



**NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS NO ESTUDO DO SISTEMA NERVOSO:
UM OLHAR CRÍTICO POR MEIO DO LIVRO DIDÁTICO DE EDUCAÇÃO BÁSICA**

*Cognitive Neurosciences in the study of the nervous system: a critical review
through the basic education textbook*

Taís Oliveira Martins [oliveiramartins.tais@gmail.com]

*Programa de Pós Graduação em Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

Av. Paulo Gama, s/n°, prédio 12.201, 7° andar, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Marcelo Leandro Eichler [exlerbr@gmail.com]

*Programa de Pós Graduação em Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

Av. Paulo Gama, s/n°, prédio 12.201, 7° andar, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo

Esta pesquisa analisou como livros didáticos mostram a relação entre mente e cérebro em suas abordagens para o estudo do sistema nervoso e discutiu se estes livros apresentam informações que promovem o acesso dos jovens estudantes a discussões atuais, que estão além do senso comum. Para tanto, foram selecionados livros de Ciências e Biologia distribuídos por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) nos anos de 2017 e 2018, e analisados em cada livro o capítulo, a unidade ou o tema que aborda o sistema nervoso. Pesquisou-se a ocorrência de apresentação do tema por meio de tese cefalocêntrica, a utilização de modelos de referência para a explicação do funcionamento do sistema nervoso e, por fim, uma busca no texto por termos utilizados no campo das neurociências cognitivas. Ao fim da análise foi possível demonstrar que o enfoque nos livros pesquisados é dado a questões puramente biológicas, com ênfase a mecanismos de estímulo/resposta que pode incentivar crenças voltadas para um funcionamento mecânico do cérebro e a não compreensão do papel da mente neste processo. Para que haja a oportunidade do desenvolvimento de senso crítico neste tema, aponta-se a necessidade da desvinculação com o senso comum e com o discurso que promove o campo neurocientífico idealizado, homogêneo, infalível, finalista.

Palavras-Chave: livro didático; neurociências; neuroconstrutivismo; sistema nervoso.

Abstract

This study analyzed how textbooks show the relationship between mind and brain in their approaches to the study of the nervous system and discuss on whether these books shows present information that promotes young students' access to current discussions, which are beyond common sense. For this purpose, natural sciences and biology textbooks distributed through the National Textbook and Educational Materials Program (PNLD) in 2017 and 2018 were selected, and the chapter, unit, or theme that addresses the nervous system was analyzed in each book. The occurrence of the theme presentation through a cephalocentric thesis was investigated, the use of reference models to explain the functioning of the nervous system and, finally, a text search for terms used in the field of cognitive neuroscience. At the end of the analysis it was possible to demonstrate that the focus in the researched books is given to purely biological questions, with emphasis on stimulus/response mechanisms and can encourage beliefs aimed at a mechanical functioning of the brain and the lack of understanding to the role of the mind in this process. In order to have the opportunity for the development of critical sense in this theme, it is pointed out the need to disconnect from common sense and the discourse that promotes the idealized, homogeneous, infallible, finalist neuroscientific field.

Keywords: textbook; neurosciences; neuroconstructivism; nervous system.

INTRODUÇÃO

Discussões sobre a importância e a necessidade da utilização de conceitos neurocientíficos na educação têm sido mais do que comuns entre os profissionais que discutem ensino e aprendizagem, sucesso e fracasso escolar, desenvolvimento cognitivo e áreas afins (Aranha & Sholl-Franco, 2012; Battro, Fischer & Léna, 2008). Contudo, faz-se necessário destacar a multiplicidade e a polarização do campo das neurociências – principalmente ao tratar-se do debate inatismo x construtivismo – além das diversas abordagens que este recebe, a fim de desmistificar tal área como singular, unânime e finalizada (Martins & Eichler, 2019). Sendo de fundamental importância, esse debate deveria estar presente nas salas de aula da Educação Básica. Este artigo propõe uma análise das abordagens propostas para o estudo do sistema nervoso (SN) em livros de Ciências do Ensino Fundamental e de Biologia do Ensino Médio, a fim de observar a existência ou não de abordagem às perspectivas do neuroconstrutivismo.

Jean Piaget (1973) salientou a influência dos fatores biológicos no desenvolvimento da inteligência e para a aquisição de conhecimento. Estes fatores estariam ligados ao que chamou de sistema epigenético, demonstrando interações entre a herança genética e o meio físico durante o desenvolvimento desses processos que se manifestam pela maturação do sistema nervoso. Além disso, um número significativo de trabalhos utilizando tecnologias não invasivas para a construção de imagens e o estudo da fisiologia cerebral, principalmente enquanto atividades são realizadas pelo sujeito em estudo, têm trazido maior entendimento sobre o funcionamento do cérebro e, mais do que isso, reafirmam a teoria piagetiana e demonstram a construção da mente. Um bom exemplo foi a pesquisa realizada por Hansen e Monk (2002). Ao desenvolverem um trabalho que se constituiu em uma revisão de pesquisas sobre desenvolvimento cerebral e estruturas de aprendizado, eles apresentaram propostas para a análise da aprendizagem em educação em ciências, que se tornou uma das poucas referências deste tema dentro do ensino científico e da didática das ciências. Tal trabalho forneceu evidências de que a maturação cerebral pode estruturar a plasticidade disponível para a construção da mente e permitiu a proposição das implicações deste conhecimento para a educação em ciências.

Em termos de aquisição de conhecimento e para a aplicação direta destes conceitos em educação, existem diferenças esperadas para o comportamento e as reações dos indivíduos com a maturação? Ao contrário das crenças difundidas durante muito tempo, Hansen e Monk (2002) destacaram pesquisas que encontraram evidências de que humanos adultos continuam produzindo novos neurônios (neurogênese). Todo este conhecimento sobre a evolução e a maturação cerebral é importante para a compreensão sobre a aprendizagem em geral. É possível perceber que crescimento e amadurecimento cerebral estão constantemente sendo interligados com o desenvolvimento cognitivo.

Além disso, o manifesto construtivista de Quartz e Sejnowski (1997) propôs apresentar a base neural para o desenvolvimento cognitivo, que chamaram de construtivismo neuronal (neuroconstrutivismo). Por meio deste manifesto, divulgaram as evidências neurobiológicas de que as características representacionais do córtex cerebral são construídas na interação dinâmica entre os mecanismos de crescimento neural e as atividades neurais derivadas do ambiente, cujo crescimento está sendo mostrado como um aumento progressivo das propriedades representacionais do córtex. Esta interação entre o ambiente e o crescimento neural resulta em um tipo flexível de aprendizagem: a aprendizagem construtiva.

Ao propor a análise dos livros didáticos das disciplinas de Ciências e Biologia utilizados nas escolas públicas brasileiras, tentou-se acompanhar como estes livros mostram (ou não) a relação entre mente e cérebro em suas abordagens para o estudo do sistema nervoso. Essa discussão sobre a formação de conceitos em neurociências nos permite refletir sobre as informações apresentadas pelos livros didáticos e se essas informações promovem o acesso dos jovens estudantes a discussões atuais, que estão além do senso comum.

UM OLHAR CRÍTICO POR MEIO DO LIVRO DIDÁTICO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

É possível afirmar que o primeiro contato de uma criança com o conhecimento científico se dá na escola. Entretanto, pesquisas como a de Giordan e Vecchi (1996) mostraram que a escolarização não é suficiente para efeitos de aprendizagem ao demonstrarem que a maior parte do conhecimento científico ensinado durante a escolarização é esquecido em seguida. Segundo eles (Giordan & Vecchi, 1996, p. 71):

As concepções pré-científicas fazem parte de nossa bagagem intelectual de aprendiz; através delas é que se entende, e veremos mais adiante que elas estão na base do conhecimento e constituem uma espécie de substrato do saber.

Mas, quando se quer que se transformem, podem revelar-se difíceis. Com efeito, mesmo após um longo aprendizado no campo das ciências, elas ainda nos orientam em nossa apreensão da realidade diária, e isso vale também para os próprios cientistas, quando saem da sua área de competência. Bachelard não deixara de identificar esse fenômeno que ele traduzia pelo que ele chamava de 'perfil epistemológico' de cada um.

Tem-se discutido que o campo neurocientífico é vasto, não homogêneo, polarizado no debate inatismo x construtivismo, e vê-se que o senso comum a respeito do tema não tem dado conta dessas discussões. As perguntas que se deseja fazer neste momento são bastante simples. Como os livros de Ciências para o Ensino Fundamental e Biologia para o Ensino Médio abordam e representam o funcionamento do cérebro e da mente? Estes livros mostram o sistema nervoso e seu funcionamento numa abordagem não reducionista? As neurociências são mostradas numa visão múltipla ou única, finalista? Quais modelos de referência são utilizados para explicar o funcionamento do sistema nervoso?

Os currículos escolares brasileiros estão, até o momento, excessivamente carregados de informações. O governo brasileiro, por meio do Ministério da Educação (MEC) e de seu Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), distribui estes livros para praticamente todas as disciplinas escolares de nosso currículo. A quantidade e a qualidade das informações contidas nestes materiais são discutíveis. Não obstante, já foi ressaltado por Giordan e Vecchi (1996, p. 11) que os alunos:

[...] estão praticamente paralisados ante a massa de informações com as quais se confrontam. Só assimilam algumas partes que constituem, em sua mente, uma estranha miscelânea composta de conhecimentos fragmentados, parcelados, e em caso algum, operatórios.

Além disso, a oferta dos livros didáticos acaba se constituindo em um mercado de grande relevância, em que os interesses das editoras e demais envolvidos no processo contribuem grandemente para o formato em que se apresentam estes materiais. O livro didático é um produto comercial, sendo assim, como destacado por Mehlecke, Eichler, Salgado e Del Pino (2012), a presença dos livros didáticos tem tamanha importância na estruturação de nossos currículos que é possível a inversão em que o livro influencie a estruturação do currículo para que este esteja adequado à sua utilização, além de ser o recurso mais utilizado em sala de aula. Já Macedo (2004), destacou o forte vínculo entre currículo e livros didáticos, tão forte que justifica políticas públicas de grande relevância para este fim.

