

Notas sobre o *modelo implicacional da explicação* de Morton Beckner e a teoria neuronal de Santiago Ramon y Cajal

Francisco Rômulo Monte Ferreira *
Maria Inês Nogueira #

Resumo: O objetivo do presente artigo é fazer uma análise do *modelo implicacional de explicação* proposto por Morton Beckner (1928-2001) conforme o modelo dedutivo proposto por Carl Hempel (1905-1997) e Paul Oppenheim (1885-1977) para as explicações em Biologia e entender, parcialmente, as evidências da teoria neuronal de Santiago Ramon y Cajal (1852- 1934) à luz do modelo proposto por Beckner.

Palavras-chave: modelo dedutivo; modelo implicacional; teoria neuronal

Notes on the model of implicational explaining of Morton Beckner and the theory of neuronal Santiago Ramon y Cajal

Abstract: The aim of this article is to analyse the *implicational model of explanation* proposed by Morton Beckner (1928-2001) according the deductive model proposed by Carl Hempel (1905-1997) and Paul Oppenheim (1885-1977) concerning explanations in Biology and to understand, partially, the evidence presented by Santiago Ramón y Cajal's (1852- 1934) neuronal theory in the light of the model proposed by Beckner.

Key-words: deductive model; implicational model; neuronal theory

1 INTRODUÇÃO

Morton Beckner (1928-2001) inicia seu ensaio “Aspectos da explicação em teorias biológicas”, partindo do padrão explicativo estabelecido por Carl Hempel e Paul Oppenheim em 1948, conhecido por

* Mestrando em Neurociências e Comportamento pelo Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. E-mail: fromulo@usp.br

Laboratório de Neurociências, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo. Av. Prof. Líneu Prestes, 2415. Cep: 05508-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: minog@usp.br

modelo dedutivo. Beckner propõe uma revisão (ampliação) do modelo dedutivo no que tange às explicações biológicas e possivelmente históricas também.

O outro autor objeto de nosso estudo é o espanhol Santiago Ramon y Cajal (1852-1934), que, a partir da utilização do método de coloração por cromato de prata desenvolvido pelo italiano Camillo Golgi (1843-1926), observa as estruturas coradas (árvore dendrítica e axônios) do tecido nervoso e propõe, em 1888, a teoria neuronal. Esta teoria advoga a existência do neurônio como unidade básica do sistema nervoso em oposição ao reticularismo, defendido principalmente por Golgi.

O presente texto seguirá dois movimentos: o entendimento do modelo implicacional da explicação e posteriormente sua aplicação na compreensão das evidências apresentadas por Cajal a favor de sua teoria neuronal no livro *¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatomica de las células nerviosas*. É importante apontar que não se trata aqui de utilizar o modelo dedutivo, ou uma vertente sua, para reduzir eventos de natureza biológica a eventos físico-químicos, o que seria impossível, conforme atesta alguns autores (Mayr, 2005). O que pretendemos é, de maneira pontual, verificar a eficácia do modelo proposto por Beckner em explicações estritamente biológicas.

2 MODELO IMPLICACIONAL DA EXPLICAÇÃO

O modelo dedutivo proposto por Hempel e Oppenheim estabelece as seguintes condições:

Uma sentença que enuncie o fenômeno a ser explicado chama-se *explanandum*¹, enquanto a sentença que contenha as informações reunidas com o objetivo de explicar o fenômeno é o *explanans*". (Beckner, 1979, p. 187)

¹ *Explanandum* e *explanans* são duas formas da mesma palavra latina. O *explanans* é o participípio e significa: "achatamento fora"; o *explanandum* é o objeto gramatical e refere-se ao que poderia *sofrer* um "achatamento fora". Em outras palavras, um *explanandum* é uma questão e os seus *explanans* são as respostas para a questão.

