

Ensino de Química para alunos com deficiência visual: estudos sobre a formação de modelos mentais de compostos orgânicos

Teaching of Chemistry for the visually impaired: studies on the mental modeling of organic compounds

Claudio Roberto Machado Benite¹
Anna Maria Canavarro Benite²

RESUMO

É inegável a quantidade de informações que podem ser percebidas pela visão. Todavia, as várias formas de linguagem (falada, gestual, entre outras) acompanhadas do pensamento são fundamentais para a aprendizagem. Os alunos com deficiência visual interagem e aprendem como qualquer outro aluno, desde que sejam apresentados ao mundo objetivo, considerando sua especificidade. Esta investigação versa sobre o estudo do processo de formação de modelos mentais de estruturas moleculares de compostos orgânicos por um aluno com deficiência visual numa Instituição de Apoio ao ensino regular da Secretaria de Estado de Educação. Baseados nas ideias de Johnson-Laird, os resultados apontam que alunos com deficiência visual em sala de aula regular são capazes de construir seus modelos mentais, desde que seja considerada sua especificidade, representando analogicamente o conhecimento de forma coerente com conhecimentos produzidos e validados pela Ciência, podendo compreender a linguagem representacional da Química referente à nomenclatura de compostos orgânicos.

Palavras-chave: Ensino de Química. Deficiência visual. Modelos mentais.

ABSTRACT

There is no doubt about the amount of information that can be provided by sight, but the various forms of language (spoken, gestural etc.) combined with thought processes also contribute to learning. The visually impaired (VI) interact and learn as any other student, provided that they are submitted to the objective world considering their specificity. This research deals with the study of the process of formation of mental models of molecular structures of organic compounds by a visually impaired student in an Institution of Support to the regular education of the State Secretariat of Education. Based on Johnson-Laird's ideas, the results point out that students with visual impairments in the regular classroom can construct their mental models, provided their specificities are taken into account, analogically representing knowledge in a way consistent with the

1 Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão da Universidade Federal de Goiás. Doutor em Química e Mestre em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: claudiobenite@ufg.br.

2 Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão da Universidade Federal de Goiás. Doutora em Ciências e Mestrado em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: anna@ufg.br.

knowledge produced and validated by Science, being able to understand the representational language of Chemistry referring to the nomenclature of organic compounds.

Keywords: Chemistry teaching. Visual impairment. Mental models.

1. Introdução

Em aulas de Química contendo alunos com deficiência visual (DV), defendemos que o professor deve considerar sua especificidade buscando estratégias que possibilitem um melhor desempenho desses e dos demais alunos numa perspectiva inclusiva (BENITE et al., 2016; 2017a; 2017b). Pautados em Giordam (1999), acreditamos que o professor de Química deve criar alternativas que incitem os alunos, incluindo os com DV, à significação do mundo objetivo simulando a realidade situada, suscitando as conexões entre os elementos e as relações que podem corresponder aos análogos do fenômeno, aspecto característico do conhecimento químico. Essas simulações estimulam a elaboração de modelos mentais como representação da própria realidade científica.

Consideramos os modelos mentais como constructos representacionais – que trazem a essência do objeto ou situação estudada –, abstraídos de conceitos ou objetos do mundo real, análogos espacialmente e temporalmente às impressões sensoriais (MOREIRA, 1996). Baseado em Borges (1998), uma forma simplista de caracterizar um modelo mental é que “ele é um modelo que existe na mente de alguém” (p. 9). Assim, quando pensamos criamos modelos ingênuos em forma de imagens ou representações mentais da realidade e os internalizamos. À luz da teoria de Johnson-Laird (1983), a compreensão do discurso leva à criação de modelos mentais que são representações semelhantes ao resultado da percepção ou imaginação da situação observada, isto é, tais representações são constructos estruturados sintaticamente numa linguagem mental a partir de uma sentença analisada. Pautado em Johnson-Laird (1983), Moreira considera os modelos mentais como

representações analógicas, um tanto quanto abstraídas de conceitos, objetos ou eventos, que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo [e aí temos imagens!] e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento (MOREIRA, 1996, p. 194).

Nossa compreensão sobre um fenômeno ou estado das coisas nos permite criar um modelo funcional, possibilitando o desenvolvimento de habilidades para explicá-lo. Apesar de incompletos e instáveis, esses modelos são análogos aos fenômenos do mundo exterior e são construídos por meio da inserção cultural (ensino) ou na interação com o outro e com o mundo. Dessa forma, quanto maior o envolvimento e domínio do conhecimento de interesse do sujeito, maior a possibilidade de depurar os modelos iniciais, ou seja, no processo de ensino-aprendizagem, para que o sujeito aproxime seu modelo mental dos modelos científicos, é necessário um amplo conhecimento do assunto estudado (BORGES, 1998).

Segundo Johnson-Laird (1983), cada pessoa raciocina com modelos mentais que são como blocos de construção cognitivos, podendo ser combinados e recombina- dos conforme o necessário. Como qualquer outro modelo, eles representam o objeto ou situação em si. Uma de suas características mais importantes é que sua estrutura capta a essência (se parece analogicamente) dessa situação ou objeto (HAMPSON e MORRIS, 1996).

Os modelos mentais costumam ser limitados, tanto pela falta de experiência quanto pela falta de conhecimento aprofundado do sujeito, o que os diferencia dos modelos conceituais que são “representações precisas, consistentes e completas de sistemas físicos. São projetados como ferramentas para o entendimento ou para o ensino de sistemas físicos” (NORMAN, 1983 apud MOREIRA, 1996, p. 200). Já os modelos conceituais são construídos por pesquisadores e professores para facilitar o entendimento de algum sistema físico, e são usados no ensino para que os alunos possam criar seus modelos mentais mais adequados a partir do sistema físico exibido.

A seguir, apresentamos um estudo do processo de elaboração de modelos mentais de estruturas moleculares por um aluno DV nas aulas de funções orgânicas na escola regular. O estudo foi realizado numa Instituição de Apoio à escola regular, que oferece aulas de Química semanalmente pelos autores desta investigação, com o objetivo de discutir conteúdos a partir de experimentos, além de permitir que os DV manuseiem diferentes materiais. Nas aulas, os DV (A) são acompanhados por professores em formação inicial (PFI), continuada (PFC) e de apoio da instituição (PA), orientados por um professor formador (PF).

