

REDEQUIM

Revista Debates em Ensino de Química

06

OS RECURSOS VISUAIS UTILIZADOS PELOS LIVROS DIDÁTICOS NA ABORDAGEM DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS: UMA AVALIAÇÃO QUANTO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA E AO GRAU DE ICONICIDADE

THE VISUAL RESOURCES USED BY TEXTBOOKS IN THE TEACHING OF CHEMICAL BONDS: AN EVALUATION FOR DIDACTIC SEQUENCE AND THE LEVEL OF ICONICITY

Maurícus Selvero Pazinato¹

Renata Texeira Gomes de Freitas¹

Mara E. Fortes Braibante²

Ana Carolina Gomes Miranda²

(mauriciuspazinato@gmail.com)

1. Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

2. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Maurícus Selvero Pazinato: formado em Licenciatura em Química e mestre em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente é professor da Universidade Federal do Pampa e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFSM.

Renata Texeira Gomes de Freitas: acadêmica do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Dom Pedrito.

Mara Elisa Fortes Braibante: graduada em Licenciatura em Química pela Universidade de Santa Maria e doutora em Ciências (Química Orgânica) pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente, é professora titular no Departamento de Química da UFSM e orientadora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFSM.

Ana Carolina Gomes Miranda: formada em Licenciatura em Química e mestre em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFSM.



RESUMO

A presente pesquisa realizou uma análise das fotografias, desenhos, diagramas, esquemas, gráficos e tabelas encontrados nos capítulos referentes às ligações químicas das obras indicadas pelo Programa Nacional do Livro Didático - PNLD (2015-2017). As categorias analisadas foram iconicidade e sequência didática, propostas por Perales e Jiménez (2002). Os resultados encontrados sugerem diferenças entre as obras e alertam para o cuidado que autores e professores devem ter ao empregarem certos tipos de imagens durante a abordagem das ligações químicas. Algumas semelhanças entre as obras foram encontradas, como grande número de imagens utilizadas para definir conceitos, além de muitos recursos do tipo fotografia, empregados para criar contextos, bem como desenhos esquemáticos, os quais necessitam a interpretação de símbolos e normas específicas da Química.

Palavras-Chave: ligação química, livro didático, iconicidade, sequência didática.

ABSTRACT

This study carried out an analysis of photographs, drawings, diagrams, schemes, graphics and tables found in the chapters related to the chemical bonds content from the Chemistry textbooks approved by the Programa Nacional do Livro Didático - PNLD (2015-2017). The categories analyzed were iconicity and didactic sequence proposed by Perales and Jiménez (2002). The results suggest differences between the textbooks and warn of the care that authors and teachers should have to employ certain types of visual resources during the teaching of the chemical bonds. Some similarities between the textbooks were found, as a large number of images used to define concepts, many photographs used to create contexts and schematic drawings which need the interpretation of symbols and specific rules of Chemistry.

Keywords: chemical bond, textbook, iconicity, didactic sequence.



1 INTRODUÇÃO

O estudo das ligações químicas deve possibilitar aos alunos a compreensão do que ocorre no mundo físico e químico, para que eles possam interpretar com fundamentos fatos do seu cotidiano. Algumas pesquisas da área de ensino de Química alertam para as dificuldades do ensino e aprendizagem desse conteúdo no nível médio. Em termos gerais, os resultados mostram que os estudantes:

- não compreendem a natureza dos diferentes tipos de ligação química. Para eles a ligação iônica ocorre devido à transferência de elétrons, a ligação covalente pelo compartilhamento de elétrons e a metálica pela transferência ou compartilhamento de elétrons (DE POSADA, 1999; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006; MENDONÇA, 2008);
- não possuem modelos condizentes com os aceitos cientificamente, que os permitam entender os conceitos abstratos desse tópico (CARVALHO; JUSTI, 2005; MENDONÇA, 2008; LIMA; NÚÑEZ, 2012);
- não relacionam os aspectos macroscópicos e as propriedades dos compostos com a representação submicroscópica referente às ligações químicas (COLL; TREAGUST, 2003).