Para uma explicação legítima exige-se que o *explanans* seja verdadeiro e contenha ao menos uma lei geral, já que o *explanandum* decorre (dedutível) do *explanans*. Feita a distinção entre *explanans* e *explanandum*, o modelo dedutivo garante ainda que as explicações são casos especiais de argumentos dedutivos e dentre suas premissas, algumas assumem a condição de verdades universais. A explicação de um fenômeno somente se configura após fixar as condições suficientes para a ocorrência do mesmo, ou seja, garantida as condições de ocorrência do fenômeno, o mesmo não poderia deixar de ocorrer. Para Beckner, o modelo dedutivo afirma que um fenômeno se explica quando, ao descrever suas condições de ocorrência, houver condições para prever a ocorrência do fenômeno.

Beckner propõe uma revisão do modelo dedutivo, caro às ciências exatas, permitindo assim sua utilização em outras ciências, em particular a Biologia. Para tal surgem duas questões, a saber:

1. As descrições existentes do modelo elucidam, de fato, o padrão de explicação que ele busca formular?
2. Qual o alcance do modelo?

Beckner chama de *modelo implicacional da explicação* a sua revisão do modelo dedutivo e apresenta quatro pontos de relevância em que os dois modelos diferem. Vejamos os quatro pontos de diferença entre o modelo dedutivo e o modelo implicacional.

Primeiro ponto: “P, logo E”. Beckner propõe a mudança no sentido de que ao invés de “P acarreta E” para “P implica E”. Como acarretar não é a única maneira da relação que garante ser P suficiente para E, pode-se adotar “P implica E” sem grandes perdas. Beckner apresenta mais à frente no texto a relevância de tal modificação. Para isso temos que:

- Modelo dedutivo: P acarreta E.
- Modelo implicacional: P implica E.

Segundo ponto: no modelo dedutivo, o *explanans* estabelece condição suficiente para o *explanandum*. Beckner, no entanto, observa uma falha no modelo dedutivo, no que tange a explicação de um dado fenômeno, ou seja, o de que não se deve considerar explicado o fenômeno a menos que se tenha presumido alguma condição cuja ausência implicaria na não ocorrência do fenômeno. Para esclarecer

melhor a questão, Beckner lança mão de um exemplo da ocorrência da varíola em uma nação N.

Imaginem uma nação N onde não se manifeste a varíola e que, independente, se lançou um vasto programa de imunização contra a doença. Considerando que as leis da Imunologia sejam suficientemente desenvolvidas a ponto de se deduzir a ausência da doença em função das leis e de algumas informações relativas ao programa junto à população, explica-se a ausência da varíola por meio de:

- Leis gerais da Imunologia
- Programa de imunização

Beckner chama a atenção para o fato de tal explicação não ser legítima, a menos que pudéssemos afirmar que a varíola existiria na nação N, caso o programa fosse encerrado. Tal afirmação desconsideraria situações como a população não ser suscetível à moléstia, nenhum organismo ter sido infectado antes da implantação do programa ou outras possíveis.

Qualquer uma dessas situações poderia ser apontada como causa da ausência da varíola na nação N, mesmo o programa sendo condição suficiente para a ausência da doença. Em decorrência desse problema aparentemente não solucionável no modelo dedutivo, o modelo implicacional exige que o *explanans* cite explicitamente ou pressuponha uma condição necessária e suficiente para o *explanandum*.

Terceiro ponto: explicações em Biologia dependem, frequentemente, de um contexto. Beckner explica o que entende por explicação dependente de contexto a partir de outro exemplo, o da sentença “este animal não possui seis patas, logo, não é um inseto”.