Munakata (2012, p. 188) apontou que a política pública brasileira do PNLD nos tornou "o maior comprador de livros didáticos do mundo", alterando a configuração do mercado editorial no país e atraindo, inclusive, investimentos de grupos internacionais. O autor (Munakata, 2012, p. 188) também contribuiu afirmando que:

Uma das especificidades do livro didático é que essa mercadoria não se coloca simplesmente no mercado à espera do seu consumidor, mas a sua produção e sua distribuição são, em muitos países, reguladas pela mediação do Estado, havendo casos em que este assume a própria função de produzir o livro único. [...] No Brasil, o programa Nacional do Livro Didático, instituído em 1985, faz a mediação entre as editoras e o público-alvo (docentes e discentes das escolas públicas) e, a partir de 1996, quando se instituiu o sistema de avaliação prévia dos livros, intervém diretamente na oferta de livros, estabelecendo-lhes os critérios pelos quais possam ser apresentados à escolha dos professores.

Estas características fazem do livro didático um objeto de estudo bastante complexo e demonstra a necessidade de se observar todos os contextos envolvidos na avaliação, na escolha e no trabalho com este material. Aguilera e Perales (2018, p. 42) destacaram que "apesar de alguns julgamentos negativos mostrados sobre esses aspectos, o LD continua sendo, em termos gerais, o recurso educacional de referência no trabalho docente".

Nesse contexto, é possível citar diversos trabalhos que demonstram uma idealização do ensino de ciências (Gouvêa & Oliveira, 2010; Munakata, 2012; Aguilera & Perales, 2018; Perales, 2019), em que a reprodução de ideias e estereótipos continua vigente. Mesmo com a relevância dada ao livro didático, com os programas de governo voltados a ele e com a grande disseminação do mesmo como um produto essencial ao funcionamento das aulas, os questionamentos sobre a qualidade destes livros permanecem. No trabalho de Aguilera e Perales (2018, p. 42), os autores apontaram que o livro didático continua sendo o

principal recurso didático utilizado pelos educadores, enquanto os alunos possuem maior afinidade com as imagens do que com os textos destes livros. Além disso, relacionaram esta situação com o decréscimo na motivação e interesse dos alunos por estudar ciências ou exercer carreiras científicas.

Não obstante, Neto e Fracalanza (2003) assumiram um posicionamento semelhante quando apontaram sua preocupação com os equívocos, estereótipos e mitos sobre as concepções de ciência que acabam sendo introduzidos ou reforçados pelo uso indevido destes livros. De acordo com estes autores (Neto & Fracalanza, 2003, p. 154):

Em suma, o livro didático não corresponde a uma versão fiel das diretrizes e programas curriculares oficiais, nem a uma versão fiel do conhecimento científico. Não é utilizado por professores e alunos na forma intentada pelos autores e editoras, como guia ou manual relativamente rígido e padronizado das atividades de ensino-aprendizagem. Acaba por se configurar, na prática escolar, como um material de consulta e apoio pedagógico à semelhança dos livros paradidáticos e outros tantos materiais de ensino. Introduce ou reforça equívocos, estereótipos e mitificações com respeito às concepções de ciência, ambiente, saúde, ser humano, tecnologia, entre outras concepções de base intrínsecas ao ensino de Ciências Naturais.

Por fim, é importante considerar o destaque dado por estes autores quando se dedicaram a discutir as formas como o conhecimento científico é veiculado por meio dos livros, afirmando que nos últimos 30 anos não se notam mudanças substanciais. Segundo eles (Neto & Fracalanza, 2003, p. 154):

As coleções enfatizam sempre o produto final da atividade científica, apresentando-o como dogmático, imutável e desprovido de suas determinações históricas, político-econômicas, ideológicas e socioculturais. Realçam sempre um único processo de produção científica – o método empírico-indutivo –, em detrimento da apresentação da diversidade de métodos e ocorrências na construção histórica do conhecimento científico.

A abordagem a partir da História e da Filosofia das Ciências é a mais comumente adotada na análise de livros didáticos de Ciências, especialmente em Química. Os trabalhos de Niaz (2001; 2005) são bons exemplos. O autor estimula a reflexão sobre a natureza da ciência e a utilização de asserções que demonstram, destacando que é preciso facilitar a compreensão do progresso científico para além da descrição de experimentos. Niaz (2001) apresentou o conhecimento científico como construído a partir de dois componentes: metodológicos (dados empíricos) e interpretativos (princípios heurísticos), e enfatizou que os livros didáticos podem ser particularmente úteis em facilitar o entendimento conceitual quando enfatizam não apenas a natureza empírica da ciência, mas também os princípios heurísticos fundamentais. Para Niaz (2001, p. 658), o progresso científico não depende de dados empíricos isolados, mas os “*princípios heurísticos (construção da mente) é que auxiliam o cientista a olhar para dados relevantes*”.

De grande importância para a crítica proposta até aqui quanto às abordagens feitas pelos livros didáticos, o trabalho de Niaz (2001, p. 687) utilizou da afirmação de Lakatos para enfatizar que “*a história da ciência tem sido e deve ser a história de programas de pesquisa que competem*”. Além disso, considerações relevantes são trazidas pelo autor (Niaz, 2001) quando afirmou que o desenvolvimento de teorias científicas algumas vezes é baseado em fundamentações inconsistentes, que o progresso científico é caracterizado pela competição entre teorias (programas de pesquisa) rivais ou ainda que diferentes cientistas possam interpretar os mesmos dados experimentais em mais de um viés.

Quando se aborda o campo das neurociências, o tema do neuroconstrutivismo é pouco considerado. Não existem muitos trabalhos que abordam as discussões sobre neuroconstrutivismo em livros didáticos, na formação de professores ou da recepção deste assunto em periódicos ou pela comunidade acadêmica. Existe, sim, um grande número de trabalhos publicados sobre a análise de livros didáticos, contudo, estes são bastante específicos. Encontraram-se trabalhos analisando livros de disciplinas curriculares, um conteúdo ou um tema específico. O trabalho de Dias, Bittencourt e Amado (2013), é um dos poucos sobre as abordagens ao sistema nervoso (SN) em livros didáticos da Educação Básica, e eles o fazem em uma perspectiva diferente da aqui apresentada, pois analisam a influência das abordagens de ensino – Tradicional, Comportamentalista, Humanista, Cognitivista e Sociocultural - sobre os livros didáticos.

Na busca por referências de estudo, os trabalhos mais próximos dos propósitos desta pesquisa foram análises sobre abordagens e estudo do corpo humano. Um destes trabalhos foi apresentado no *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Neste trabalho, Mulinari e Mohr (2017) analisaram as abordagens ao corpo humano realizadas em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e destacaram que, em sua maioria, os textos apresentam descrições de processos fisiológicos sem apresentar interações entre si ou com fatores externos, o aluno não tem oportunidade de perceber semelhanças entre o corpo humano do livro e o seu. Além disso, apresentam uma crítica a como esta estrutura dificulta a ação do professor, pois além de tudo, ainda apresenta informações científicas dissociadas dos contextos sociais e do cotidiano.

O livro didático poderia ser aliado na construção de conceitos pelos estudantes sobre o funcionamento do corpo, e no contexto aqui apresentado, para compreensão de como cérebro e mente funcionam, proporcionando autopercepção e autoconhecimento. Para Oliveira e Carvalho (2017, p. 253-254):

[...] a educação pode ser instrumento significativo no processo da transformação social do indivíduo, no sentido não só promover uma formação que envolva competência científica, mas também proporcionar um processo educativo que prepare o indivíduo para melhor conhecer o mundo com o qual interage e para o entendimento de si mesmo como sujeito que se autorreorganiza permanentemente e que pode, pois, optar por determinada forma de participação no contexto em que vive.

Sobre a importância da compreensão sobre o funcionamento e relação entre cérebro, emoção e comportamento, Oliveira e Carvalho (2017, p. 260) ainda destacaram que:

[...] entender o cérebro adolescente significa entender seu comportamento; e entender seu comportamento é o mesmo que entender sua emoção. Ampliando essa visão, é possível inferir que os conhecimentos neurocientíficos, uma vez apresentados aos próprios adolescentes, podem ser meios de amenizar as angústias vivenciadas por eles e, ainda oferecer condições de proporcionar o autogerenciamento para esses adolescentes.

Sendo assim, propõe-se uma análise dos livros didáticos de Ciências e Biologia distribuídos para as escolas públicas brasileiras, buscando suas propostas para o estudo do sistema nervoso, a fim de observar a existência ou não de abordagem às perspectivas do neuroconstrutivismo.

MÉTODO DA PESQUISA

Segundo os dados apresentados por Nascimento e Martins (2005), o PNLD foi instituído em 1985 por meio do MEC para promover a aquisição e distribuição de livros às escolas públicas brasileiras. A partir das obras ofertadas pelo PNLD/2017 (Ensino Fundamental – Séries Finais) e pelo PNLD/2018 (Ensino Médio), foram selecionados os livros de Ciências e Biologia para esta análise. Foram disponibilizadas pelo MEC treze coleções para a disciplina de ciências no PNLD/2017 e dez coleções para a disciplina de Biologia no PNLD/2018, todas estão disponíveis para consulta através do site do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Para a análise dos livros de Ciências, foram acessados os dados estatísticos disponibilizados através do site do FNDE, onde se encontrou que foram distribuídos 10.789.373 livros de Ciências por meio do PNLD/2017. Foram selecionadas as seis coleções mais distribuídas, correspondendo a cerca de 78% dos livros distribuídos (Tabela 1). Seguindo o plano de estudos da disciplina de Ciências, no Ensino Fundamental, para as escolas públicas no estado do Rio Grande do Sul, onde o estudo do corpo humano é feito no 8º ano, selecionaram-se os livros destinados a esse ano escolar em cada coleção.

Após isso, passou-se a uma análise mais aprofundada do conteúdo. O estudo realizado por Jiménez, Prieto e Perales (1997) serviu de base para esta análise. Primeiramente, procurou-se observar a ocorrência de apresentação do sistema nervoso por meio de uma tese cefalocêntrica ou não, principalmente quando da abordagem das funções de coordenação, observando-se a ocorrência de centralização das funções do organismo no cérebro, no encéfalo ou no SN e classificando essas ocorrências em sim (S) ou não (N), seguida de análise das ideias apresentadas.

Tabela 1 - Livros de ciências do PNLD/2017 selecionados para este estudo.