Essas pesquisas revelam que a aprendizagem das ligações químicas não tem ocorrido de maneira eficiente. Além disso, é notável que este tópico possui capacidade de gerar concepções alternativas aos modelos científicos, o que muitas vezes é atribuído à sua complexidade e abstração. Neste contexto, este conteúdo exige do professor um cuidado durante o seu desenvolvimento em sala de aula, principalmente no que se refere à abordagem das teorias, leis e modelos, desta forma, precavendo a distorção de conceitos.

Uma das alternativas que pode minimizar as dificuldades destacadas pela literatura no processo de ensino e aprendizagem das ligações químicas é a utilização de recursos visuais. A imagem é vista como uma forma de comunicação que conquistou seu espaço em diferentes contextos de ensino (KIILL, 2009). Para Johnson-Laird (1983), as imagens constituem visualizações internas de um modelo, ou seja, são visualizações mentais que o sujeito utiliza para compreender o mundo. Além disso, elas podem auxiliar na compreensão de conceitos abstratos e desenvolver a habilidade de transitar entre os níveis de representação da matéria.

Os recursos visuais fazem parte da História da Química. Na época dos alquimistas, um conjunto de códigos foi elaborado e utilizado para as primeiras representações dos símbolos químicos, sendo, por exemplo, o do aquecimento utilizado até hoje (MAAR, 2008). Apesar de sua importância durante o desenvolvimento científico, os recursos visuais não são prioridade na educação básica ou superior, pois geralmente o conhecimento científico é expresso por meio da linguagem escrita.

Sobretudo para a Química, a utilização de imagens no ensino pode desenvolver a habilidade de interpretar um fenômeno a nível atômico-molecular. Conforme Kiill (2009), fazer com que os estudantes entendam os fenômenos químicos na perspectiva do arranjo e movimento de moléculas e átomos é um dos principais objetivos do ensino de Química. Esse propósito poderá ser favorecido por meio do emprego de recursos visuais em materiais didáticos e durante o desenvolvimento dos tópicos em sala de aula.

Sabe-se que no contexto escolar, o livro didático (LD) ocupa um papel central no processo de ensino e aprendizagem, pois tanto professores quanto alunos utilizam textos, exercícios, bem como recursos visuais apresentados por esses materiais (SILVA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2013; KIILL, 2009). A partir disso, o foco deste trabalho são os recursos visuais utilizados nos capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas dos LD aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2015-2017).

Perales e Jiménez (2002) realizaram um levantamento das principais funções das imagens nos LD, dentre as quais apontam:

- Ilustrar os livros, ou seja, torná-los mais atrativos para despertar o interesse dos leitores;
- Descrever situações ou fenômenos baseando-se na capacidade humana de processar a informação visual e sua vantagem frente aos textos escritos na estimulação dos modelos mentais;
- Explicar situações descritas. Isto é, neste caso as ilustrações não mostram apenas o mundo, mas também o que o transforma com a intenção de evidenciar relações ou ideias não evidentes por si mesmas, a fim de facilitar sua compreensão por parte do leitor (PERALES; JIMÉNEZ, 2002, p. 372, tradução nossa).

Considerando a imagem como uma forma de linguagem, constituindo um importante recurso para o entendimento de tópicos muito abstratos, como as ligações químicas, buscamos identificar e analisar a sequência didática (texto – imagem) bem como o

grau de iconicidade (complexidade das imagens) na abordagem das ligações químicas pelos LD do triênio 2015-2017.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho, consideramos como recurso didático as representações do tipo fotografia, desenho, diagrama, esquema, gráfico e tabela presentes nas obras aprovadas pelo PNLD (2015-2017). Como o foco de investigação são as imagens utilizadas no conteúdo de ligações químicas, analisamos os primeiros volumes de cada uma das quatro coleções aprovadas (Quadro 1).

Quadro 1: Códigos de identificação, livros analisados e suas informações

Código	Livro	Autor	Editora	Edição	Ano
A	Química 1	Martha Reis M. da Fonseca	Ática	1ª	2013
B	Química 1	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado	Scipione	2ª	2013
C	Química cidadã	Wildson Santos e Gerson Mol (coords.)	AJS	2ª	2013
D	Ser protagonista: Química	Murilo Tissoni Antunes	SM	2ª	2013

Fonte: Própria.