2. Metodologia

Essa investigação se caracteriza como um ciclo espiral da pesquisa-ação, pois nasce de uma necessidade da prática: ensinar Química para DV numa perspectiva inclusiva. No panorama da pesquisa-ação, os pesquisadores (PFC e PFI) se comprometem politicamente com o desenvolvimento do grupo no qual o estudo se instaura (ZEICHNER, 2002): os DV.

Nesse cenário, os pesquisadores (professores em formação) – que oferecem semanalmente aulas de apoio de Química desde 2009 –, são membros de um grupo que busca se engajar na realidade estudada, a fim de compreender sua própria percepção acerca da realidade vivenciada.

Enquanto pesquisa-ação, esta investigação se desenvolveu nas seguintes etapas: *planejamento* – elaboração conjunta (PF, PFI, PFC e PA) das aulas de apoio usando a experimentação como viés para o ensino de Química para DV; *ação e observação* – realização das aulas gravadas em áudio e vídeo; *reflexão teórica sobre a ação* – análise teórica conjunta (PF, PFC e PFI) das transcrições; *replanejamento* – planejamentos conjuntos das aulas cada vez mais ajustados às necessidades do coletivo.

As aulas ministradas servem como aulas de apoio ao ensino regular. Os DV frequentam a escola regular e no contraturno levam suas dúvidas e dificuldades para serem discutidas nas aulas de apoio. Vale ressaltar que o estudo apresentado a seguir é um recorte oportuno de uma aula de apoio (caracterizando um ciclo espiral da pesquisa-ação) em que se discutia, com sete alunos DV, o conteúdo de transformações químicas. PFI questionava-os sobre como imaginavam a representação química de uma molécula orgânica quando A6, que possui deficiência visual congênita, descreveu sua experiência com um professor de Química da escolar regular. Participaram dessa investigação: um PF, três PFI e A6.

3. Resultados e discussão

Afirmamos que átomos e moléculas são entidades reais, mas imperceptíveis aos sentidos. E como estudá-las? A seguir, apresentamos um extrato em que um dos

alunos DV (A6), que assistia a aula, fala sobre sua dificuldade de imaginar a estrutura de uma molécula (átomos e ligações químicas entre eles) nas aulas de Química Orgânica na escola.

PF: Quando você fala de molécula, como é que você a imagina?

A6: Lá na minha escola eu tinha dificuldades. Então, os antigos professores não tentavam criar outras formas de ensinar.

PFI: E que dificuldades você tinha?

A6: Por exemplo, na Química Orgânica a gente tem que construir as moléculas, juntar os átomos de carbono, hidrogênio por meio de ligações químicas...

PFI: As fórmulas estruturais, você quer dizer.

A6: Isso aí!

PF: A6, a Ciência/Química tem uma linguagem própria que a representa, uma linguagem simbólica. E como você entende as representações químicas, como as fórmulas estruturais da Química Orgânica?

A6: Eu sei que quatro carbonos com ligações simples entre si e as outras ligações simples com átomos de hidrogênio é um butano, porque “but” é de quatro carbonos, “an” de uma ligação simples e “o” de hidrocarboneto.

Independente da especificidade, levar o aluno a compreender o invisível não é tarefa fácil, como indagado por PF a A6. Assumimos que no ensino de Química Orgânica, as estruturas moleculares são modelos, formas de linguagem criadas pelos químicos a partir de sua compreensão, para representar as coisas do mundo. Assim,

[...] a correlação entre o comportamento dessas minúsculas partículas, que fazem parte do microcosmo e as propriedades das substâncias pertencentes ao sistema macroscópico foi e continua sendo um grande desafio da Ciência Química e, conseqüentemente, do ensino de Química. Como vencê-lo? (ROQUE e SILVA, 2008, p. 921).

Os químicos dispõem de várias formas de representar as moléculas. Na Química Orgânica, as moléculas são representadas por fórmulas estruturais que nos permitem entender os diferentes arranjos espaciais de seus átomos. Nesse sentido, os

professores geralmente utilizam da linguagem verbal e visual para ensinar tais estruturas, dificultando a aprendizagem dos DV. Com base em investigações (BENITE, A. e BENITE, C., 2013; GIBIN e FERREIRA, 2010; MARTINS et al., 2005) sobre o uso de modelos e imagens no ensino de Química, entendemos que

a interface imagética constitui um importante veículo para a comunicação das ideias, haja vista que símbolos, fotografias, figuras e esquemas são elementos essenciais na descrição e significação do conhecimento científico, que se caracteriza pela pluralidade nas formas de expressão (BENITE, A. e BENITE, C., 2013, p. 37).

Todavia, observamos na fala de A6 que uma das dificuldades em aprender funções orgânicas estava na falta de alternativas de acesso às informações necessárias para a construção das estruturas moleculares, como o desconhecimento sobre a Grafia Química Braille (GQB) por ele e por seus professores. Vale ressaltar que A6 aprendeu o alfabeto romano escrito em tinta por ter estudado em sala de aula regular, onde essa grafia é comumente usada, e por não ter profissionais na escola que trabalhassem com o Sistema Braille. Auxiliado nos estudos por familiares e amigos, suas avaliações na escola sempre foram diferenciadas dos demais alunos e realizadas, muitas das vezes, de forma oral. Diante desse cenário, A6 dispunha apenas de descrições em áudio (linguagem falada) referentes às estruturas moleculares (elementos químicos, tipos de ligação, geometria e normas para nomenclatura) disponibilizadas pelo professor para construí-las e nomeá-las, pois as estruturas desenhadas no quadro (imagem como linguagem não verbal) servem apenas como fonte de informações para videntes.

Segundo Gomes (2009, p. 239), “a educação escolar não é possível sem a definição e a imposição de um conjunto de regras que devem ser respeitadas”, e respeitar as regras pressupõe corroborar para que o professor atinja seu objetivo educacional: o ensino. Contudo, o professor deve considerar que, durante o ensino, os alunos estão em processo de construção, o que demanda a busca de estratégias que contribuam com a aprendizagem, considerando as peculiaridades dos alunos, contrapondo-se a atitudes impositivas e ao ensino por transmissão de conteúdos apenas de forma expositiva.

