The Structuralist View of Measurement: An Extension of Received Measurement Theories. In: SAVAGE, C. Wade; EHRLICH, Philip (Ed.). **Philosophical and foundational issues in measurement theory.** Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1992. p. 93-117.

_____. Theoretical Terms: A New Perspective. **The Journal of Philosophy,** v. 83, n. 2, p.71-90, 1986.

_____. Theory and Measurement. **Erkenntnis,** Dordrecht, v. 19, n. 1, p.3-25, 1983.

BALZER, Wolfgang; MOULINES, Carlos U.. On Theoreticity. **Synthese,** Dordrecht, v. 44, n. 3, p.467-494, 1980.

BALZER, Wolfgang; MOULINES, Carlos U.; SNEED, Joseph D. (Ed.). **Structuralist Knowledge Representation:** paradigmatic examples. Amsterdam: Rodopi, 2000.

BALZER, Wolfgang; PEARCE, David A.; SCHMIDT, Heinz-jürgen (Ed.). **Reduction in science.** Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1984.

BALZER, Wolfgang; SNEED, Joseph D.. Generalized Net Structures of Empirical Theories I. **Studia Logica: An International Journal for Symbolic Logic,** New Jersey, v. 36, n. 3, p.195-211, 1977.

_____. Generalized Net Structures of Empirical Theories II. **Studia Logica: International Journal for Symbolic Logic,** New Jersey, v. 37, n. 2, p.167-194, jun. 1978.

BALZER, Wolfgang; MOULINES, Carlos U.; SNEED, Joseph D.. **An Architectonic for Science:** the structuralist program. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987.

BEZERRA, Valter Alnis. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instâncias, analogias e correspondência. **Scientiae Studia,** São Paulo, v. 9, n. 3, p.585-609, 2011.

_____. **Networks in contemporary philosophy of science:** tracking the history of a theme between metaphor and structure. 2014. Disponível em: <philsci-archive.pitt.edu>

BOGEN, James; WOODWARD, James. Saving the phenomena. **The Philosophical Review**, v. 97, n. 3, p.303-352, jul. 1988.

CAPONI, Gustavo. Biología funcional vs. biología evolutiva. **Episteme,** Porto Alegre, n. 12, p.23-46, jan. 2001.

CARNAP, Rudolf. Testability and meaning. **Philosophy of Science**, v. 3, n. 4, p.419-471, out. 1936.

_____. **Philosophical foundations of physics.** New York - London: Basic Books, 1966.

_____. **Unity of science.** London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., 1934.

DÍEZ, José A.; MOULINES, Carlos Ulises. **Fundamentos de filosofía de la ciencia.** 2. ed. Barcelona: Editorial Ariel, 1999.

FEIGL, Herbert. A visão "ortodoxa" de teorias: comentários para defesa assim como para crítica. **Scientiae Studia,** São Paulo, v. 2, n. 2, p.265-277, abr./jun. 2004.

FEYERABEND, Paul. Explanation, reduction and empiricism. **Minnesota Studies in the Philosophy of Science: Scientific explanation, space and time,** Minnesota, v. 3, p.28-97, 1962.

FRIEDMAN, Michael. **Reconsidering logical positivism.** Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

GÄHDE, Ulrich. Nancy Cartwright on theories, models, and their application to reality: A case study. In: HARTMANN, Stephan; HOEFER, Carl; BOVENS, Luc (Ed.). **Nancy Cartwright's Philosophy of Science.** New York: Routledge, 2008. p. 41-64.

GALISON, Peter. **How experiments end.** Chicago: University of Chicago Press, 1987.

GINNOBILI, Santiago. Adaptación y función: EL PAPEL DE LOS CONCEPTOS FUNCIONALES EN LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL DARWINIANA. **Ludus Vitalis,** v. 17, n. 31, p.3-24, jan. 2009.

_____. Funcíon como concepto teórico. **Scientiae Studia,** São Paulo, v. 9, n. 4, p.847-880, 2011.

_____. La teoría de la seleccíon natural darwiniana. **Theoria,** v. 25, n. 1, p.37-58, 2010.

_____. Reconstruccíon estructuralista de la teoría de la seleccíon natural. **Ágora: Papeles de Filosofía,** Santiago de Compostela, v. 31, n. 2, p.143-169, 2012.

GLYMOUR, Clark. **Theory and evidence.** New Jersey: Princeton University Press, 1980.

HANSON, Norwood R.. **Patterns of discovery.** London: Cambridge University Press, 1958.

HARTKÄMPER, A.; SCHMIDT, Heinz-jürgen. **Structure and approximation in physical theories.** New York: Plenum Press, 1981.

HEMPEL, Carl Gustav. On the 'standard conception' of scientific theories. In: RADNER, Michael; WINOKUR, Stephen (Ed.). **Minnesota Studies in the Philosophy of Science.** Minnesota: University of Minnesota Press, 1970. p. 142-163.

KUHN, Thomas S.. **A estrutura das revoluções científicas.** 9. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2009. Tradução de: Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira.

_____. **A tensão essencial.** São Paulo: Editora Unesp, 2011. Tradução de: Marcelo Amaral Penna-Forte.

_____. Comensurabilidade, comparabilidade, comunicabilidade. In: KUHN, Thomas S.. **O caminho desde A Estrutura:** ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica. São Paulo: Editora Unesp, 2006. p. 47-76. Tradução de: Cesar Mortari.

_____. Mudança de teoria como mudança de estrutura: comentários sobre o formalismo de Sneed. In: KUHN, Thomas S.. **O caminho desde A Estrutura:** ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica. São Paulo: Editora Unesp, 2006. p. 217-240. Tradução de: Cesar Mortari.