Código Identificador	Autores	Título	Informações adicionais
EF1	Gewandsznajder, F.	Projeto Teláris – Ciências	2º edição São Paulo Ática, 2015
EF2	Carnevalle, M. R. ¹	Projeto Araribá – Ciências	4º edição São Paulo Moderna, 2014
EF3	Lopes, S.	Investigar e Conhecer: Ciências da Natureza	1º edição São Paulo Saraiva, 2015
EF4	Usberco, J. Martins, J. M. Schechtmann, E. Ferrer, L. C. Velloso, H. M.	Companhia das Ciências	4º edição São Paulo Saraiva, 2015
EF5	Canto, E. L. do	Ciências Naturais – Aprendendo com o cotidiano	5º edição São Paulo Moderna, 2015
EF6	Gowdak, D. Martins, E.	Ciências Novo Pensar	2º edição São Paulo FTD, 2015

Para a análise dos livros de Biologia, tentou-se acessar os dados estatísticos do FNDE, mas os mesmos ainda não estavam disponíveis. Portanto, foram selecionadas as dez coleções do componente curricular Biologia distribuídas pelo PNLD/2018. As mesmas estão disponíveis para acesso através do site do FNDE. Seguindo o plano de estudos da disciplina de Biologia, no Ensino Médio, para as escolas públicas estaduais no Rio Grande do Sul, em que o estudo dos seres vivos e suas características é feito no 2º ano, selecionamos os livros de volume 2 em cada coleção (Tabela 2).

Foi possível analisar os seis livros de Ciências propostos e sete dos dez livros de Biologia, pois as coleções EM7 e EM9 não abordam o estudo do sistema nervoso (SN) e a coleção EM10 não foi localizada em sua forma física ou virtual. Nesta análise buscou-se primeiramente criar um código para identificar as obras, em que se escolheu a identificação EF para Ensino Fundamental e EM para Ensino Médio, seguida de número identificador como apresentado acima. As obras EM7, EM9, e EM10 foram eliminadas e as demais foram examinadas.

Primeiramente, identificou-se o número total de páginas de cada obra, em seguida, por meio da consulta ao sumário do livro, identificou-se o capítulo, unidade ou tema que menciona ou aborda o sistema nervoso, tecido nervoso ou células nervosas. Verificou-se em seguida o número de páginas de cada livro que abordam conteúdo voltado ao tema pesquisado, excluindo-se as páginas de exercícios e atividades, pois é comum que estejam apresentadas ao fim das unidades ou capítulos e abordem vários temas trabalhados. Por fim, calculou-se o percentual de páginas abordando o tema.

Em seguida, procurou-se identificar a utilização de modelos de referência para a explicação do funcionamento do sistema nervoso, tanto no corpo do texto quanto nas imagens apresentadas. Em pesquisas anteriores, evidenciamos e analisamos as representações de crianças sobre o funcionamento do pensamento e do cérebro (Martins, Vieira & Eichler, 2017; Martins, 2018). Essas pesquisas, baseadas em estudos piagetianos, demonstraram que tanto as crianças genebrinas (nos estudos piagetianos), quanto as brasileiras utilizavam dos mesmos conteúdos típicos para explicar suas crenças. Entre estes, estavam modelos que faziam referências a circuitos (engrenagens, polias, redes elétricas), fluxo de energia (motores, pilhas, fluxo elétrico), centrais de controle, tratamento da informação, gavetas de memória, etc.

¹ Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela Editora Moderna, sendo Maira Rosa Carnevalle a editora responsável.

Tabela 2 - Livros de Biologia disponíveis no PNLD/2018.

Código Identificador	Autores	Título	Informações adicionais	Observações
EM1	Linhares, S. Gewandsznajder, F. Pacca, H.	Biologia Hoje	3º edição São Paulo Ática, 2016	-----
EM2	Ogo, M. Godoy, L.	#Contato Biologia	1º edição São Paulo Quinteto Editorial, 2016	-----
EM3	Lopes, S. Rosso, S.	Bio	3º edição São Paulo Saraiva, 2016	-----
EM4	Thompson, M. Rios, E. P.	Conexões com a Biologia	2º edição São Paulo Moderna, 2016	-----
EM5	Favaretto, J. A.	Biologia unidade e diversidade	1º edição São Paulo FTD, 2016	-----
EM6	Silva Júnior, C da. Sasson, S. Caldini Júnior, N.	Biologia	12º edição São Paulo Saraiva, 2016	-----
EM7	Mendonça, V. L.	Biologia: os seres vivos	3º edição São Paulo Editora AJS, 2016	Este volume não aborda o sistema nervoso.
EM8	Catani, A. <i>et al</i>	Ser protagonista: Biologia	3º edição São Paulo Edições SM, 2016	-----
EM9	Bizzo, N.	Biologia novas bases	1º edição São Paulo IBEP, 2016	Este volume não aborda o sistema nervoso.
EM10	Amabis, J. M. Martho, G. R.	Biologia Moderna	1º edição São Paulo Moderna, 2016	Os livros desta coleção não estavam disponíveis nas escolas consultadas.

De maneira semelhante, os modelos mencionados no trabalho de Jiménez, Prieto e Perales (1997), quando também analisaram livros didáticos que abordavam o SN, indicaram a utilização de modelos de referência para explicar o seu funcionamento. Os modelos apresentados foram: hidráulico, centrais telefônicas, correntes elétricas, máquina eletroquímica, espelho, mosaico de localização, computador (informática) ou auto-organizador. Considera-se de grande relevância que pesquisas diferentes, uma focada na representação de crianças e adolescentes, e a outra na análise de LDs, tenham encontrado modelos explicativos tão próximos. Desta forma, os modelos apresentados por Jiménez, Prieto e Perales (1997) foram adotados na pesquisa que aqui se apresenta.

Buscando mapear o tipo de abordagem das obras analisadas, foram escolhidos termos relacionados com o campo das neurociências e do neuroconstrutivismo para serem os fios condutores da análise final realizada nos livros selecionados. Desta forma, foi feita uma busca por referências no corpo do

texto aos termos: memória, inteligência, percepção, neurogênese, neurônios, plasticidade cerebral, sinapse, aprendizagem, linguagem ou habilidade linguística, pensamento abstrato ou capacidade de abstração e mente. Como forma de classificação, a análise considerou se as páginas em questão citam o termo procurado (C), apresentam conteúdo explicativo sobre aquele termo (CE) ou não mencionam o termo (N).

A seguir serão apresentados os dados obtidos e a discussão dos resultados, destacando-se que em todo o processo de análise, apenas as páginas com conteúdo em forma de texto e imagem foram analisadas, sendo as páginas com exercícios e atividades descartadas, pois não constituem o foco deste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os livros de Ciências e Biologia que foram distribuídos aos alunos de escolas públicas de todo o país, levou-se em consideração as páginas de cada obra que abordavam o tema (Tabela 3), tanto na forma de texto quanto de imagens, sendo desconsideradas as páginas voltadas para a resolução de exercícios e atividades.

Tabela 3 - Páginas analisadas e percentuais do conteúdo nas obras pesquisadas.

Obra	Nº total de págs.	Páginas analisadas	Nº págs. analisadas	% do conteúdo
EF1	272	23 164-175	13	4,8%
EF2	224	26-27 110-119 122-123 126	15	6,7%
EF3	288	43-44 209-224	18	6,6%
EF4	240	140-145	6	2,5%
EF5	256	21-22 117-134	20	7,8%
EF6	256	33-35 144-153	13	5%
EM1	288	270 – 274	5	1,7%
EM2	288	254 - 259	6	2,1%
EM3	288	280 - 281	2	0,7%
EM4	224	96 - 97	2	0,9%
EM5	288	176 - 181	6	2,1%
EM6	288	177 - 185	9	3,1%
EM8	288	258 – 264	7	2,4%

Em média, os livros de Ciências do Ensino Fundamental destinam 14,2 páginas de conteúdo – texto e imagens, sem exercícios – ao estudo do sistema nervoso (SN), enquanto os livros de Biologia do Ensino Médio destinam, em média, 5,3 páginas ao mesmo tema. Quando observado o estudo do sistema reprodutor (SR), por exemplo, os mesmos livros de Ciências, em média, destinam 21 páginas a este estudo. Na obra EF4, onde o conteúdo – texto e imagens, sem exercícios – para estudo do SN esteve presente em 2,5% das páginas, o estudo do SR alcançou 15,4%, o que equivale a 37 páginas. Apenas três livros de Biologia analisados abordam o SR: EM4, EM5 e EM6. Nestes livros, a média de páginas com conteúdo para estudo do SR foi de 15. Tomando como exemplo o livro EM5, onde apenas 2,1% das páginas de conteúdo

foram destinadas ao estudo do SN, foi averiguado que 18 páginas foram destinadas ao conteúdo sobre SR o que equivale a 6,2% das suas páginas. Neste contexto, é possível perceber que o estudo do sistema nervoso não é o conteúdo de maior destaque nos livros de Ciências e Biologia da Educação Básica.

Também foi possível observar certa discrepância na forma como os livros analisados abordam as funções e importância do sistema nervoso. Segundo Jiménez, Prieto e Perales (1997, p. 4), os livros “apresentam uma grande variedade de modelos teóricos (...) Não aparece um modelo global para todo o sistema nervoso, o que pode reforçar a ideia nos alunos de que o corpo é a soma das partes que funcionam independentemente”. Um bom exemplo de como pode ser subentendido um funcionamento independente do corpo é visto na obra EF2, quando se lê que “O sistema nervoso central recebe os impulsos nervosos dos órgãos receptores e elabora uma resposta específica para cada estímulo” (p. 113). Ao apresentar que o SN recebe impulsos dos órgãos receptores (no plural) e elabora respostas específicas para cada estímulo, sem complementar a informação, a ideia de que estas respostas são independentes e não elaboradas em conjunto, como um todo, pode vir a se estabelecer.