Os recursos visuais dos capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas foram avaliados em duas categorias. Para a análise, nos baseamos em Perales e Jiménez (2002) que propõem a avaliação das imagens em relação à sequência didática e ao grau de iconicidade. As categorias ainda se subdividem em subcategorias, que foram denominadas de unidades elementares.

A categoria sequência didática considera que os parágrafos são lidos sequencialmente pelos estudantes e o foco da análise está no texto que antecede e sucede as imagens. As unidades elementares desta categoria estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2: Unidades elementares da categoria sequência didática

Unidade	Definição
Evocação	O texto se refere a um fato do cotidiano ou conceito que se supõe conhecido pelo aluno.
Definição	O significado de um termo novo é estabelecido no contexto teórico.
Aplicação	É um exemplo que estende ou consolida uma definição.
Descrição	O texto faz referência a fatos ou eventos do cotidiano que se supõem serem desconhecidos pelo leitor. Também se incluem nessa unidade conceitos necessários para a discussão do tópico principal.
Interpretação	São utilizados conceitos teóricos para explicar os eventos experimentais.
Problematização	No texto há questões que não podem ser respondidas com os conceitos já desenvolvidos.

Fonte: Perales e Jiménez (2002).

A categoria iconicidade analisa a complexidade das imagens. Nessa categoria, percebe-se que há dois tipos de representações visuais: as mais realistas e as mais abstratas. As últimas exigem um maior conhecimento do código simbólico, portanto, apresentam um menor grau de iconicidade. Neste sentido, as unidades elementares desta categoria são expostas no Quadro 3, no qual é possível perceber, por exemplo, que a unidade elementar “fotografia” é a mais realista, ou seja,

apresenta o maior grau de iconicidade. Já a unidade elementar “desenho esquemático + signos normalizados” é a mais abstrata e possui menor grau de iconicidade, entretanto necessita de maior conhecimento dos códigos simbólicos específicos.

Quadro 3: Unidades elementares da categoria grau de iconicidade.

Unidades elementares	Definição
Fotografia	Quando interpreta o espaço por meio de fotos.
Desenho figurativo	Valoriza a representação orgânica mostrando os objetos mediante a imitação da realidade.
Desenho figurativo + signos	Representa ações ou magnitudes inobserváveis em um espaço de representação heterogêneo.
Desenho figurativo + signos normalizados	A ilustração representa figurativamente uma situação e paralelamente representa alguns aspectos mediante o uso de signos normalizados.
Desenho esquemático	Valoriza as representações das relações sem se importar com os detalhes.
Desenho esquemático + signos	Representa ações ou magnitudes inobserváveis.
Desenho esquemático + signos normalizados	A ilustração constitui um espaço de representação homogêneo e simbólico com regras sintáticas específicas.

Fonte: Perales e Jiménez (2002).

Este trabalho faz parte de uma pesquisa de doutorado que tem como um dos propósitos investigar o desenvolvimento do tópico de ligações químicas no ensino médio. A etapa de análise dos livros didáticos do PNLD (2015-2017) constitui uma das investigações desenvolvidas, a qual contou com a participação de quatro pesquisadores da área de ensino de Química, dentre eles: professores universitários, estudante de pós-graduação e aluno de iniciação científica.

Os pesquisadores envolvidos analisaram independentemente os capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas presentes nos primeiros volumes das coleções aprovadas pelo PNLD 2015-2017¹. As divergências nas classificações propostas pelos pesquisadores, quando ocorreram, foram novamente avaliadas e discutidas em conjunto, com a finalidade de entrarem em acordo. Esta triangulação foi desenvolvida com o propósito de diminuir parcialidades durante as análises, o que confere maior confiabilidade aos resultados e garante sua validade.