LAKATOS, Imre. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa. In: LAKATOS, Imre; MUSGRAVE, Alan (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.** São Paulo: Cultrix/Edusp, 1979. p. 109-243. Tradução de: Octávio M. Cajado.

LAYMON, Ronald. The path from data to theory. In: LEPLIN, Jarrett. **Scientific realism.** Berkley: University of California Press, 1984. Cap. 5. p. 108-124.

LORENZANO, Pablo. Base empírica global de contrastación, base empírica local de contrastación y aserción empírica de uma teoría. **Ágora: Papeles de Filosofia,** v. 31, n. 2, p.71-107, 2012.

_____. The semantic conception and the structuralist view of theories: A critique of Suppe's criticisms. **Studies in History and Philosophy of Science,** v. 44, n. 4, p.600-607, 2013.

_____. La teoría del gen y la red teórica de la genética. In: DÍEZ, José A.; LORENZANO, Pablo (Ed.). **Desarollos actuales de la metateoría estructuralista:** problemas y discussiones. Buenos Aires: Editora Nacional de Quilmes, **2002a**. p. 263-304.

_____. Incomensurabilidad teórica y comparabilidade empírica: el caso da genética clásica. **Análisis Filosófico,** v. XXVIII, n. 2, p. 239-279, 2008.

_____. La concepción estructuralista em el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. In: DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. (Ed.). **Desarrollos actuales de la metateoria estructuralista**: problemas y discusiones. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, **2002b**, p. 13-78.

LORENZANO, Pablo; NUDLER, Oscar (Eds.). **El camino desde Kuhn:** la inconmensurabilidad hoy. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva, 2013.

MORTARI, Cezar Augusto; DUTRA, Luiz Henrique de Araújo (Orgs.). **A concepção semântica da verdade:** Textos clássicos de Tarski. São Paulo: Editora Unesp, 2007. Tradução de: Celso Braida, Cezar Mortari, Jesus de Paula Assis e Luiz Henrique Dutra.

MOULINES, Carlos Ulises. Intertheoretical relations and the dynamics of science. **Erkenntnis,** v. 79, n. 8, p.1505-1519, 2014.

_____. Models of data, theoretical models, and ontology. In: HOFFMANN, M. H. G.; LENHARD, J.; SEEGER, F.. **Activity and sign:** Grounding mathematics education. New York: Springer Science Inc., 2005. p. 325-334.

_____. Cuantificadores existenciales y principios-guía en las teorías físicas. **Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía**, v. 10, n. 29, p.59-88, ago. 1978.

_____. The crystalization of Clausius's phenomenological thermodynamics. In: ERNST, G.; HÜTTEMANN, A. (Ed.). **Time, change and reduction.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 139-158.

_____. Cuatro tipos de desarrollo teórico en las ciencias empiricas. **Metatheoria,** Buenos Aires, v. 1, n. 2, p.11-27, 2011.

NEURATH, Otto. Proposiciones protocolares. In: AYER, Alfred Jules (Comp.). **El positivismo lógico.** Madri: Fondo de Cultura Económica, 1965. p. 205-214.

POPPER, Karl. **The Logic of Scientific Discovery.** London - New York: Routledge Classics, 2005.

_____. **Conhecimento objetivo.** Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1975. Tradução de: Milton Amado.

_____. **Conjecturas e refutações.** 5ª ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2008. Tradução de: Sérgio Bath.

PRIESTLEY, Joseph. **The History and Present State of Electricity:** with original experiments. London, 1775. Disponível em: < http://books.google.com/>

PUTNAM, Hilary. What theories are not. In: NAGEL, Ernest; SUPPES, Patrick; TARSKI, Alfred (Ed.). **Logic, Methodology and Philosophy of Science.** Stanford: Stanford University Press, 1962. p. 240-251.

QUINE, Willard van Orman. **De um ponto de vista lógico.** São Paulo: Editora Unesp, 2011. Tradução de: Antonio Ianni Segatto.

_____. **O sentido da nova lógica.** 2. ed. Curitiba: Editora da UFPR, 1996.

_____. **Ontological relativity and other essays.** New York: Columbia University Press, 1969.

_____. **Palavra e objeto.** Petrópolis: Editora Vozes, 2010. Tradução de: Sofia Inês Stein e Desidério Murcho.

RAMSEY, Frank Plumpton. **The foundations of mathematics and other logical essays.** 2. ed. London: Routledge And Kegan Paul, 1950. BRAITHWAITE, R. B. (Editor).

SNEED, Joseph D.. **The logical structure of mathematical physics.** 2. ed. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1979.

STEGMÜLLER, Wolfgang. **The structuralist view of theories:** A possible analogue of the Bourbaki programme in physical science. Berlin - Heidelberg - New York: Springer - Verlag, 1979a.

_____. **Teoría y experiencia.** Barcelona: Editorial Ariel, 1979b. Traducción de: Carlos Ulises Moulines.

_____. **Estructura y dinámica de teorías.** Barcelona: Editorial Ariel, 1983. Traducción de: Carlos Ulises Moulines.

SUPPE, Frederick. The search for philosophical understanding of scientific theories. In: SUPPE, Frederick. **The structure of scientific theories.** 2. ed. Urbana: University of Illinois Press, 1977. p. 3-232.

SUPPES, Patrick. A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences. **Synthese,** v. 12, p.287-301, 1960.

_____. Models of data. In: NAGEL, Ernest; SUPPES, Patrick; TARSKI, Alfred. **Logic, methodology and philosophy of science:** Proceedings of the 1960 international congress. Stanford: Stanford University Press, 1962. p. 252-261.

WOODWARD, James. Data and phenomena. **Synthese**, v. 79, n. 3, p.393-472, jun. 1989.

_____. Data, phenomena, signal, and noise. **Philosophy of Science**, v. 77, n. 5, p.792- 803, dez. 2010.