Os mesmos autores anteriormente citados, Jiménez, Prieto e Perales (1997, p. 4), destacaram seu desejo em registrar “que os livros utilizam as teses cefalocêntricas para as funções de coordenação dos seres vivos”. Buscando a origem deste termo, o trabalho de Changeux (1997), publicado em forma de livro com o título *Neuronal Man: The Biology of Mind*, é bastante propício, pois apresenta um histórico evolutivo de como a humanidade desenvolveu crenças sobre as funções cerebrais. Segundo Changeux (1997, p. 4), os antigos egípcios, os mesopotâmios, os hebreus e mesmo o poeta grego Homero consideravam o coração como “a fonte da vida, que abrigou inteligência e sentimento”. Mais tarde, o filósofo grego Demócrito descreveria sua crença de que sensações e pensamento dependeriam do concreto, sendo as sensações e imagens resultantes de mudanças na posição das partículas (os átomos) no espaço tendo afirmado que “o cérebro, guardião dos pensamentos ou inteligência, contém as principais amarras da alma” (Changeux, 1997, p. 5) e mesmo assim acreditar que o centro dos desejos estava no fígado. Ainda mais tarde Hipócrates, o grego considerado o pai da medicina, e colegas reafirmaram e ampliaram a hipótese de Demócrito ao utilizarem de observações clínicas. Com as observações e estudos avançados para aquela época conseguiram observar e descrever uma série de reações causadas por ferimentos na cabeça, também distinguiram doenças neurológicas e mentais e as atribuíram ao cérebro. Changeux (1997, p. 5) também afirma que “com Plato e Hipócrates, a tese ‘cefalocêntrica’ foi formulada muito explicitamente. De acordo com ela, o lugar do pensamento era o cérebro”.

Para verificar a permanência deste posicionamento, procurou-se analisar o texto das obras selecionadas e identificar a presença ou não de tese cefalocêntrica (TC), por meio de afirmações que reforçassem a dominância do sistema nervoso, do encéfalo ou do cérebro sobre as funções do organismo. Quando não demonstrada essa dominância, mas sim a associação do sistema nervoso com o endócrino ou quando as funções do SN foram apresentadas sem denotar domínio sobre todo o organismo não se considerou a presença de tese cefalocêntrica, como apresentado abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Abordagens das obras analisadas às funções e importância do sistema nervoso.

Livro	Citação	TC	Foco
EF1	“... além de receber e organizar informações do meio ambiente e de comandar nossas reações, o sistema nervoso, juntamente com o sistema endócrino, coordena as diversas funções do corpo.” (p.164)	Não	-----
EF2	“O cérebro é centro controlador da maioria das atividades do nosso corpo.” (p. 26)	Sim	Cérebro
EF3	“E quem é o maestro nessa ‘orquestra’? Se você pensou em sistema nervoso , acertou.” (p. 209)	Sim	Sistema Nervoso
EF4	“O sistema nervoso é responsável pela integração do corpo com o ambiente.” (p. 140)	Não	-----
EF5	“O encéfalo e a medula espinal constituem o sistema nervoso central (SNC) , que comanda e coordena as atividades do organismo.” (p. 120)	Sim	Sistema Nervoso
EF6	“O sistema nervoso não só coordena e integra as funções do organismo como o relaciona com o meio externo.” (p. 145)	Não	-----
EM1	“Como você acaba de ver, o encéfalo controla muitos órgãos e funções do corpo.” (p. 272)	Sim	Encéfalo
EM2	“A coordenação das atividades do corpo humano depende da integração entre o sistema nervoso e as glândulas endócrinas.” (p. 255)	Não	-----
EM3	“Assim a estrutura do sistema nervoso relaciona-se com a organização geral do corpo.” (p.280)	Não	-----

² Nesta análise, todas as palavras grifadas em negrito são grifos originais dos autores das obras analisadas.

Livro	Citação	TC	Foco
EM4	“Esse sistema é muito importante na coordenação das funções dos órgãos.” (p. 96)	Não	-----
EM5	“O encéfalo é a maior região integradora e o principal centro de coordenação do corpo.” (p. 176)	Sim	Encéfalo
EM6	“O sistema nervoso é multifuncional, pois atua direta ou indiretamente no controle no controle de praticamente todos os outros sistemas do organismo.” (p. 181)	Sim	Sistema Nervoso
EM8	“O funcionamento de um organismo requer, portanto, a integração e a coordenação das várias partes que o constituem. Nos animais, dois sistemas estão encarregados da integração e da coordenação de todas as funções do organismo: o sistema nervoso e o sistema endócrino.” (p. 258)	Não	-----

Na análise realizada, diferentemente do destacado por Jiménez, Prieto e Perales (1997), observou-se que mais da metade dos livros estudados nesta pesquisa não utilizou tese cefalocêntrica para abordar as funções e importância do sistema nervoso, mesmo quando se reportam às funções de coordenação. Isto torna possível questionarmos se essa mudança percebida seria indicativa de uma tentativa de adequação das obras atuais aos progressos realizados pelas recentes pesquisas neurocientíficas.

Prevalece grandemente nos livros didáticos analisados o estudo do sistema nervoso a partir de um viés que destaca as partes e funções desse sistema. Exceção para as obras EM3 e EM4, em que o primeiro faz uma abordagem comparativa e evolutiva do sistema nervoso dos animais e não há menção específica ao humano e o segundo faz uma abordagem dos tecidos muscular e nervoso e sua constituição. Em todas as obras, observa-se uma preocupação com nomenclatura e funções de cada parte do organismo, sempre com destaque para questões sensoriais e atos reflexos ou voluntários. É muito comum que as obras vinculem o estudo dos sistemas endócrino e sensorial no mesmo capítulo ou unidade do sistema nervoso. Em alguns casos (como em EM1), o número de páginas destinadas ao estudo do sistema sensorial é maior do que do que as destinadas ao sistema nervoso, mesmo os dois temas estando no mesmo capítulo.

Ainda que a abordagem esteja centrada nas partes e funções, em nomenclaturas e descrições de processos biológicos, em todas as obras analisadas percebe-se a utilização de modelos de referência para abordar e explicar o funcionamento do sistema nervoso. O mesmo foi observado no trabalho de Jiménez, Prieto e Perales (1997, p. 4), e alguns destes modelos de referências foram apresentados por eles. Contudo, os autores afirmaram não ter encontrado “nenhuma referência a modelos hidráulicos ou a centrais telefônicas”. Durante a análise aqui proposta, de fato, não foram encontradas referências a modelos hidráulicos, entretanto, cerca de 70% dos livros apresentaram referências a um modelo baseado em centrais telefônicas, como se pode ver abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 - Citações encontradas nos livros analisados para demonstrar um modelo de referência a centrais telefônicas.

Modelo Centrais Telefônicas	
Livro	Citação
EF1	“Os telefones de uma cidade não estão conectados diretamente entre si. Seus fios são ligados a uma central, que recebe as chamadas e executa as ligações de um telefone a outro. Do mesmo modo, as mensagens recolhidas pelos órgãos dos sentidos são levadas por nervos ao sistema nervoso central...” (p. 166).
EF2	“... integração das mensagens (estímulos) recebidas do ambiente. Os órgãos dos sentidos captam mensagens... e enviam até o cérebro por uma rede de neurônios” (p. 112). “... a lesão interrompe a comunicação entre o encéfalo e os nervos provenientes de órgãos abaixo dela” (p. 115).
EF3	“Todos os órgãos do sistema nervoso são constituídos pelo tecido nervoso, que apresenta células especializadas na recepção e transmissão de ‘mensagens’: os neurônios” (p. 209).
EF4	“Os neurônios são células especializadas em receber e transmitir mensagens” (p. 140). “Para que a recepção e transmissão de mensagens seja eficiente, é essencial que os neurônios se comuniquem” (p. 141). “O sistema nervoso voluntário transmite informações...” (p. 143).
EF5	“Em toda essa complexa rede interna de transmissão de informações que é o sistema nervoso periférico, os nervos atuam como as linhas de transmissão” (p. 121). “Uma comparação pode ser feita entre um nervo e um cabo telefônico usado em telefonia fixa... Cada fiozinho que compõe o cabo telefônico é capaz de transmitir informações independentemente dos outros...” (p. 121).
EM2	“A parte somática do sistema nervoso transmite informações até a parte central e também aos nervos...” (p. 259).

Modelo Centrais Telefônicas	
Livro	Citação
EM4	"... distribui-se por todo o organismo, formando uma rede complexa de comunicação chamada sistema nervoso" (p. 96).
EM5	"Caso seja solicitado que movimente os pés, ela será incapaz de fazê-lo, porque as mensagens enviadas pelo cérebro não chegarão à parte inferior da medula espinal" (p.179).
EM8	"O tálamo recebe e envia informações..." (p. 260).

Tomando por exemplo a citação encontrada em EF5, mais uma vez percebe-se, como já destacado anteriormente, a possibilidade de que o aluno compreenda que o organismo é formado pela junção de partes que funcionam independentemente. Outros modelos de referência utilizados também abrem esta possibilidade, como o "modelo espelho" descrito por Jiménez, Prieto e Perales (1997, p. 4) como concebendo:

[...] o funcionamento do sistema nervoso como uma reação a uma excitação proveniente do exterior, igual a um espelho que reenvia com um certo ângulo o feixe luminoso que lhe chega, o cérebro reenvia uma resposta em função da excitação que foi desencadeada. Em alguns livros encontramos estas idéias tanto para explicar os atos reflexos como o funcionamento global do sistema nervoso [...] Dá a impressão de que a informação que está no exterior do organismo que pode recebê-la e conduzi-la até uma determinada ação. Ainda é mais clara esta concepção analisando os textos, em algumas atividades se sugere que cada estímulo tem uma só resposta – cada objeto uma imagem – sem considerar a possibilidade de que um mesmo estímulo provoque diferentes respostas.

Apenas duas obras, EM2 e EM4, não utilizam o modelo de referência espelho. Em todas as outras se encontram formas de representar e explicar, principalmente os atos reflexos, algumas funções do sistema nervoso. Exemplos podem ser vistos em EF3, onde se encontra que "Quando tocamos em um objeto muito quente, por exemplo, percebemos o calor e a dor da queimadura depois que nosso corpo já está afastado do objeto" (p. 216); em EF4 lê-se que "As células do sistema nervoso responsáveis por perceber estímulos do próprio corpo e do ambiente, interpretar as informações e possibilitar a tomada de ações em resposta a cada situação" (p. 140); em EF6 encontra-se que "à medida que o cão cresce, ele passa a associar o cheiro ou o aspecto do leite com a sensação do gosto e, então, começa a salivar simplesmente pelo fato de ter o leite diante de si" (p. 148); e em EM1 é visto que "O sistema nervoso simpático estimula os órgãos que preparam um animal para, por exemplo, enfrentar um perigo, deixando-o pronto para lutar ou fugir" (p. 274). Além da descrição do reflexo patelar, que é muito comum na grande maioria dos livros pesquisados, as reações às situações de emergência também utilizam o modelo espelho em suas descrições, como apresentado em EM6 onde consta que "Em uma situação de emergência, a descarga de adrenalina provoca aumento da pressão arterial, dilatação dos brônquios e das pupilas" (p. 184).