Durante a formação inicial de professores, admitimos que a sala de aula não é um espaço para aplicação de técnicas ou transmissão de conteúdos, mas de proble-

matização da ação, considerando a diversidade presente (neste caso, a presença de A6 na sala de aula regular), e estabelecendo novas relações conceituais que ultrapassam a percepção espontânea da prática docente.

Refletindo sobre as práticas pedagógicas dos professores de A6 – pautadas na transmissão de conteúdos (A6: “Lá na minha escola eu tinha dificuldades. Então, os antigos professores não tentavam criar outras formas de ensinar”) –, torna-se essencial que os PFI compreendam que o processo de conceitualizar deve ser entendido como “prática social dialógica (mediada pela palavra) e pedagógica (mediada pelo outro)” (SILVEIRA JR. et al., 2015, p. 650), pois a compreensão ocorre por meio da relação entre a palavra de quem fala e a contrapalavra (MACHADO, 1999). Além disso, se a imagem pode ser considerada como sistema de representação de conhecimentos, pensar numa sala de aula inclusiva leva o professor a buscar novos meios de dar significação a essas representações (BENITE, A. e BENITE, C., 2013), como as imagens em alto-relevo.

A partir de pesquisas que discutem a formação de modelos mentais como componente da aprendizagem (SOUZA, 2013; MOREIRA, 1996; GRECA E MOREIRA, 2002), assumimos que tais modelos contribuem para que qualquer sujeito, incluindo os DV, obtenha sucesso em seus estudos nas aulas de Química. Para se chegar a uma conclusão, a organização de ideias de qualquer indivíduo depende da construção de um ou mais modelos de acordo com premissas e conhecimentos gerais (JOHNSON-LAIRD, 1994). Inicialmente, o indivíduo faz a compreensão verbal, em seguida formula uma descrição coerente e, por fim, constrói seu modelo.

Partindo desse pressuposto, consideramos que o sujeito só compreende alguma coisa a partir do momento em que consegue explicá-la, como a estrutura da molécula de butano explicada por A6. Na construção de modelos mentais, o sujeito concatena o discurso a partir de seus conhecimentos, compreendendo-o, possibilitando a dedução para tomada de decisões na realização de atividades (JOHNSON-LAIRD, 1994). Ponderamos que os modelos mentais são estruturas cognitivas relacionadas à compreensão; então construir modelos mentais coerentes com as informações obtidas significa o entendimento sobre o assunto, processo esse que deve ser mediado pelo professor.

Didaticamente, a dinâmica de elaboração de modelos mentais se dá pela formação de imagens mentais que se complementam, formando uma estrutura cognitiva mais consistente (SOUZA, 2013), a partir de situações-problemas envolvendo o conceito a ser ensinado. Dessa forma, o modelo mental se torna

uma série de camadas imbricadas de imagens mentais, em que as camadas exteriores contêm completamente as camadas internas. Isto é, cada camada mais externa compartilha das mesmas propriedades que as camadas que ela contém e acrescenta outras [...] (SOUZA, 2013, p. 177).

Sem conhecer a GQB, o extrato a seguir mostra como A6 vislumbra as estruturas moleculares a partir das informações faladas pelo professor, com base nos conhecimentos convencionais de Química durante as aulas.

PF: E como você compreende a estrutura do butano? Assim, como você a imagina?

A6: Quando estou estudando o que o professor fala na sala, eu crio meus desenhos na cabeça e depois escrevo na máquina. E vou fazendo: os "c" dos carbonos do butano se assemelham ao "ç" do Braille.

PF: Como?

A6: "ç", aquele que faz assim [A6 descreve no ar o "ç"]. Daí coloco os ":" que são representados pelos pontos 2 e 5 no Braille, que equivale à ligação simples. Em seguida, outro "ç" e novamente os ":" até completar os quatro carbonos. Depois é só completar com as ligações simples e os "h" dos hidrogênios, que no Braille é representado pelos pontos 1, 2 e 5.

O pensamento acompanhado das várias formas de apresentação da linguagem (falada, escrita, gestual, entre outras) constitui o conhecimento, porém não existe neutralidade em qualquer tipo de conhecimento, visto que depende de quem o observa e do quê é observado. A partir das informações oferecidas sobre o problema (construção das fórmulas estruturais dos compostos orgânicos), e acompanhado pelo novo professor, A6 elabora suas imagens mentais (A6: "...eu crio meus desenhos na cabeça e depois os escrevo na máquina...") que se sobrepõem usando o recurso de substituir – quando necessário e possível –, os sinais da linguagem química visual

escrita em tinta pelos sinais do Braille até que a imagem final (modelo mental) fique próxima à imagem universal da respectiva estrutura.

Segundo A6, tal comportamento se deve à exigência feita pelo professor em atendimento às avaliações, por não conhecer a GQB e pela necessidade, segundo o professor, da proximidade do modelo universal proposto por essa Ciência: a fórmula estrutural. No caso do carbono, elemento fundamental da Química Orgânica representado pela letra “C”, sua substituição pelo “ç” do Braille foi para que a estrutura construída na máquina de escrever Braille se parecesse com a estrutura original da Química (Figura 1).

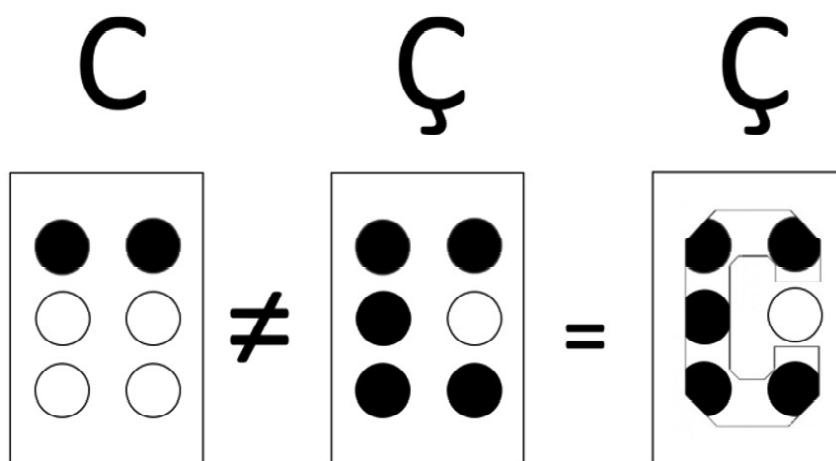


Figura 1: Comparação entre os sinais que representam a letra “c” e o “ç” no alfabeto Braille. Ao ligar os pontos do “ç” usados por A6, podemos identificar o grafema “c” do alfabeto oficial usado na linguagem química para representar o elemento carbono.