Admitindo a premissa verdadeira e, junto a ela, a afirmação de que todos os insetos possuem seis patas, ainda assim a afirmação de que todos os insetos possuem seis patas não é, estritamente, verdadeira. Os insetos possuem seis patas, salvo em raros casos de aberração. Beckner propõe uma outra maneira de descrever o argumento:

Admitindo-se a premissa P verdadeira, o argumento é legítimo se a conclusão E for implicada por P. “P implica E” no exemplo do inseto, se o inseto em causa, não for, efetivamente, um raro caso de exceção. (Beckner, 1979, p. 190)

A confirmação sobre se um enunciado da forma “se P, então E” na análise de implicação de Beckner depende de outros fatores que se

apresentam no contexto em que a implicação é afirmada. De maneira formal, Beckner amplia o enunciado de maneira a considerar a dependência de contexto:

P₁: Este animal tem oito patas.

P₂: Todos os insetos tem seis patas, salvo em casos de aberração.

P₃: Este animal não é uma aberração.

E: Logo, este animal não é um inseto.

P₁ implica E, caso P₂ e P₃ sejam verdadeiros.

A dependência contextual da implicação assenta no fato de que P₃, o particular enunciado que atesta que o animal em questão não é um caso de exceção, depende do contexto. (Beckner, 1979, p. 191)

A ressalva em P₂ “[...] salvo em casos de aberração” protege a regra geral a ponto de fortalecê-la. Beckner admite divergências quanto a enunciados protegidos como o apresentado aqui, mas discorda quanto à afirmação de que o seu emprego nas explicações destrói as versões do modelo dedutivo, preferindo chamá-los enunciados protegidos e considerando enunciados do tipo P₃, que eliminam a proteção como enunciados complementares. Com base nessa formulação, podemos afirmar a dependência de contexto para o exemplo da varíola.

Podemos, agora, afirmar que a explicação dada no exemplo da varíola é, de fato, dependente de contexto. É uma explicação legítima apenas quando aplicada a uma nação em que a moléstia se manifestaria, caso inexistisse um programa de imunização. A explicação pode ampliar-se de modo a incluir um enunciado dotado de cláusula protetora, “salvo em regiões onde não haja organismos infecciosos etc”; e uma cláusula complementar que asseguraria não estar a nação N entre as exceções. (Beckner, 1979, p. 191)

Quarto ponto: o último dos quatro pontos de divergência entre o modelo dedutivo e o modelo implicacional se refere à assimetria entre as explicações e predições.

Conforme dito no início do texto, para o modelo dedutivo, não se explica um fenômeno a menos que possa estar em condições de predizer a sua ocorrência, com as mesmas informações. A ciência é regida por padrões, é o que permite as generalizações. Beckner não nega a importância das generalizações, mas apresenta um contra exemplo à simetria entre explicação e predição.

Consideremos um geógrafo interessado em estudar a distribuição da fauna e que observa a existência de determinados pássaros nas ilhas Galápagos, já que alguns reprodutores para lá voaram, partindo da costa sul-americana. A explicação não parece encontrar problemas que a desautorize, já a predição do ocorrido não seria possível, pois, mesmo diante das leis da Ecologia não se poderia eliminar contingências como os raios, os caçadores etc., ou seja, esse é um exemplo de uma explicação não preditiva, onde a explicação, que é legítima não autoriza a predição do ocorrido (Beckner, 1979).

De maneira pontual, temos as quatro características do modelo implicacional em relação ao modelo dedutivo. São elas:

1. P implica E.
2. O *explanans* deve citar explicitamente uma condição necessária e suficiente para o *explanandum*.
3. A implicação depende de contexto.
4. A assimetria entre explicação e predição.

Beckner propõe que, ao retocar o modelo dedutivo, torna-se necessário, ao mesmo tempo, retocar os sistemas de implicação. É necessária uma relação implicacional que possua duas condições que Beckner chama de “traços semânticos especiais”:

I. Deve ser possível estabelecer qualquer enunciado verdadeiro “P implica E” sem pressupor ou estabelecer a verdade ou falsidade de P e E. É uma condição razoável, já que a relação de implicância entre P e E é uma questão relativa apenas às conexões entre P e E, não uma questão relativa à verdade ou falsidade de P e E, isoladamente considerados.