Extremamente comum, também é o modelo de referência "mosaico de localização", que só não foi manifesto nas obras EM3 e EM4 e cuja descrição feita por Jiménez, Prieto e Perales (1997) afirma se tratar da localização das funções cerebrais em zonas determinadas do cérebro. Neste contexto, as imagens coletadas nas obras analisadas têm especial importância na demonstração da utilização deste tipo de referência (ver Fig. 1, Fig. 2 e Fig. 3). Dada a característica geral dos livros de apresentar partes e funções, torna-se bastante comum a apresentação de determinadas funções do sistema nervoso com localização em pontos específicos, e isso ocorre tanto no corpo do texto quanto nas imagens apresentadas.

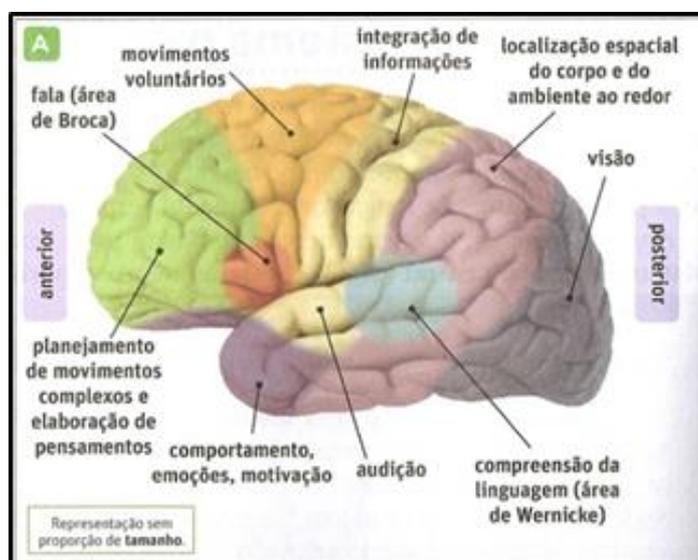


Figura 1 - Ilustração na obra EM8, p. 260.

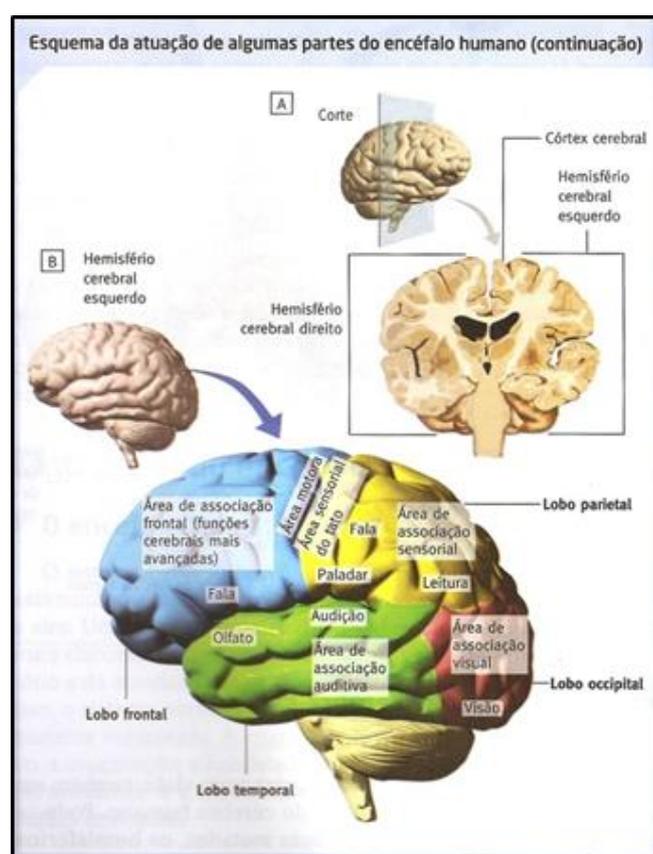


Figura 2 - Ilustração encontrada na obra EF5, p. 126.

Estas imagens representam as referências a um modelo mosaico de localização, mas também os textos que apresentam o conteúdo referem-se muitas vezes a funções que seriam realizadas em locais específicos. Por exemplo, a Fig. 3, apresentada a seguir, está vinculada, no livro, a um pequeno texto sobre o telencéfalo onde encontra-se que (Ogo, M.; Godoy, L., 2016, p. 257):

As áreas sensitivas recebem e interpretam impulsos provenientes de diferentes partes do corpo, como olhos, orelhas e nariz. As áreas motoras controlam movimentos dos músculos esqueléticos. As áreas de associação conectam as áreas sensitivas e motoras, além de relacionar-se com as emoções, a memória, a inteligência e a personalidade.

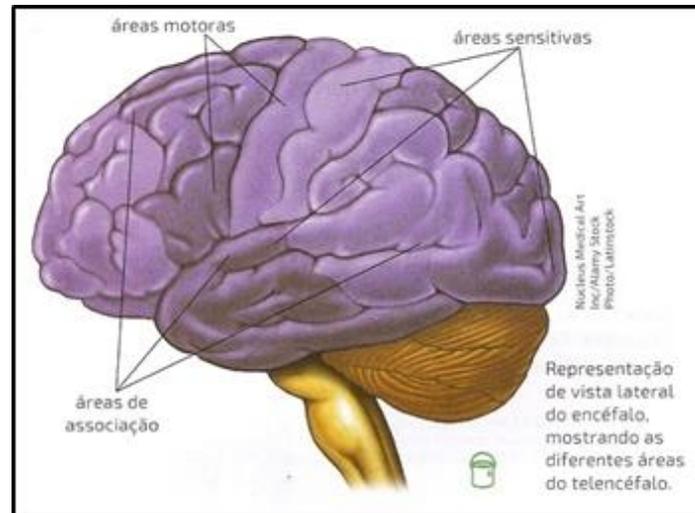


Figura 3 - Ilustração na obra EM2, p. 257.

É bastante comum, quase 54% dos livros analisados, a representação de uma imagem que mostra o sistema nervoso dividido em parassimpático e simpático e onde atividades corporais estão relacionadas a órgãos específicos, com um enfoque para funcionamento reflexo regulado por estímulos sensoriais ou químicos (Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 e Fig. 7). Neste contexto, é reforçada a ideia de estímulo/resposta e formulações com viés mecânico tornam-se possíveis, além de nos remeter mais uma vez ao modelo de referência de mosaico de localização.

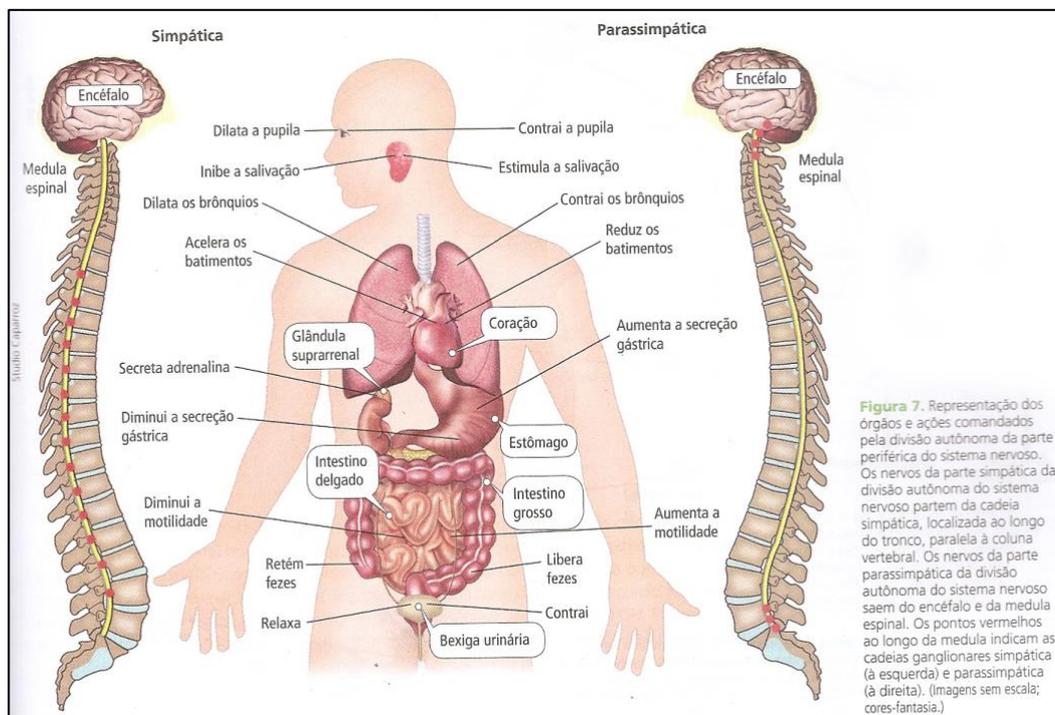


Figura 4 - Imagem retirada da obra EM5 - p.181.