Pautados em Souza (2013), o problema da formação dos modelos mentais pelos alunos está no ensino, pois na maior parte das vezes os professores “não sabem que estão promovendo a formação de modelos mentais, porque não sabem nem o que são ou como se formam tais modelos. Resulta que muitos dos modelos mentais formados em sala de aula são incoerentes do ponto de vista científico” (SOUZA, 2013, p. 171).

Diante disso, ressaltamos alguns equívocos cometidos por A6 visando a aproximação com a representação convencional da molécula escrita em tinta exigida pelo professor, como: a troca do "C" (46 14) do Carbono pelo "ç" (12346) e do "H" (46 125) do Hidrogênio pelo "h" (125), sem mencionar a necessidade das representações em maiúsculas (46); e nas ligações simples horizontais usando os pontos (25) no lugar do (52).

Apesar do discurso do professor contribuir para que A6 fizesse uma interpretação imagética da molécula em conformidade com o modelo universal da Química, os equívocos presentes na representação das estruturas criadas nos levam a reconhecer a necessidade do conhecimento da GQB durante a formação de professores, objetivando a normatização dessas representações para o público em questão.

Os modelos mentais são constructos da percepção e da imaginação formados a partir do discurso, sendo aprimorado pelo aprendiz no processo sociocognitivo a partir da compreensão dos conhecimentos escolares (JOHNSON-LAIRD, 1983; JOHNSON-LAIRD & GARNHAM, 1980). Ou seja, um modelo mental corresponde à representação do discurso. Aqui, consideramos que as percepções feitas por A6 foram por meio da audição (nas informações disponibilizadas pelo professor) e que os objetos observados e seus estados são os constructos da Ciência/Química (estruturas moleculares de compostos orgânicos), que serviram de ferramenta para a construção de significados a partir do modelo elaborado.

Diante de tal reflexão, nos baseamos em Machado (1999) para argumentar que "o processo de internalização implica uma reconstrução individual das formas de ação realizadas no plano subjetivo, reconstrução essa que permite uma contínua e dinâmica configuração do funcionamento individual" (p. 52). Nesse cenário, independente de sua especificidade, o indivíduo aprende e organiza seus "próprios processos mentais e suas ações por meio de palavras e outros recursos" (p. 52), mediados pelo professor, considerando a heterogeneidade de sua sala de aula.

Segundo Johnson-Laird (1983), um estado de coisas específico é representado num modelo mental a partir de elementos (tokens) e suas relações, que são estruturados coerentemente de acordo com sua necessidade de uso. No modelo criado por

A6 para a molécula de butano, os “ç”, os “:” e os “h” são os elementos básicos (tokens) que – organizados entre si (suas relações) –, formam um conjunto com propriedades abstratas que representa o estado da coisa, neste caso, a cadeia carbônica principal de um hidrocarboneto. A partir daí, esse conjunto de elementos serviu de base para a elaboração de novas estruturas (compostos ramificados), como é caso do 2-metil-butano apresentado no extrato a seguir.

PF: E as estruturas que possuem ramificação, por exemplo: o 2-metil-butano?

A6: Quando é ramificação, eu faço a estrutura que falei. Só que no lugar do hidrogênio ligado ao segundo carbono boto um “;” que é representado pelos pontos 2 e 3 no Braille, que fica tipo uma linhazinha para baixo do carbono 2 e coloco outro “ç” completando com as ligações simples e os “h” dos hidrogênios, como falei antes.

PF1: Alguém te orientou ou te ajudou a criar esses símbolos? Ou foi você mesmo?

A6: Eu mesmo vou criando para provar que para toda dificuldade tem uma solução.

PF: Entendi! E a função álcool, você sabe?

A6: O etanol, por exemplo, tem dois carbonos, tem as ligações simples entre si, cinco hidrogênios e a hidroxila, o “OH” que dá o “ol” no nome, que é a função. E vou colocando... os “ç” com os “:”, daí nesse “ç” aqui [descreve no ar o segundo carbono da cadeia] eu boto os “:” e um “O” de oxigênio, e nesse “O” outro “:” e depois o “H”, ligado ao “O”. Uma molécula que ainda não conheço, eu invento lá na hora, penso lá na hora e vai.

A linguagem é constitutiva de qualquer sujeito quando este interage com o outro, se completando e se construindo continuamente nas suas práticas discursivas (SENA, 2011). Em nossos resultados, verificamos como A6 fez para entender a molécula de butano e do 2-metil-butano a partir de um conjunto determinado de descrições sobre a sua composição, apresentado pelo professor por meio da verbalização detalhada. Assim, consideramos que um diálogo bem estabelecido pelo professor pode possibilitar o compartilhamento consensual de ideias, elevando o nível de compreensão dos conhecimentos prévios dos alunos, neste caso, sobre a construção de cadeias carbônicas (MACHADO, 1999) a partir da interpretação imagética feita por A6 das moléculas citadas anteriormente.

Contudo, assumimos que um modelo mental de um conceito, que muitas das vezes descrevem os estados das coisas, deve representar a sua essência, ou seja, para que as estruturas de A6 estivessem em conformidade com a linguagem universal da Química, seria necessário o uso da GQB. Neste sentido, o desconhecimento da GQB levou A6 a buscar – como recurso para a representação de seus modelos mentais –, a escrita Braille que, pautados em Griffin e Gerber (1999, p. 5), é “um sistema de pontos perceptíveis pelo tato que representam os elementos da linguagem”. O Sistema Braille é composto por

seis pontos, numerados de cima para baixo, da esquerda para a direita, e agrupados em duas colunas ou em três linhas. Permite a formação de 64 símbolos, já que alguns estudiosos consideram o espaço em branco como um sinal. Denominam-se símbolos simples aqueles formados em uma única cela e compostos aqueles formados com mais de uma cela: duplos, duas celas, triplos, três, quádruplos, quatro etc. O conjunto matricial a partir do qual se formam os símbolos 123456 [todos os pontos da cela] denomina-se sinal fundamental. O espaço ocupado por este ou por quaisquer outros símbolos Braille denomina-se cela ou célula Braille. Os símbolos do Sistema Braille estão organizados em uma sequência que se denomina ordem Braille e estão divididos em sete séries (MORAES, 2013, p. 4).