II. P deve ser relevante para E, caso o enunciado “se P, então E”.

A tentativa de Beckner com a segunda condição se deve a tentar evitar os paradoxos da implicação², tanto estrita como material. Ao

² Paradoxo da implicação material: Podemos provar que a proposição $(p \rightarrow E) \vee (E \rightarrow p)$ (“p implica E ou E implica p”) é verdadeira, não importando se as proposições p e E são verdadeiras ou falsas, se tomarmos quaisquer duas sentenças ao acaso, ou a primeira vai implicar a segunda, ou a segunda, implicar a primeira. Paradoxo da implicação estrita: só é verdadeira no caso em que o consequente é verdadeiro em todos os mundos possíveis nos quais o antecedente é verdadeiro. Essa nova implicação também apresenta paradoxos, pois dela deriva que uma proposição impossível

que Beckner lança a seguinte questão: é possível erigir um sistema S que se assemelha ao sistema clássico, mas que não permite o aparecimento de paradoxos?

A solução proposta por Beckner:

Vários sistemas foram elaborados com o intuito de evitar os paradoxos, todos eles, no entanto, se caracterizam pelas profundas modificações que impõem sobre as regras clássicas. (Beckner, 1979, p. 192)

A via adotada por Beckner é a que elimina os paradoxos, não pela reformulação dos axiomas ou das regras de inferência, mas pela especificação das regras de formação de S. O sistema S formado é perfeitamente ajustado no intuito de formular uma definição da implicação que tenha os “traços semânticos” propostos por Beckner, atendendo as necessidades do modelo implicacional.

Beckner lança mão de duas condições suficientes para que “P implica E” seja legítima, empregando o sistema S.

1ª condição: P implica E sempre que a tradução formal de “se P, então E” for um teorema em S.

A implicação apresenta, pois, como caso particular, a decorrência, ou seja, o fato de que algo acarreta isto ou aquilo; trata-se de uma implicação que pode ser estabelecida com recursos estritamente lógicos. (Beckner, 1979, p. 193)

2ª condição: P implica E sempre que existe algum enunciado verdadeiro, G, cuja presença garante os fundamentos para que se estabeleça, em S, por meios puramente lógicos, “se P, então E”.

P implica E sempre que existe um G, verdadeiro, tal que o composto “se G, então: se P, logo E” se torna um teorema em S.

A implicação ou é encarada como decorrência simples ou como decorrência entinemática, onde a premissa oculta do entinema é um enunciado verdadeiro. As regras do sistema S são as regras para a asserção da validade formal de decorrências ostensivamente exibidas. (Beckner, 1979, p. 193)

implica estritamente qualquer proposição e uma proposição necessária é implicada estritamente por qualquer proposição (Copi, 1978).

Beckner propõe que chamemos de base ao enunciado G que se introduz no esquema para descrever a implicação de P para E. As condições formais do sistema S garantem que a base de qualquer implicação deve ser relevante para P e E, conforme afirmado anteriormente.

Se observarmos a Tabela 1, veremos que a implicação depende da verdade ou falsidade de P e E, exceto quanto a impedir a verdade da implicação quando o antecedente for verdadeiro e o consequente falso.

Tabela verdade condicional “se P, então E”		
P	E	$P \rightarrow E$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Tabela 1. Tabela verdade do condicional “se P, então E”. Fonte: <www.inf.ufsc.br>

Para sabermos se vale uma implicação que não seja uma decorrência, constitui, segundo Beckner, uma questão que se resolve por meio da aplicação conjunta de dois procedimentos:

1°. Procedimento lógico de determinar se um enunciado é ou não um teorema de S.

2°. Procedimento extra-lógico de determinar se a base é ou não verdadeira.

Beckner afirma ainda, ser relativamente simples, a explicação de problemas históricos, teleológicos ou motivacionais, uma vez que são problemas que se relacionam com o status e a forma lógica interna das bases de possíveis implicações.