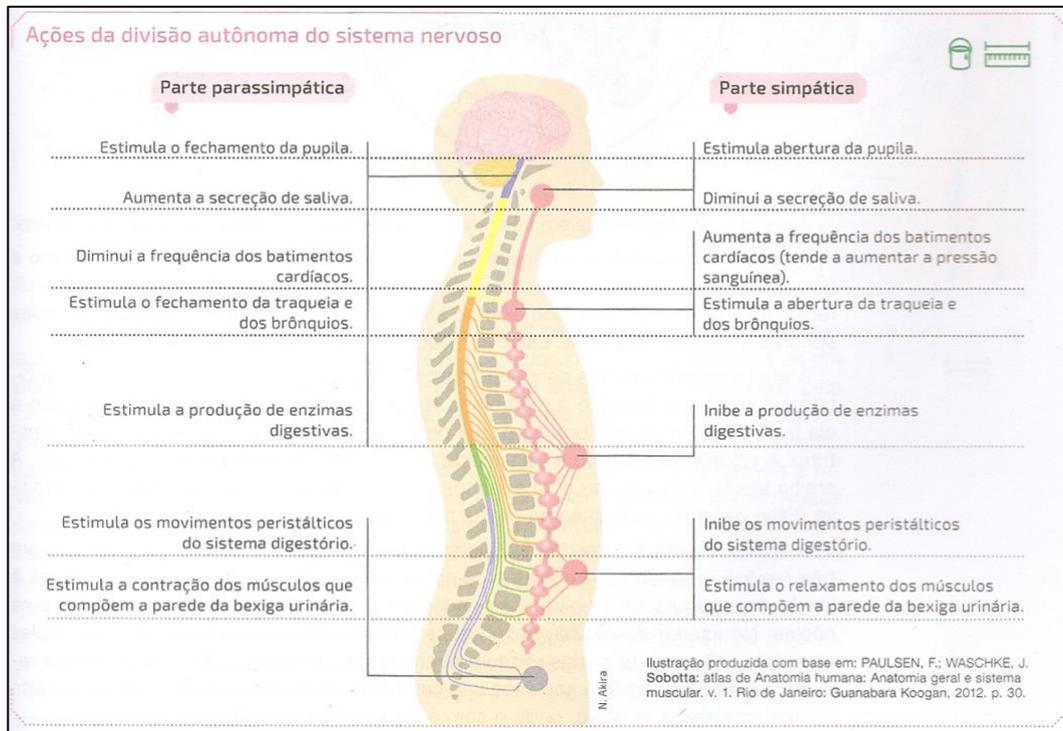


Figura 5 - Imagem retiradas da obra EM2 - p. 259.

As imagens que destacamos estão presentes em grande parte das obras analisadas e apontam na mesma direção do que apresentaram Jiménez, Prieto e Perales (1997) e nos levam a refletir sobre a possível prevalência dos modelos mosaico de localização e espelho. Contudo, estes autores (Jiménez; Prieto; Perales, 1997, p. 4) concluíram que *“Estas afirmações contrastam com a ideia admitida mais recentemente de que as sensações são interações entre características do mundo externo, órgãos sensoriais e sistema nervoso”*.

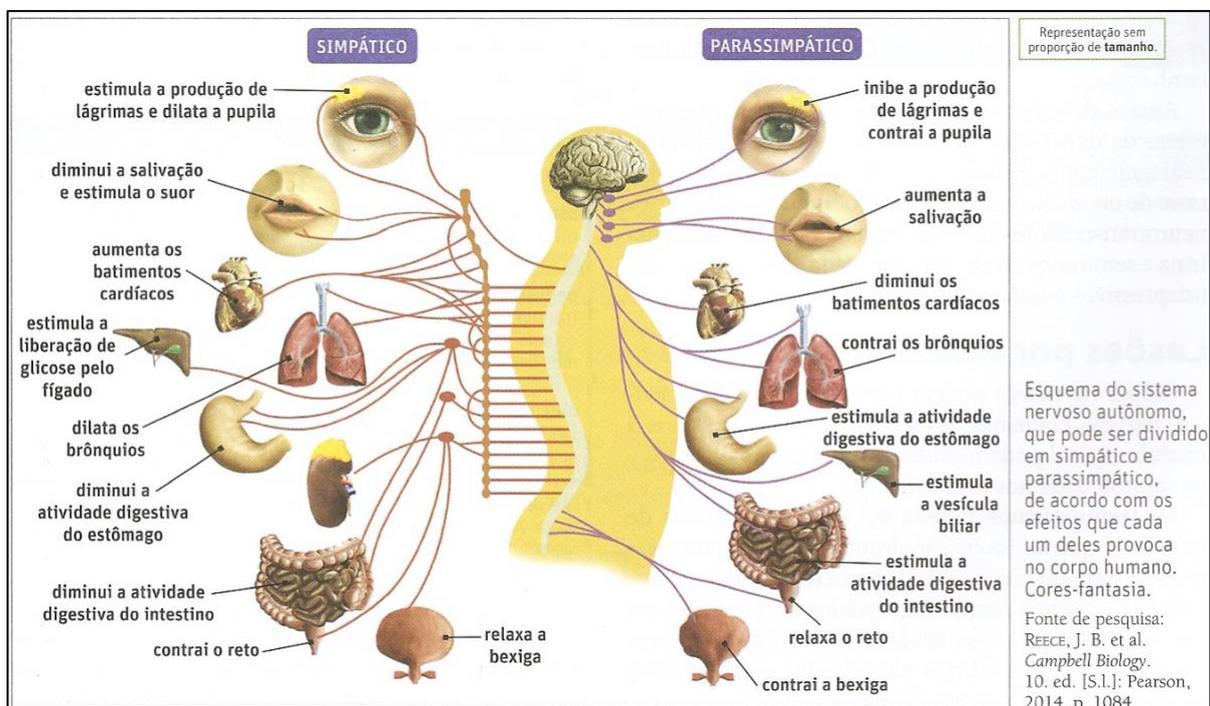


Figura 6 - Imagem retiradas da obra EM8 - p. 263.

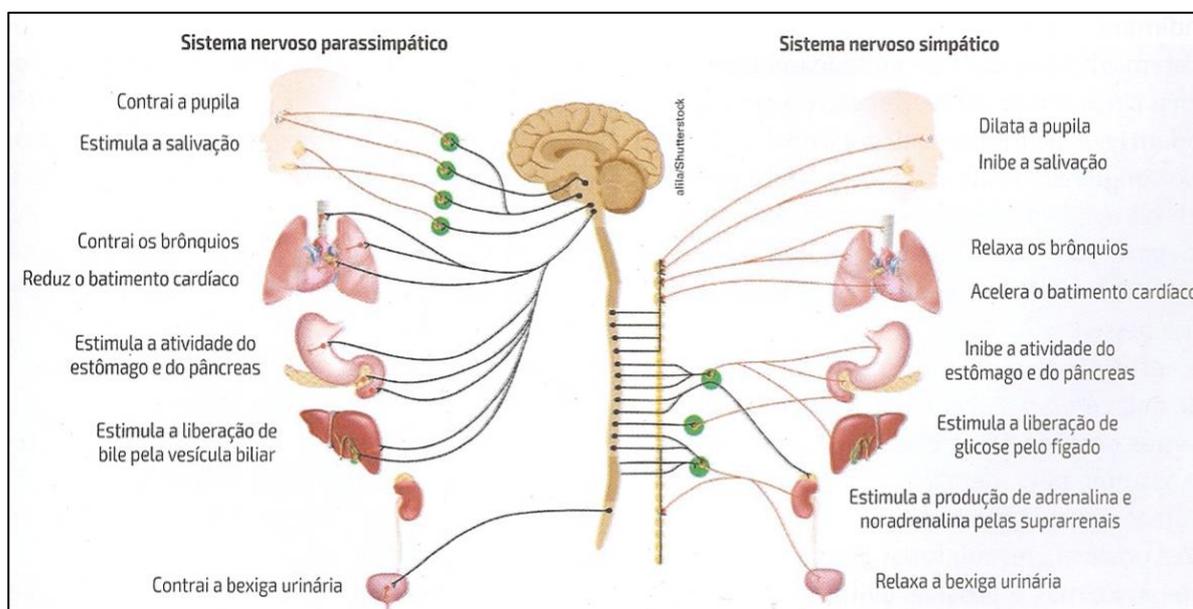


Figura 7 - Imagem retirada da obra EM1 – p. 273.

Outro modelo de referência muito comum é o centro de controle, que é encontrado em 77% dos livros analisados, mas não estava incluído na análise que foi utilizada como base neste estudo. Contudo, menções feitas por crianças e adolescentes à centros de controle comandando as funções cerebrais foram observadas nas pesquisas de Martins, Vieira e Eichler (2017) e Martins (2018). Após perceber-se que comparações deste tipo eram realizadas com frequência nos livros analisados, como pode ser visto a seguir no Quadro 3, o modelo centro de controle foi adicionado à pesquisa.

Quadro 3 - Citações encontradas nos livros analisados para demonstrar um modelo de referência a centros de controle.

Modelo Centro de Controle	
Livro	Citação
EF1	“O sistema nervoso recebe uma mensagem do órgão auditivo, analisa essa informação e comanda uma série de movimentos em seu corpo” (p. 23) “... o sistema nervoso do jogador recebe as informações dos órgãos dos sentidos, organiza-as e comanda uma reação: o cabeceio” (p. 164).
EF2	“O cérebro é o centro controlador da maioria das atividades do nosso corpo” (p. 26). “No tronco encefálico são elaboradas ordens para a realização de atividades...” (p. 115).
EF4	“O hemisfério direito do cérebro comanda o lado esquerdo do corpo, enquanto o hemisfério esquerdo do cérebro comanda o lado direito” (p. 143)
EF5	“... esse estímulo visual é transformado, nos olhos, em impulso nervoso que segue, por nervos cranianos para o encéfalo. Este, por sua vez, dá a ‘ordem’ para seus dedos pegarem a tira. Essa ‘ordem’ segue pela medula espinal e, a partir dela por nervos espinais até os músculos que movimentarão seus dedos e cumprirão a ‘ordem’ dada” (p. 122).
EF6	“O cérebro controla as atividades voluntárias e conscientes do corpo humano. Todos os movimentos musculares voluntários, como a fala, o pensamento e a memória, são controlados pelo cérebro. É também o centro de controle da interpretação de todos os estímulos...” (p. 146).
EM1	“Uma parte dos nervos motores controla os músculos esqueléticos, comandando as respostas ao ambiente externo...” (p. 273). “Dizemos, então, que o sistema nervoso somático controla a relação com o ambiente” (p. 273).
EM2	“No bulbo (também conhecido como mielencéfalo), localizam-se os centros de controle de várias funções básicas de nosso corpo...” (p. 257).
EM5	“A parte central do sistema nervoso recebe, analisa e integra informações, bem como seleciona e envia ordens” (p. 176).
EM6	“Os gânglios, [...] funcionam como pequenos centros de coordenação e regulação das

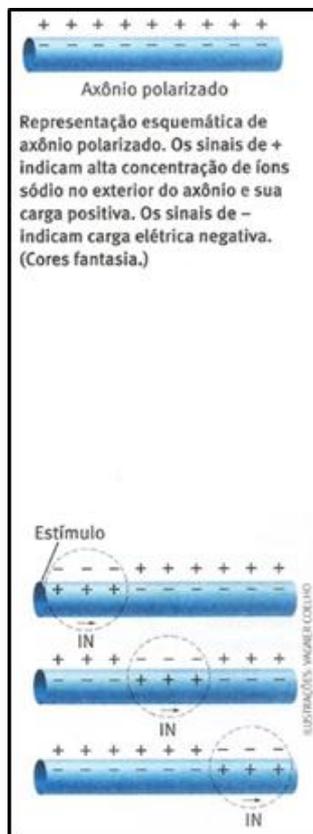
Modelo Centro de Controle	
Livro	Citação
	funções...” (p. 181). “É no córtex cerebral que se localizam os centros ou áreas responsáveis pelo controle sensorial (audição, visão) e motor (movimentos de todo o corpo e da fala)” (p. 182).
EM8	“... o sistema nervoso central recebe e processa informações dos meios externo e interno controlando as funções corporais” (p. 259).