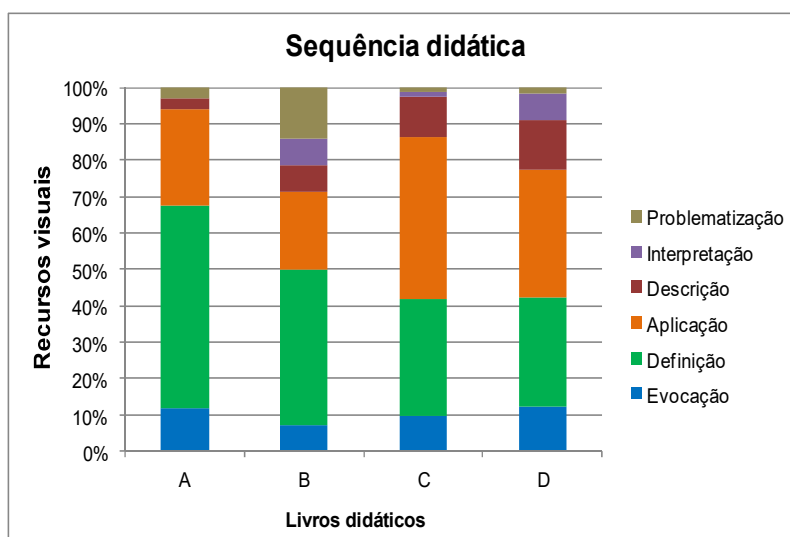
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao total foram avaliados 200 recursos visuais, encontrados nos capítulos referentes às ligações químicas interatômicas, dos quatro livros didáticos (LD) aprovados pelo PNLD (2015-2017). A distribuição por obra foi a seguinte: 34, 28, 81 e 57 imagens pertencentes aos livros A, B, C e D respectivamente.

Os recursos visuais por si só não garantem a aprendizagem dos conceitos. Neste sentido, deve ser bem planejada a sequência: texto - ilustração - texto. A análise da categoria sequência didática mostra que os LD utilizam parágrafos seguidos de imagens principalmente para definir um termo novo ou consolidar uma definição. A Figura 1 mostra que as unidades elementares definição e aplicação são as mais frequentes nos quatro livros analisados.

¹ Uma das avaliações foi realizada pela aluna de iniciação científica juntamente com o autor principal deste trabalho. As outras duas análises foram realizadas por uma professora universitária e por uma professora do ensino médio da rede estadual do estado do Rio Grande do Sul e doutoranda em Educação em Ciências.

Figura 1: Quantificação das sequências didáticas



Fonte: Própria.

Nos LD A e B, 55,88% e 42,86% dos recursos visuais são utilizados para a definição dos conceitos. A Figura 2a (livro A) apresenta um exemplo deste tipo de classificação, pois ilustra as forças de atração e repulsão entre elétrons e núcleos dos átomos que estão interagindo, conceito que está sendo desenvolvido no texto. A utilização de imagens para gerar conceitos se torna uma importante ferramenta para o ensino de ligações químicas, já que o conteúdo envolve noções que demandam elevada capacidade de abstração dos estudantes. Conforme aponta Martins (1997), muitas vezes, a própria conceitualização depende da visualização, o que acreditamos ser o caso dos conceitos relacionados às ligações químicas, por este motivo o grande número de imagens deste tipo presentes nos LD.

Na Figura 2b (livro C) está representado um recurso visual utilizado para aplicar ou estender uma definição. Dentro do tópico ‘constituintes moleculares e amoleculares’, após a apresentação dos conceitos, das características e propriedades das substâncias reticulares, os autores utilizam a sequência texto - recurso visual com o propósito de exemplificar e reforçar o entendimento das unidades elementares constituintes dos sólidos covalentes.

Figura 2: Exemplos de imagens quanto à sequência didática

Sólido	Comportamento sob aquecimento	Solubilidade em água	Solubilidade em água quente	Condutividade elétrica no estado sólido	Condutividade elétrica em solução aquosa
cobre	funde-se a 1 083 °C	insolúvel	insolúvel	bom condutor	—————
óxido de sódio	funde-se a 801 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	bom condutor
sacarose [açúcar]	funde-se entre 185 e 186 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	mau condutor
naftalina	funde-se a 80 °C	insolúvel	solúvel	mau condutor	—————
diamante	convém diamante e grafite sólidos e carbono líquido = a 3 800 °C e pressão = 12,5 GPa	insolúvel	insolúvel	mau condutor	—————

2c

Rede cristalina do diamante

Rede cristalina de quartzo

2a

+ próton
força de atração
- elétron
força de repulsão

2b

Fonte: LD aprovados pelo PNLD (2015-2017).