Podemos agora fazer uma síntese das principais características do modelo implicacional da explicação, antes de testá-lo junto à teoria neuronal de Cajal.

Características do modelo implicacional da explicação:

- A explicação deve, de alguma maneira, lançar uma condição necessária e suficiente para o *explanandum* E, ainda que não se trate da mesma condição.
- O *explanans* deve implicar o *explanandum*, podendo ou não acarretá-lo.
- A explicação pode ser dependente de contexto.
- É possível explicar E, mesmo se sua predição for impossível, em princípio, P deve ser uma generalização de certa amplitude, na pior das hipóteses, para evitar que P e E sejam equivalentes.
- O modelo dispõe de um sistema formal S de implicação que contorna os paradoxos da implicação e que permite uma implicação dependente de contexto.
- Uma explicação “P, logo E” deve ser legítima quando satisfizer as seguintes condições:
 - i. P é verdadeiro.
 - ii. P pode decompor-se em duas partes, P_1 e P_2 , e existem enunciados verdadeiros, G_1 e G_2 , tais que o enunciado: “se G_1 , G_2 e P_1 então P_2 implica e é implicado por E” é um teorema de S. Nada impede que G_1 e G_2 e P_1 não figurem no enunciado, mas um deles, ao menos, deve estar presente.

G_1 – base suficiente.

G_2 – base necessária.

P_1 – parâmetro de generalidade da explicação “P, logo E”.

A formulação mais simples seria “se G, então P implica e é implicado por E”. A base G_1 permite afrouxar o requisito de que P implica E. Beckner afirma ser uma falha nas explicações científicas que não deixam clara as condições necessárias para E, no entanto, insiste em que P não explica E, a menos que P seja necessário para e ou faça referência às condições necessárias. A necessidade da base G_2 configura-se exatamente para suprir essa falha, ou seja, a ausência de G_2 diz que P é necessário a E. A decomposição de P em P_1, P_2, \dots, P_n se justifica, pois, em muitas explicações P é mais geral que E, de modo que E não poderia implicar P globalmente. (Beckner, 1979).

A dependência de contexto das explicações deve-se a que uma das duas implicações, ou as duas, em “P₂ implica e é implicado por E” pode depender de contexto, já que a verdade das implicações do bicondicional depende de aspectos do tema em questão que não estão explicitamente mencionados na explicação (Tabela 2).

Tabela verdade bicondicional “se e somente se”		
P	E	$P \leftrightarrow E$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	V

Tabela 2. Tabela verdade bicondicional “se e somente se”.

Fonte: Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~mauro/ine5381/slide/Logica.PDF>>. Acesso em: 17 agosto 2009.

As bases G₁ e G₂ podem ambas incluir cláusulas complementares e protetoras. Beckner insiste também que a afirmação de uma cláusula complementar exige cuidadoso julgamento do assunto. A utilização de bases protegidas em uma implicação esclarece quando podemos admitir a existência de explicações não preditivas (Beckner, 1979).

Se voltarmos ao exemplo dos pássaros das ilhas Galápagos, veremos que, embora, não seja possível especificar todos os fatores responsáveis pelo desaparecimento dos pássaros das ilhas, impedindo, assim, a formulação de uma lei geral relativa às condições de propagação dos pássaros, a sua presença *post facto* nas ilhas é um indício a favor do que Beckner chamou de uma “cláusula complementar”.

O modelo implicacional admite, pois, explicações não preditivas se “P, logo E”, é legítima apenas se P de fato implica E; se P implica ou não E é questão que depende de fatos acerca do assunto em questão que nem P e nem E mencionam.