O modelo de referência a correntes elétricas apareceu com muito menos frequência. Apenas as obras EM1, EM2 e EM4 utilizam este modelo. Em EM1 encontra-se que “O sistema nervoso – exclusivo dos animais vale-se de **mensagens elétricas** que caminham pelos nervos mais rapidamente do que os hormônios através do sangue” (p. 271), e em EM4 que “Os neurônios são capazes de receber estímulos [...] e transmiti-los por meio de impulsos elétricos a outros neurônios ou órgãos” (p. 96).

Ao explicar os processos que ocorrem na sinapse, muitos dos livros utilizam modelos de referências a máquinas eletroquímicas. Apenas nas obras que não possuem conteúdo explicativo sobre isso este modelo não foi utilizado, sendo elas EM1, EM3, EM5 e EM8. A maior parte das obras que faz referência a este modelo o faz com explicações resumidas e sem grandes detalhes; como é possível ver em EF2 quando apresenta que “Ao percorrer o neurônio, o impulso nervoso atinge as terminações do axônio e provoca a liberação de substâncias químicas nas sinapses. Essas substâncias são chamadas de neurotransmissores ou mediadores químicos” (p. 113) e em EM2 onde se lê que “O sistema nervoso transmite informações aos órgãos por meio de impulsos nervosos, que são correntes elétricas de baixa intensidade, originadas durante a entrada e a saída de íons do interior de células do sistema nervoso” (p. 255).

Diferentemente disso, chama a atenção o destaque dado pelo livro EM6 para os processos químicos envolvidos no mecanismo de transporte ativo chamado “bomba de sódio e potássio” e também na “condução saltatória” para explicar a condução dos impulsos nervosos e só após isso a explicação sobre a liberação de neurotransmissores na sinapse. São duas páginas de descrições e ilustrações detalhadas para todos os processos envolvidos, quando os outros livros se limitam a no máximo dois parágrafos. A imagem que segue (Fig. 8) foi utilizada na lateral direita da página, ao lado do texto, para ilustrar a condução do impulso nervoso através da bomba de sódio e potássio.

Fig. 8 - Representação do impulso nervoso no livro EM6, p. 179.



Na análise de Jiménez, Prieto e Perales (1997, p. 4) também foi mencionado o modelo computador, que segundo eles é “*criticado atualmente desde a neurobiologia às ciências cognitivas*” e o descrevem como referência a “*receber a informação que existe no exterior, processar essa informação e elaborar respostas, utilizando também a linguagem da informática*”. Entre os livros selecionados nesta pesquisa, encontraram-se também referências a este modelo, como visto no livro EF2 quando afirma que a medula espinal tem entre suas funções “*elaborar respostas simples e rápidas para determinados estímulos*” (p. 115) ou ainda em EM1 onde se lê que “*Essa região do encéfalo recebe e processa as informações dos órgãos dos sentidos*” (p. 272). Também em EM2, encontra-se que “*A parte central do sistema nervoso (antigamente conhecida como sistema nervoso central) recebe estímulos provenientes de diferentes partes do corpo humano, interpreta-os e responde a eles*” (p. 256) ou ainda em EM6 onde é afirmado que a “**função sensorial**, que consiste em transmitir informações geradas pelos estímulos exteriores e do próprio organismo para diferentes centros nervosos que, por sua vez, devem analisar e processar essas informações” (p.181).

O último modelo de referência mencionado por Jiménez, Prieto e Perales (1997, p. 5) é o auto-organizador, que afirmam ser aquele que:

[...] reconhece o sistema nervoso como uma unidade definida por suas relações internas, em que as interações só atuam modulando sua dinâmica estrutural. Estrutura, organização, dinâmica de funcionamento e trocas nela, seriam as características básicas deste modelo de sistema nervoso.

As referências ao modelo auto-organizador foram encontradas em sete obras analisadas. Entre elas, pode-se destacar no livro EM8 a abordagem ao sistema nervoso simpático quando se pode observar a descrição de que a liberação de noradrenalina “*acelera os batimentos cardíacos e o ritmo respiratório, aumenta o nível de glicose no sangue, dilata a pupila e eleva a pressão sanguínea, efeitos em geral associados a uma situação de alerta ou de ação*” (p. 263) ou, quando em EF2 é afirmado que “*a rede de nervos desse sistema regula os órgãos internos, como os intestinos, as glândulas, o coração, os rins e a musculatura associada a eles, cujo funcionamento é involuntário*” (p. 116), ou ainda quando em EF5 se lê que “*No caso do reflexo patelar, trata-se de uma resposta que permite restabelecer a situação de equilíbrio do músculo (quadríceps femoral) esticado pela pancadinha*” (p. 124).

Ao fim desta análise mais um modelo de referência foi acrescentado, pois se encontrou na obra EF3 uma longa abordagem comparativa entre o sistema nervoso e uma orquestra musical, onde se pode destacar sua afirmação de que “*o corpo humano pode ser comparado a uma orquestra, pois é formado por um conjunto de órgãos que trabalham em harmonia, cada um responsável por determinadas funções, e o resultado é o equilíbrio dinâmico que mantém o organismo vivo*” (p. 209) ou ainda quando se lê que “*Dessa forma, o intestino é estimulado quando a atividade de digestão na boca tem início e tudo ocorre em harmonia. E os outros sistemas continuam a funcionar, como os instrumentos de uma orquestra*” (p. 209).

A tabela 4 reúne todos os modelos de referência ao sistema nervoso encontrados nas obras analisadas durante esta pesquisa e aponta quais modelos foram encontrados em cada livro.

Tabela 4 - Modelos de referência ao sistema nervoso encontrados nas obras analisadas.

Modelos de Referência	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM8
Hidráulico													
Centrais telefônicas	X	X	X	X	X			X		X	X		X
Corrente elétrica							X	X		X			
Máquina eletroquímica	X	X	X	X	X	X		X		X		X	
Espelho	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Mosaico de localização	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X
Computador		X		X			X	X				X	X
Auto-organizador	X	X		X	X		X	X			X		
Centro de controle	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X
Orquestra musical			X										

Como parte final desta análise, buscou-se mapear o tipo de abordagem das obras analisadas por meio de termos relacionados com o campo das neurociências e do neuroconstrutivismo. Para identificação, tabelaram-se os resultados em relação à: (C) citou o termo, (CE) possui conteúdo explicativo sobre o termo ou (N) termo não foi mencionado, como demonstrado a seguir (Tabela 5).

Embora o termo memória seja citado na grande maioria dos livros, apenas em EF4 se encontra um pequeno quadro explicativo sobre o que significa. Mesmo os demais livros destinados ao Ensino Fundamental se referem ao termo memória sem qualquer explicação, denotando que seus autores julgam ser de conhecimento do público a que se dirigem os conceitos sobre o tema. Dados os modelos de referência que utilizam para abordar o funcionamento do sistema nervoso, é possível que estes alunos associem a memória com aquilo que conhecem sobre computadores, com espaço de armazenamento, com dispositivos.

Outros conteúdos explicativos sobre os termos pesquisados só foram encontrados em relação aos neurônios e à sinapse. Todos os livros de Ciências para o Ensino Fundamental apresentaram textos e imagens para explicar a estrutura, a função e a atividade em relação aos neurônios e à sinapse. Apenas as obras EM2, EM4 e EM6, entre as destinadas ao Ensino Médio, possuem conteúdo explicativo sobre estes termos, e em EM3, EM5 e EM8 a sinapse nem mesmo é citada.

O termo neurogênese não é citado em nenhuma das obras analisadas, contudo, em EF2, foi inserido um pequeno quadro que aborda rapidamente o tema sem, contudo, nomeá-lo. O fato de praticamente não haver qualquer abordagem às questões relacionadas com inteligência, percepção, aprendizagem, linguagem e, principalmente, neurogênese e plasticidade cerebral nestes livros, demonstram que os jovens não têm tido acesso ao debate sobre questões primordiais no campo das neurociências cognitivas.

Tabela 5 - Análise da abordagem a termos específicos pelas obras em questão.

Termos pesquisados	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM8
Memória	C	C	C	CE	C	C	C	C	N	N	C	C	C
Inteligência	C	C	N	N	N	N	C	C	N	N	C	C	C
Percepção	N	C	N	N	N	N	C	N	N	N	N	N	N
Neurogênese	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Neurônio	CE	CE	CE	CE	CE	CE	C	CE	C	CE	C	CE	C
Plasticidade cerebral	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	C
Sinapse	CE	CE	CE	CE	CE	CE	C	CE	N	CE	N	CE	N
Aprendizagem	C	C	N	C	C	C	C	C	N	N	C	C	C
Linguagem ou Habilidade linguística	C	C	N	C	C	N	C	N	N	N	N	N	C
Pensamento abstrato ou Capacidade de abstração	N	C	N	N	C	N	C	N	N	N	N	C	N
Mente	N	C	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

De modo geral, foi possível identificar que 54% dos livros citou inteligência, 15% citou percepção, apenas o livro EM8 citou a plasticidade cerebral e apenas EF2 citou a mente. Em 77% dos livros o termo aprendizagem foi citado, em 46% a linguagem ou habilidade linguística e em 31% deles foram mencionados o pensamento abstrato ou capacidade de abstração. Mesmo tendo sido citados, estes termos não tiveram abordagens explicativas ou informativas.