Na elaboração do modelo mental referente à molécula de butano, A6 utiliza os “ç” para representar os quatro carbonos da cadeia: para as ligações simples os “:” e para os hidrogênios o próprio “h”. Com base nas descrições feitas por A6, reproduzimos as moléculas de butano (Figura 2) e 2-metil-butano (Figura 3) para análise.

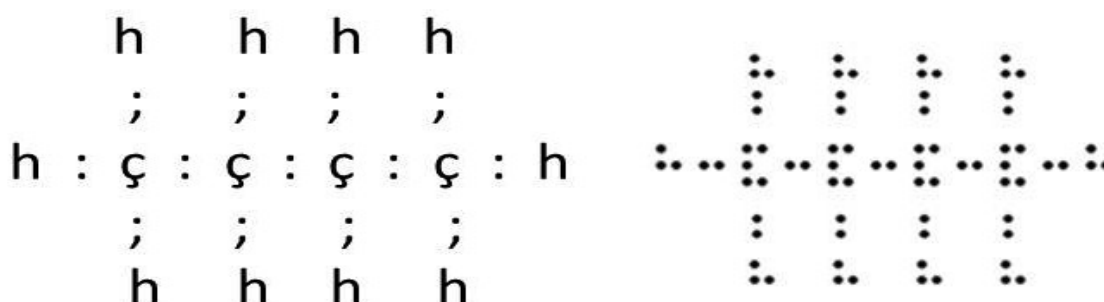


Figura 2: Modelo mental da molécula de butano e sua representação em Braille.

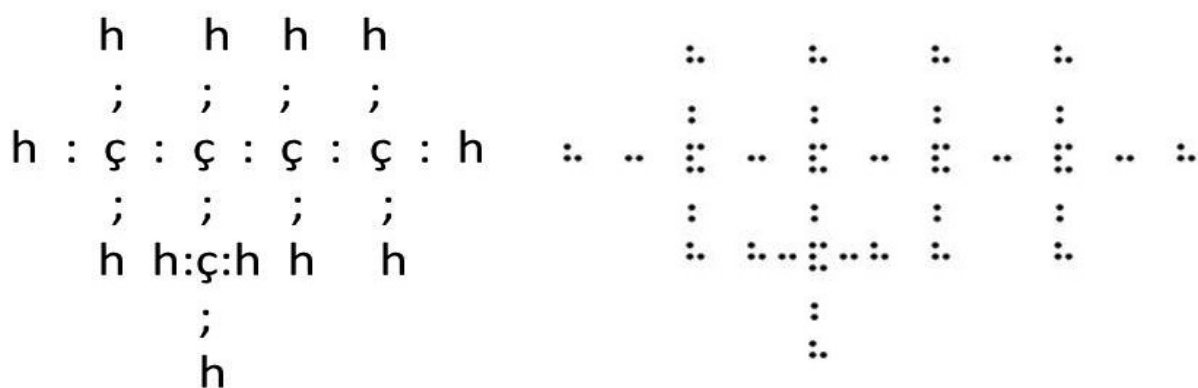


Figura 3: Modelo mental da molécula de 2-metil-butano e sua representação em Braille.

Os modelos criados por A6 possuem representações que divergem da GQB e das representações aceitas pela comunidade científica: os símbolos que representam os elementos químicos são escritos com letras minúsculas; e o uso dos ":" e do ";" simbolizam as ligações simples entre carbonos da cadeia principal e entre carbonos e hidrogênios, respectivamente. Segundo Johnson-Laird (1983), os modelos mentais podem apresentar problemas, como a presença de elementos desnecessários e errôneos. Neste caso, pesquisar a elaboração desses modelos é fundamental para a sua compreensão e elaboração de pressupostos que contribuam para a orientação de futuros professores, que atuarão junto a esses sujeitos.

Quanto ao uso da grafia Braille, esta é essencial para os DV, pois permite acesso a determinadas informações culturais a partir da atividade de leitura e escrita. Segundo Resende e Resende Filho (2012), deveríamos pensar na possibilidade de inserir a disciplina Braille na matriz curricular do Ensino Fundamental da Educação Básica, argumentando que o ensino para criança sem deficiência visual pode facultar seu "enriquecimento cognitivo e pessoal com a aquisição de um novo meio de comunicação e a valorização da diversidade humana" (p. 4).

A alfabetização de pessoas com deficiência visual se inicia com o "pré-Braille", que é o desenvolvimento da capacidade de precisão e coordenação da movimentação dos dedos por meio da consonância do sistema tátil (o que se sente) com o sistema háptico (interpretação dos músculos e outros sistemas de reconhecimento do que se

sente). Tais exercícios contribuem tanto para a leitura quanto para a escrita Braille, e esta segunda pode ser feita por meio do reglete ou da máquina de escrita Braille (MOSQUERA, 2010).

Atualmente, a Secretaria de Educação Continuada – Alfabetização, Diversidade e Inclusão do Ministério da Educação –, disponibiliza a Grafia Química Braille para uso no Brasil, que

normatiza a representação de todos os símbolos empregados pela Química, suas entidades em diferentes posições, diagramas, notações específicas, figuras e estruturas, com o intuito de garantir aos alunos e professores com deficiência visual, o acesso aos textos específicos desta área (BRASIL, 2011, p. 5).

Não obstante, se a concepção de educação inclusiva é inserir a todos na sala de aula regular com possibilidades reais de aprendizado, o professor deve pensar em propostas pedagógicas que atendam as necessidades de todos, pois atender apenas um grupo é admitir a exclusão. Mas será que a formação oferecida pelos cursos de licenciatura aos professores que já atuam na escola, os qualifica para essa nova proposta educacional?