É possível em alguns casos, a implicação basear-se em contingências que não se concretizam no intervalo de tempo que o fenômeno

descrito pelo *explanans* levou para realizar-se. Dessa maneira, podemos perceber que o modelo proposto por Beckner não está isento de que, em alguns casos, a verdade do enunciado “P implica E” não pode ser estabelecida com as informações disponíveis. Por sua vez, o modelo implicacional se torna mais flexível e tolerante que o modelo dedutivo. O modelo implicacional expõe como ponto principal da explicação, a questão da verdade ou falsidade da cláusula complementar. Lembremos que a justificação da ampliação do modelo dedutivo por Beckner se dá para explicações biológicas, o que o autor acredita poder se estender pelas demais disciplinas.

Já no final de seu artigo, Beckner afirma inutilidade do modelo dedutivo nas explicações históricas por estas não citarem condições suficientes para o *explanandum*, limitando-se a mencionar condições antecedentes, temporalmente, que são de algum modo, parte de uma cadeia causal de acontecimentos, culminando com o fenômeno ou evento a ser explicado. Desse modo, no modelo implicacional, a maneira pelo qual se combinam as generalizações (a recorrência as generalizações se dão com o intuito de oferecer explicações) se configura com os enunciados protegidos, enquanto, os juízos particulares são dados pelos enunciados complementares, formando argumentos que dão as condições suficientes para o *explanandum*.

3 A TEORIA NEURONAL DE SANTIAGO RAMON Y CAJAL

Santiago Ramon y Cajal (1852-1934), médico e histologista espanhol, ganhador do prêmio Nobel de 1906 pelos seus trabalhos relativos à unidade básica do sistema nervoso. Seus principais trabalhos foram sobre a estrutura fina do sistema nervoso central. Cajal utilizou a técnica de coloração desenvolvida por Camillo Golgi (1843-1926), que utilizava cromato de prata para corar algumas células cerebrais, em particular as árvores dendríticas e axônios (prolongamentos da célula nervosa). Golgi resolve a estrutura dos neurônios individuais, concluindo que o tecido nervoso é formado por um retículo contínuo de células interligadas, semelhantes ao sistema circulatório, essa é a base da teoria reticular, defendida principalmente por Golgi.

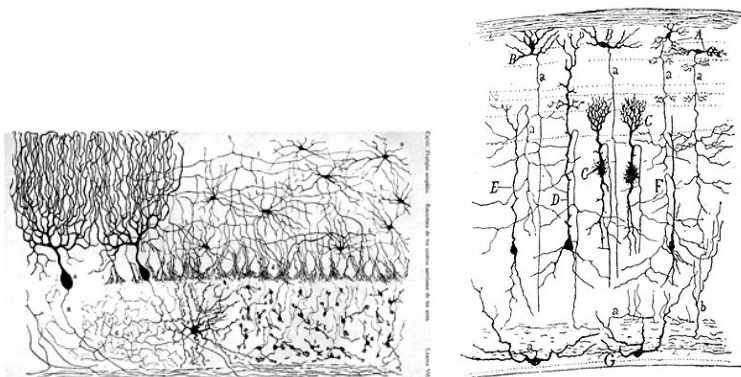


Figura 1. À esquerda, células do cerebelo de pinto; à direita, secção do *Tectum óptico* de um pardal. Fonte: De Felipe & Wagensberg, 2007, pp. 181-182. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Santiago_Ram%C3%B3n_y_Cajal>. Acesso em: 15 novembro 2010.

Cajal chega a uma conclusão bem diferente, segundo ele, o sistema nervoso é composto por bilhões de células nervosas (neurônios), distintos e que se encontram polarizadas. Cajal sugere que ao invés de formarem uma rede, os neurônios comunicam-se através de um mecanismo especializado (sinapse). A postulação dos neurônios como unidade básica do sistema nervoso é a base da teoria neuronal, defendida por Cajal em 1888 (Ramon y Cajal, 1952). Na Figura 1 vemos desenhos de Cajal de observações histológicas de células nervosas.