CONCLUSÕES

Ao finalizar esta pesquisa é possível apontar a recorrência de uma busca por simplificação de conceitos no ensino de ciências, que acaba por se estruturar em reducionismos. A utilização de reducionismo, afasta a compreensão complexa dos fenômenos em estudo e colabora para a apresentação

do corpo humano com funcionamento mecânico, automático e simplificado. Apontando a necessidade de abordagens plurais, que incentivem a desvinculação com o senso comum, estamos também apontando a necessidade de reflexão sobre a utilização de reducionismos, prática tão comum no ensino de ciências.

Além disso, o enfoque dado a questões puramente biológicas e ao funcionamento do organismo regulado pelo sincronismo de ações e respostas estruturadas em funções que respondem às substâncias, hormônios, estímulos, etc., pode incentivar crenças voltadas para um funcionamento mecânico do cérebro e a não compreensão do papel da mente neste processo.

Falando sobre como as questões envolvendo o tema da mente foram rechaçadas pelos cientistas no início do século XX, Bunge (1988) mencionou a excomunhão do conceito de mente. Segundo ele (Bunge, 1988, p. 15), Piaget iniciou um movimento que levaria a uma revolução quando começou a investigar o desenvolvimento das capacidades mentais de crianças e adolescentes e que, após 20 anos, ocorreu outra “*rebelião igualmente influente: Donald Hebb estabeleceu que as assembléias neuronais não se limitam a detectar e processar estímulos: também podem pensar. E proclamou que a psicologia humana trata da mente*”. Segundo Bunge (1988, p. 16):

Como a ciência só trata com entidades concretas, porque só reconhece e aceita as propriedades dessas coisas, e não as propriedades em si mesmas, não utiliza as propriedades e trocas na medida em que não são propriedades ou trocas de alguma entidade concreta, seja esta um átomo ou um neurônio, um cérebro ou uma galáxia. Não há nenhum problema em falarmos dos estados ou eventos mentais, contanto que não os atribuamos a uma entidade imaterial, invariável e inescrutável.

Ao se fazer a reflexão sobre como a relação entre mente e cérebro não é discutida nem mencionada nas abordagens para o estudo do sistema nervoso feitas pelos livros didáticos da Educação Básica, compreende-se que a leitura destas obras não fornece elementos suficientes para despertar nos jovens estudantes questionamentos em relação às neurociências cognitivas. Ater-se ao que não é discutido nem abordado demonstra isso de forma mais apropriada do que aquilo que realmente é abordado.

A tarefa aqui apresenta-se de tal forma a manter este debate aceso, e não só a isso, mas também a discutir os motivos pelos quais as abordagens construtivistas nas neurociências têm sido pouco promovidas, além de incentivar a desvinculação com o senso comum e o discurso que promove o campo neurocientífico idealizado, homogêneo, infalível, finalista. Se nada for mudado, a sociedade continuará a acreditar que existe apenas uma neurociência.

REFERÊNCIAS

- Aguilera, D., & Perales, F. J. (2018). El libro de texto, las ilustraciones y la actitud hacia la Ciencia del alumnado: percepciones, experiencias y opiniones del profesorado. *Enseñanza de las ciencias*, 36(3), 41-58. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2423>
- Amabis, J. M., & Martho, G. R. (2016). *Biologia Moderna*. São Paulo, SP: Moderna.
- Aranha, G., & Sholl-Franco, A. (2012). *Caminhos da Neuroeducação*. Rio de Janeiro, RJ: Ciências & Cognição.
- Battro, A. M., Fischer, K. W., & Léna, P. J. (2008). *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation*. Cambridge: University Press.
- Bizzo, N. (2016). *Biologia novas bases* (Vol. 2). São Paulo, SP: IBEP.
- Bunge, M. (1988). *El problema mente-cerebro: Um enfoque psicobiológico* (2a ed.). Madri: Editorial Tecnos. (Original publicado em 1980).
- Canto, E. L. do (2015). *Ciências naturais – Aprendendo com o cotidiano* (5a ed.). São Paulo, SP: Moderna.
- Carnevalle, M. R. (org.) (2014). *Projeto Araribá – Ciências* (4a ed.). São Paulo, SP: Moderna.
- Catani, A. et al. (2016). *Ser protagonista: Biologia* (Vol. 2, 3a ed.). São Paulo, SP: Edições SM.

- Changeux, J. P. (1997). *Neuronal Man: The biology of mind*. New Jersey: Princeton University Press. (Original publicado em 1983).
- Dias, M. C. da P., Bittencourt, A. S., & Amado, M. V. (2013). Análise do conteúdo de sistema nervoso nos livros de biologia aprovados no PNLEM (2012-2014): uma reflexão a partir das abordagens do processo de ensino e aprendizagem. Em: *Atas, IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0709-1.pdf>
- Favaretto, J. A. (2016). *Biologia unidade e diversidade* (Vol. 2). São Paulo: FTD.
- Gewandszajder, F. (2015). *Projeto Teláris – Ciências* (2a ed.). São Paulo: Ática.
- Giordan, A., & Vecchi, G. de (1996). *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre, RS: Artes Médicas.
- Gouvêa, G., & Oliveira, C. I. C. (2010). Memória e representação: imagens nos livros didáticos de física. *Ciências & Cognição*, 15(3), 069-083. Recuperado de http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000300008
- Gowdak, D., & Martins, E. (2015). *Ciências Novo Pensar* (2a ed.). São Paulo, SP: FTD.
- Hansen, L., & Monk, M. (2002). Brain development, structuring of learning and Science education: where are we now? A review of some recent research. *International Journal of Science Education*, 24(4), 343-356. <https://doi.org/10.1080/09500690110049105>
- Jiménez, J. de D; Prieto, R. H., & Perales, F. J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos en los libros de texto. *Revista Alambique*, 11, 1-6. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/39151558_Analises_de_los_modelos_y_los_grafismos_utilizados_en_los_libros_de_texto
- Linhares, S., Gewandszajder, F., & Pacca, H. (2016). *Biologia Hoje* (Vol 2, 3a ed.) São Paulo: Ática.
- Lopes, S. (2015). *Investigar e conhecer: Ciências da natureza*. São Paulo, SP: Saraiva.
- Lopes, S., & Rosso, S. (2016). *Bio* (Vol. 2, 3a ed.) São Paulo, SP: Saraiva.
- Macedo, E. (2004). A imagem da ciência: folheando um livro didático. *Educação & Sociedade*, 25(86), 103-129. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302004000100007>
- Martins, T. O. (2018). Relações entre epistemologia genética e as neurociências cognitivas: o construtivismo neuronal e suas abordagens em educação em ciências. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Recuperado de <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189613>
- Martins, T. O., & Eichler, M. L. (2019). Epistemología genética y la (in)visibilidad de los enfoques constructivistas en neurociencias. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 26(1), 115-140. <https://doi.org/10.17163/soph.n26.2019.03>
- Martins, T. O., Vieira, J., & Eichler, M. L. (2017). Representações de crianças sobre o pensamento e o funcionamento da mente e do cérebro. Em *Anais XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, SC*. Recuperado de <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=representa%F5es+de+crian%F7as>
- Mehlecke, C. de M., Eichler, M. L., Salgado, T. D. M., & Del Pino, J. C. (2012). A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 521-545. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5645619>
- Mendonça, V. L. (2016). *Biologia: os seres vivos* (Vol. 2, 3a ed.). São Paulo, SP: AJS.

- Mulinari, G., & Mohr, A. (2017). O tema corpo humano em livros didáticos de Biologia: distanciamentos e aproximações com os parâmetros curriculares nacionais do ensino médio. Em *Anais XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC. Recuperado de <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2004-1.pdf>
- Munakata, K. (2012). O livro didático: alguns temas de pesquisa. *Revista Brasileira de História da Educação*, 12(3) (30), 179-197. <https://doi.org/10.4322/rbhe.2013.008>
- Nascimento, T. G., & Martins, I. (2005). O texto de genética no livro didático de ciências: uma análise retórica crítica. *Investigação em Ensino de Ciências*, 10(2), 255-278. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/519/316>
- Neto, J. M., & Fracalanza, H. (2003). O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação (Bauru)*, 9(2), 147-157. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/01.pdf>
- Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684-690. <https://doi.org/10.1002/sce.1032>
- Niaz, M. (2005). Do general chemistry textbooks facilitate conceptual understanding? *Química Nova*, 28(2), 335-336. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200027>
- Ogo, M., & Godoy, L. (2016). *#Contato Biologia* (Vol. 2) São Paulo: Quinteto Editorial.
- Oliveira, M. dos S., & Carvalho, F. A. H. de (2017). Neurociências para estudantes: O livro didático e projetos de intervenção. *Revista Praxis Educacional*, 13(25), 251-272. <https://doi.org/10.22481/praxis.v13i25.963>
- Perales, F. J. (2019). ¿Cómo podemos ayudar a los maestros en formación a analizar los libros de texto de ciencias? UTE. *Revista de Ciències de l'Educació, Monogràfic*, 33-42. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2616>
- Piaget, J. (1973). *Psicologia e epistemologia: Por uma teoria do conhecimento*. Rio de Janeiro, RJ: Forense Universitária.
- Quartz, S. R., & Sejnowski, T. J. (1997). The neural basis of cognitive development: a constructivist manifesto. *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 537-596. <https://doi.org/10.1017/S0140525X97001581>
- Silva Júnior, C. da, Sasson, S., & Caldini Júnior, N. (2016). *Biologia* (Vol. 2, 12a ed.). São Paulo: Saraiva.
- Thompson, M., & Rios, E. P. (2016). *Conexões com a Biologia* (Vol. 2, 2a ed.). São Paulo: Moderna.
- Usberco, J., Martins, J. M., Schechtmann, E., Ferrer, L. C., & Velloso, H. M. (2015). *Companhia das ciências* (4a ed.). São Paulo, SP: Saraiva.

Recebido em: 22.12.2019

Aceito em: 18.08.2020