Lembramos os PFI que atender às peculiaridades dos alunos na sala de aula regular não é propor atividades específicas a cada especificidade; é possibilitar que todos participem das mesmas atividades desenvolvendo suas potencialidades. Neste sentido, o uso individual da GQB em Instituições de Apoio é de fundamental importância para o DV, entretanto o uso na sala de aula regular pode se tornar uma barreira pela falta de formação específica do professor e dos demais alunos videntes, que ocupam o mesmo espaço para leitura e escrita nesse sistema.

Diante de tal situação, nossos resultados apontam que por falta de formação adequada, mas preocupado em não excluir A6, o professor deu ênfase ao “movimento discursivo enfocando os processos de enunciação como lugar de construção de conhecimento e produção de sentido” (MACHADO, 1999, p. 72). Isto é, a linguagem química mediada pelo professor constituiu o sujeito e suas relações, permitindo-o desenvolver habilidades para a criação de modelos mentais, que se estabelecem “à medida que ouve e se apropria de suas palavras e discursos tornando-os, em parte, suas próprias palavras” (SENA, 2011, p. 39).

Respaldados nas ideias de Johnson-Laird (1983), defendemos que o sujeito que recebe informações bem determinadas é capaz de construir seu modelo mental, representando analogicamente o conhecimento, ou seja, “existe uma correspondência direta entre entidades e relações presentes na estrutura dessa representação, e as entidades e relações que se busca representar” (MOREIRA, 1996, p. 196). Nesse sentido, o modelo criado por A6 nos permitiu compreender como ele organiza e integra as informações provenientes de outros sentidos, neste caso a audição, construindo as representações das moléculas de butano e 2-metil-butano a partir de uma perspectiva analogicamente representativa, sem depender das informações visuais, permitindo-nos ressaltar a importância do papel da linguagem falada e do pensamento nessa organização.

Segundo Moreira (1996, p. 201), “o professor ensina modelos conceituais e espera que o aprendiz construa modelos mentais consistentes com esses modelos conceituais que, por sua vez, devem ser consistentes com os sistemas físicos modelados”. No geral, os modelos conceituais são ferramentas construídas por especialistas (professores formadores e pesquisadores) para auxiliar no entendimento de sistemas físicos ou estados das coisas, representando-os de forma consistente.

Assim, alertamos os PFI que se a aprendizagem se configura na coerência existente entre o modelo mental construído pelo aluno e o discurso com base científica do professor, é necessário que exista consenso no diálogo entre o professor e o aluno DV, o que pode ser identificado no extrato a seguir.

PF: Agora você me deixou curioso: como você dialoga com o seu professor, já que você cria modelos para entender os modelos da Ciência/Química, que é uma linguagem universal?

A6: Eu sento com ele e mostro como é que o esquema funciona na minha cabeça. Quando eu mostro na folha, ele sabe qual símbolo representa o quê.

PF1: E como você sabe que aprendeu? Que toda essa construção está de acordo com o conteúdo ensinado pelo professor?

A6: Eu penso muito antes de escrever. Enquanto o professor vai explicando, eu já vou enxergando. Primeiro eu prefiro fazer do meu jeito, que eu entendo. Depois eu

mostro para o professor e comparamos com o que ele usa para ver se é a mesma coisa [...] mesmo que esteja escrito diferente do modo que ele ensina, eu ainda continuo usando para estudar, porque é a forma que eu entendo.

PF: E como você faz nas avaliações?

A6: Ah! Depois que entendo do meu jeito, e o professor confere comigo, eu aprendo do jeito que ele ensina para usar numa prova, avaliação, onde precisar.

Ao participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem, A6 relata que após construir seus modelos, apresenta-os ao professor visando testar suas conclusões quanto à aproximação dos modelos conceituais discutidos durante a aula. Embasados na teoria de Johnson-Laird (1983), admitimos que esse é um aspecto essencial no raciocínio por meio de modelos, pois ressalta a habilidade do aluno em testar suas inferências a partir do modelo construído. Nossos resultados demonstram que a construção dos modelos mentais por A6 é mais uma habilidade prática (dedução) do que uma habilidade abstrata; isto é o que o diferencia de um pesquisador que possui mais conhecimento e experiência para manipular e falsificar modelos mentais mais complexos.

Com base nos princípios de Johnson-Laird (MOREIRA, 1996, p. 202-204), que determinam a natureza e moderam os modelos mentais, podemos caracterizar os modelos criados por A6:

1. Princípio da computabilidade: os modelos mentais têm que ser descritos na forma de procedimentos efetivos, sendo possível sua execução por uma máquina. As representações dos modelos criados por A6 das fórmulas estruturais dos compostos orgânicos – durante as aulas para apresentação ao professor –, buscando a aproximação com os modelos conceituais criados pela Ciência, são feitas em máquinas de escrever Braille parecidas com as antigas máquinas de escrever. Com os avanços tecnológicos atuais, o Braille já pode ser produzido por meio de computador, como é o caso do Programa Braille Fácil,³ composto de editor de texto, pré-visualizador de impressão, simulador de teclado, entre outras funções.

3 Com direitos autorais pertencentes ao Instituto Benjamin Constant (IBC).

2. Princípio da finitude: os modelos mentais são finitos em tamanho não podendo caracterizar a representação direta de um domínio infinito. Os tamanhos das moléculas criadas por A6 são definidos pelas quantidades de átomos presentes nas estruturas de seus modelos mentais, a partir das informações estabelecidas pela Ciência. Assim, na molécula de butano o tamanho do modelo é definido por C_4H_{10} , uma quantidade finita de átomos ligados entre si.

3. Princípio do construtivismo: os modelos mentais são construídos a partir de “tokens”, que são elementos básicos organizados para representar o estado de coisas. Chamamos de “tokens” os diferentes átomos (carbono, hidrogênio, entre outros) e ligações (simples, duplas ou triplas) que compõem e caracterizam os modelos criados por A6, pautados nas estruturas moleculares dos compostos orgânicos e apresentados pelo professor em sala de aula.