3.1 A teoria neuronal e o modelo implicacional

A obra que utilizamos para a discussão (*¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatomica de las celulas nerviosas*) que se segue não é a principal produção bibliográfica de Cajal no que diz respeito à teoria neuronal, no entanto, por se tratar de um livro escrito na década de 1930, ou seja, quando a teoria neuronal já possuía aceitação quase que consensual por parte da comunidade científica e além do que, o livro se mostra como uma espécie de síntese das principais evidências de sua teoria ao longo de sua carreira.

O livro está dividido em duas partes. A primeira parte está composta por um capítulo (primeiro) com apontamentos históricos referente à teoria neuronal e os demais apontamentos relativos às conexões entre neurônios, em sua grande maioria conexões axo-somática

ou axo-dendrítica, conexões entre o axônio (prolongamento do corpo celular) de um neurônio e o soma (corpo celular) de outro neurônio e o axônio de um neurônio e o dendrito (prolongamento do corpo celular) de outro neurônio, respectivamente. A segunda parte se refere à unidade neurogenética como prova da teoria neuronal.

O objetivo deste trabalho não é de maneira alguma esgotar o debate sobre as descobertas de Cajal, muito menos atribuir a teoria neuronal apenas os fatores aqui expostos, pretendemos apenas mostrar de que maneira poderíamos explicar a base das evidências expostas por Cajal à luz do modelo implicacional de Beckner.

Como podemos perceber pelos desenhos de Cajal expostos na Figura 1, as observações do cientista espanhol não se davam apenas em cortes histológicos de humanos, mas sim de outros vertebrados. Com o desenvolvimento da Anatomia comparada no Séc. XVIII (Théodorides, 1965, p. 82) e posteriormente da Fisiologia também, temos a base necessária para as generalizações quanto a descobertas de natureza anatômicas e fisiológicas. As teorias de Darwin da segunda metade do século XIX que, segundo Ernst Mayr, se desdobram em outras cinco (evolução, descendência comum, gradualismo, multiplicação das espécies e seleção natural), trouxeram maior força a que se fizessem as generalizações agora pouco citadas (Mayr, 2005, p. 23). Portanto, temos já dois elementos para sustentação da postulação da teoria neuronal a partir de observações de cortes histológicos em aves e sua posterior generalização. Vale ressaltar que Cajal não limita suas observações a aves – somente utilizamos o exemplo para legitimar o trabalho com os mesmos.

O terceiro ponto que levantaremos é referente à teoria celular, que alguns atribuem a origem aos estudos de Robert Hooke (1635-1703), ainda no Séc. XVII, mas a formulação da teoria celular moderna se configura no final da década de 1830, com os trabalhos de Matthias J. Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882). A teoria celular pode ser vista em principio, com a devida particularidade, como um atomismo biológico, ou seja, o que é a unidade básica de um organismo, já que o átomo seria a unidade básica da matéria. Com o advento da teoria celular, a célula assume a condição de unidade morfológica e funcional dos organismos biológicos.

Uma possível explicação da recusa em se aceitar a existência de uma unidade básica para o sistema nervoso se refere à dificuldade em

se atribuir às faculdades mentais do ser humano um substrato morfológico, evitando-se dessa maneira uma espécie de reducionismo anatomo-fisiológico às capacidades cognitivas consideradas superiores na espécie humana.

Podemos então estabelecer três fatores de influência, e que sirvam de base, no desenvolvimento da teoria neuronal, são eles (sem negar, claro, as observações feitas pelo próprio Cajal):

- A anatomia e fisiologia comparada, que permitem as generalizações feitas a partir de observações histológicas.
- As teorias de Darwin, que fortalecem as generalizações feitas a partir da anatomia e fisiologia comparadas.
- A teoria celular, que advoga a unidade básica dos organismos.

Devemos lembrar que a microscopia eletrônica foi desenvolvida apenas na década de 1930 e os trabalhos de Cajal foram feitos na segunda metade do Séc. XIX e início do Séc. XX, ou seja, o uso do microscópio óptico não permitia a observação clara e precisa de cortes histológicos de qualquer estrutura do sistema nervoso, muito menos de qualquer animal, inclusive do homem.

Se por um lado, as observações feitas por Cajal não são dependentes de contexto, quando muito de erros de observação sujeitos a tecnologia de pesquisa disponível em sua época, os fatores apontados acima o são em muitos casos (exemplo do inseto no início do texto). Portanto, podemos arriscar uma explicação da teoria neuronal, em oposição à teoria reticular, já que a teoria que prevalece é a postulada por Cajal (hoje o número de evidências a favor são inúmeros) utilizando o modelo proposto por Beckner (as conclusões provenientes da observação³ – *explanans* – não são condições suficientes para a postulação da existência contígua das células nervosas – *explanandum*).

Uma formalização possível:

P₁: A observação do corte histológico x indica a contigüidade do neurônio a partir de suas conexões (axo-somáticas e axo-dendriticas).

³ Não incluímos de maneira explícita as observações feitas por Cajal sobre a unidade neurogenética dos neurônios e axônios (segunda parte do livro analisado), por considerarmos que tais evidências empíricas são compreendidas pelas teorias de Darwin, assim como, pelas leis da genética do período, evitando assim estender demais nossa exposição.

P₂: As células são a unidade básica que compõem os tecidos.

P₃: Há uma regularidade na natureza morfofisiológica dos organismos, salvo casos de exceção.

P₄: A observação x não se constitui como caso de exceção.

P_n: Outros.

E: O sistema nervoso possui os neurônios como unidade morfológica básica.

O enunciado “P₁ implica E” é verdadeiro caso P₂, P₃, P₄ e P_n sejam verdadeiros, ou seja, a observação da unidade neuronal em um corte histológico qualquer (não importando quantas observações sejam feitas) permite a generalização acerca da composição básica do sistema nervoso se o número n de cláusulas for satisfeito. P_n indica que podemos acrescentar cláusulas complementares e protetoras no sentido de atender todos os fatores de influência, dependentes de contexto ou não, na postulação da teoria.

Concluimos nossa exposição de maneira que, mesmo após a afirmação de Mayr (2005, p. 25) quanto à impossibilidade de reducionismo nas explicações biológicas a eventos físico-químicos, uma vez que não era esse nosso intuito, o modelo implicacional de Beckner para considerar explicações dependentes de contexto, própria de explicações biológicas ou mesmo históricas, nos garante a necessidade de critérios lógicos externos ao campo observacional e experimental característicos das explicações em biologia. Dessa maneira esperamos poder contribuir para o debate em torno de uma compreensão epistemológica da(s) neurociência(s) situada no final do século XIX com os trabalhos de Santiago Ramon y Cajal (1852-1934) e que é considerada ponto inicial das neurociências experimentais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos editores da revista ABFHiB (Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia) pela compreensão e apoio na finalização do presente artigo.

Agradecemos especialmente o Professor Caetano Ernesto Plastino (FFLCH – USP) pelas contribuições na confecção deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKNER, Morton. Aspectos da explicação em teorias biológicas. Pp. 185-199, *in*: HEGENBERG, Leônidas & MOTA, Octany Silveira da. *Filosofia da Ciência*. São Paulo: Cultrix, 1979.

- COPI, Irving Marmer. *Introdução à Lógica*. Trad. de Álvaro Cabral. São Paulo: Mestre Jou, 1978.
- DE FELIPE, Javier; WAGENSBERG, Jorge (orgs.). *Paisajes Neurona-les: Homenaje a Santiago Ramón y Cajal*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007.
- MAYR, Ernst. *Biología, ciência única*. Trad. de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- RAMON Y CAJAL, Santiago. *¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas* [1933]. Madrid: Instituto Cajal, 1952.
- THÉODORIDES, Jean. *História da Biologia*. Trad. de Joaquim Coelho Rosa. São Paulo: Edições 70, 1965.