4. Princípio da economia: mesmo com descrições incompletas, o modelo mental pode representar um único estado de coisas ou infinitos estados pela sua revisão recursiva, que é construída a partir do discurso. É por meio do diálogo com o professor sobre como os átomos interagem entre si formando os compostos, e como estes são representados pela Ciência para auxiliar no ensino que A6 revisa seu modelo mental buscando o aprimoramento e sua aproximação com o modelo original (modelo conceitual) apresentado em sala de aula pelo professor.

Segundo Souza et al. (2006, p. 8), os modelos usados para ensinar Ciências podem ser definidos como “representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia que é produzida com propósitos específicos, como facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas ideias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões” sobre as propriedades e comportamentos dos sistemas modelados. Desta forma, a cada nova asserção do professor sobre as estruturas dos compostos orgânicos ensinados, A6 constrói e revisa seus modelos aproximando-os dos modelos construídos para o ensino de Química Orgânica.

5. Princípio da não-indeterminação: os modelos mentais podem ficar indecisos ou descaracterizados como tal, caso haja o excesso de indeterminações levando-o ao aumento intratável da quantidade de possíveis interpretações. A representação inicial criada por A6 na escrita Braille, e negociada com o professor, permite a quanti-

dade certa de revisões e informações necessárias para que o modelo permita interpretações corretas e contribua para a aprendizagem. Vale ressaltar que na elaboração de modelos mentais, o diálogo pormenorizado entre professor e aluno é fundamental para que não haja excesso de informações para interpretações errôneas.

6. Princípio da predicabilidade: dois predicados podem ser aplicáveis a todos os termos relacionados ao estado da coisa, desde que haja interseção no âmbito da aplicação. O modelo mental criado por A6 para a molécula de butano, por exemplo, pode ser usado pelo professor para ensinar a classificação da grande variedade de cadeias carbônicas existentes na Química Orgânica, como: quanto à disposição da cadeia – acíclica; quanto à disposição dos átomos – normal; quanto aos tipos de ligação – saturada, entre outros. Ou seja, todas essas propriedades características são aplicáveis ao mesmo tempo e inerentes à molécula de butano.

7. Princípio do inatismo: todos os primitivos conceituais estão submetidos à nossa percepção e habilidade de representar o mundo. Johnson-Laird (1983) defende que os conceitos podem ser apreendidos partindo tanto dos primitivos conceituais inatos quanto dos conceitos prévios adquiridos com o tempo pelo indivíduo. Em seguida, são acionados os primitivos procedimentais que se referem à habilidade de se construir um modelo mental a partir das percepções. Diante de sua especificidade, a pluralidade de experiências (as várias discussões para elaboração e aperfeiçoamento dos modelos mentais criados por A6) oferecidas pelo professor permite que A6 amplie sua habilidade de compreensão e interpretação do discurso, estimulando seu comportamento exploratório (SÁ et al., 2007), contribuindo para a elaboração de modelos mentais e, conseqüentemente, a aprendizagem do conteúdo ensinado.

8. Princípio do número finito de primitivos conceituais: há um conjunto finito de ideias conceituais originais resultando num conjunto conveniente de campos semânticos e outro conjunto finito de conceitos, chamados de operadores semânticos, utilizados na elaboração de conceitos mais complexos pautados nos primitivos subjacentes. Um campo semântico pode ser considerado como uma quantidade de termos que partilham, no cerne de seus significados, um conceito comum. Já os operadores semânticos fornecem nossa concepção sobre as relações que são específicas do objeto.

Nos modelos criados por A6, as fórmulas estruturais do butano e do 2-metil-butano são exemplos de um campo semântico, pois correspondem ao mesmo tipo de cadeia carbônica principal e compartilham do mesmo grupo de moléculas. O grupo funcional é o operador semântico, pois possui regras específicas que permitem a relação entre os átomos que compõem as estruturas dos diversos compostos, dispondo-os numa mesma função, neste caso, o butano e o 2-metil-butano são estruturas diferentes, porém do mesmo grupo funcional: os hidrocarbonetos.

9. Princípio da identidade estrutural: na elaboração do modelo mental, as estruturas e suas disposições têm papéis simbólicos (com funções e significados) nas suas representações, devendo ser análogas às dos estados das coisas. Nos modelos criados por A6 para representar as moléculas de butano e 2-metil-butano, o “ç”, os “:” e o “;” são usados por seus símbolos na máquina de escrever Braille por serem semelhantes ao “C” do átomo de carbono, ao “|” da ligação simples na posição vertical e ao “-” da ligação simples na posição horizontal, respectivamente, para que o professor possa visualizar uma estrutura análoga à estrutura construída pela Ciência (Figura 4). Entretanto, como o Sistema Braille é representado por seis pontos dispostos em duas colunas e três linhas, nenhum símbolo é análogo à letra “H”, sendo representado por A6 pela letra “h” do Sistema Braille (Figura 4).

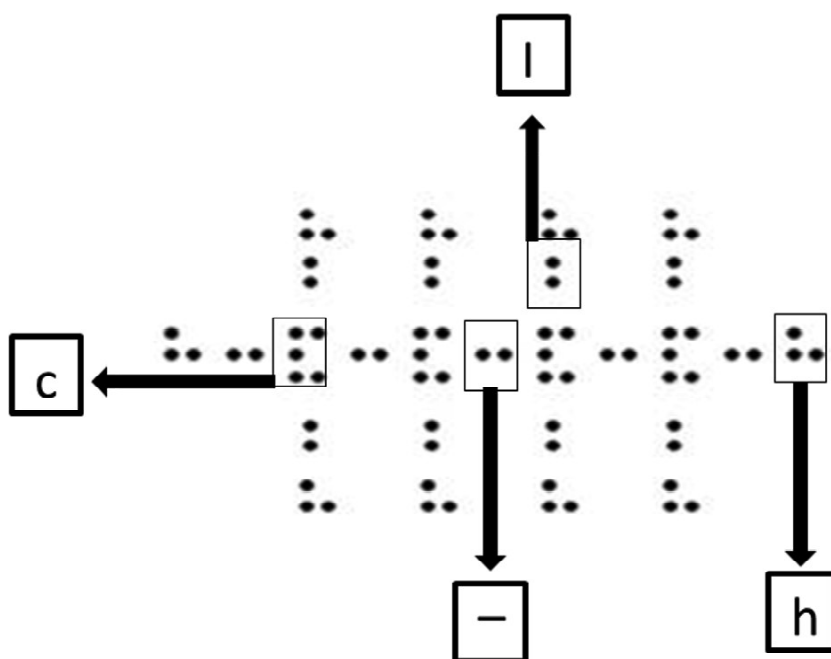


Figura 4: Símbolos do Sistema Braille usados por A6 análogos aos símbolos da Ciência.

A partir dos princípios apresentados, sustentamos que os modelos mentais estão limitados pela estrutura dos estados das coisas por serem análogos estruturais do mundo (JOHNSON-LAIRD, 1994). Nessa perspectiva, para que o DV aprenda Química, precisamos pensar em atividades que possam explorar os dados sensoriais conjugados ao discurso, permitindo-o identificar e descrever os objetos de estudo (BENITE et al, 2017b), estabelecer distinções entre eles e, com base numa educação formal, compreender conhecimentos cada vez mais complexos sobre as propriedades, transformações e constituição dos materiais e das substâncias, foco de estudos da Química (BRASIL, 2006).

4. Conclusão

No estudo da Química, Ciência que faz uso extensivo de modelos para representar suas entidades abstratas, que são idealizadas do mundo real, é necessário que os alunos aprendam sua linguagem a partir de experiências que os permitam observar e representar aquilo que é invisível aos nossos olhos. A criação de modelos mentais orientada pelo professor torna-se uma alternativa para que o aluno, independente de sua especificidade, compreenda essa linguagem e a represente de forma coerente com os conhecimentos produzidos e validados pela comunidade científica. Para isso é fundamental a interação professor-aluno, considerando a heterogeneidade de sala de aula, levando os aprendizes à elaboração de imagens mentais que contribuam para a construção de um modelo mental potente, mais próximo da representação da Ciência, permitindo-os o acesso à cultura e respeitando suas subjetividades.

Vale ressaltar que no ensino de Química para DV já encontramos disponíveis a Grafia Química e textos em Braille, além de modelos em alto-relevo e experimentos com materiais transformados (equipamentos vocalizados) que podem contribuir com a percepção global do DV, orientados pelo discurso do professor.

REFERÊNCIAS

- BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. Ensino de Química e surdez: análise da produção imagética sobre transgênicos. *Journal of Science Education, Bogotá*, Special Issue, v. 14, p. 37-39, 2013.
- _____, C. R. M.; _____, A. M. C.; BONOMO, F. A. F. et al. A experimentação no Ensino de Química para deficientes visuais com o uso de tecnologia assistiva: o termômetro vocalizado. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 245-249, 2017a.
- BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C.; _____, F. A. F. et al. Observação inclusiva: o uso da tecnologia assistiva na experimentação no ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, Mato Grosso, v. 12, n. 2, p. 94-103, 2017b.
- BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C.; MORAIS, W. C. S. de. et al. Estudos sobre o uso de tecnologia assistiva no ensino de Química. Em foco: a experimentação. *Itinerarius Reflectionis*, Jataí, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2016.
- BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Santa Catarina, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Grafia Química Braille para uso no Brasil*. Brasília: MEC/SEES, 2011.
- _____. Ministério da Educação. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.
- GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A formação inicial em Química baseada em conceitos representativos por meio de modelos mentais. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 10, 1999.
- GOMES, C. A. Poder, autoridade e liderança institucional na escolar e na sala de aula: perspectivas sociológicas clássicas. *Revista Ensaio: avaliação e políticas públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 63, p. 235-262, 2009.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 32-53, 2002.

GRIFIN, H.; GERBER, P. Desenvolvimento tátil e suas implicações na educação de crianças cegas. *Revista Brasileira para Cegos*. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant, 1999.

HAMPSON, P. J.; MORRIS, P. E. *Understanding cognition*. Cambridge, Mass.: Blackwell, 1996.

JOHNSON-LAIRD, P.; GARNHAM, A. Descriptions and discourse models. *Linguistics and Philosophy*, New York, v. 3, p. 371-393, 1980.

_____. *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

_____. Mental models and probabilistic thinking. *Cognition*, Houston, v. 50, p. 189-209, 1994.

MACHADO, A. H. *Aula de Química: discurso e conhecimento*. Ijuí: Unijuí, 1999.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, Campinas, v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005.

MORAES, R. M. C. Braille e dêixis espacial: a importância da noção espacial no processo de ensino-aprendizagem do Sistema Braille por pessoas com cegueira adquirida. *Revista Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, v. 56, 2013.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOSQUERA, C. F. F. *Deficiência visual na escola inclusiva*. Curitiba: Ibpx, 2010.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Org.). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 6-14, 1983.

RESENDE, A. R. de; RESENDE FILHO, J. B. M. Inserção de disciplinas de Braille na grade curricular do Ensino Fundamental da educação básica. *Revista Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, v. 53, p. 1-13, 2012.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem Química e o ensino de Química Orgânica. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

SÁ, E. D.; CAMPOS, I. M.; SILVA, M. B. C. *Formação continuada a distância de professores para o Atendimento Educacional Especializado. Deficiência visual*. Brasília, DF: SEESP/SEED/MEC, 2007.

SENA, C. P. P. A mediação no processo de construção e representação de conhecimentos em deficientes visuais. *Ciências & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 35-48, 2011.

SILVEIRA JR., C. da; LIMA, M. E. C. de C.; MACHADO, A. H. Leitura em sala de aula de Ciências como uma prática social dialógica e pedagógica. *Revista Ensaio*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 633-656, 2015.

SOUZA, E. S. R. A formação de modelos mentais na sala de aula. *Revista Exitus*, Santa-rém, v. 3, n. 1, p. 169-184, 2013.

_____, V. C. de A.; JUSTI, R. da S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006.

ZEICHNER, K. M. A pesquisa-ação e a formação docente voltada para a justiça social: um estudo de caso dos Estados Unidos. In: DINIZ-PEREIRA, J. E.; ZEICHNER, K. M. (Org.). *A pesquisa na formação e no trabalho docente*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

Recebido em: 10.5.2017

Reformulado em: 28.11.2017

Aprovado em: 9.1.2018