Os LD utilizam poucas problematizações nos capítulos referentes às ligações químicas. Apenas uma sequência didática com este propósito foi encontrada nos livros A, C e D. Somente no livro B há uma quantidade razoável (14,29%) de sequências problematizadoras. A Figura 2c, retirada desse livro, foi utilizada para instigar o leitor sobre as distintas propriedades de

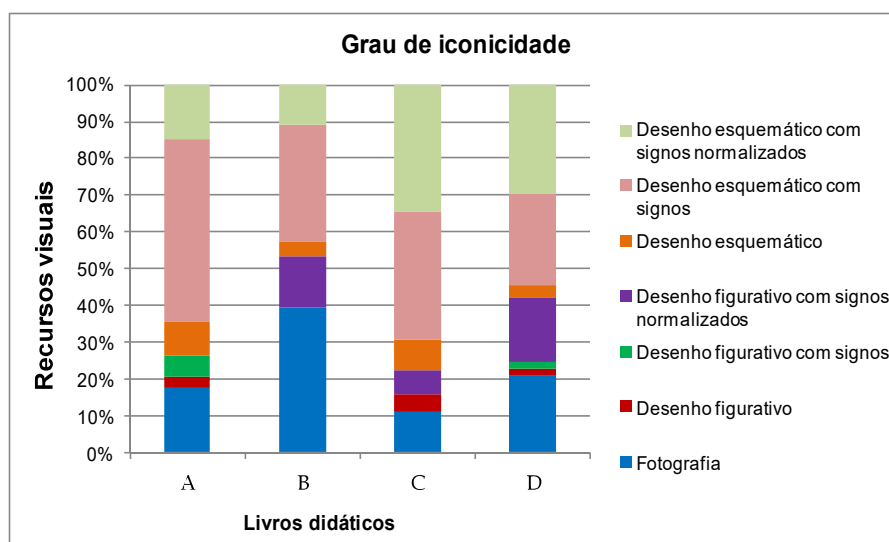
algumas substâncias e o tipo de ligação química, através do seguinte questionamento “Qual é a relação entre essa variedade de propriedades e as ligações químicas presentes nos materiais?” (Livro B, p. 277).

Esta questão não pode ser respondida com os tópicos apresentados até o momento, sendo necessária a continuação da leitura para que o estudante consiga fazer esta relação. Acerca da importância de situações problematizadoras para a Ciência, Cachapuz et al. (2011) afirmam que é nos problemas que encontramos uma das principais fontes de motivação, que criam nos alunos um clima de desafio intelectual, um ambiente de aprendizagem do qual as aulas de Ciências são carentes.

Em específico para o conteúdo de ligações químicas, a categoria grau de iconicidade é uma das mais importantes. As imagens do tipo fotografia, que possuem o maior grau de iconicidade e menor nível de abstração, estão presentes em quantidades consideráveis nos quatro LD (Figura 3). O LD B é o que apresenta maior número de imagens deste tipo, aproximadamente 40%, seguido pelo livro D com 21%.

Os desenhos figurativos, que valorizam a imitação da realidade, são poucos utilizados pelos LD. Por exemplo, as obras B e D apresentam 14,29% e 17,54% dos recursos visuais do tipo desenho figurativo com signos normalizados. Já os desenhos esquemáticos com signos, que representam ações submicroscópicas, constituem metade das ilustrações do livro A e mais de 30% das imagens dos livros B e C. A unidade elementar desenho esquemático com signos normalizados é também bastante frequente nos LD. Esse tipo de imagem exige a interpretação de vários códigos simbólicos, o que proporciona ao estudante o desenvolvimento da capacidade de abstração. Seu entendimento exige a transição entre os níveis de representação da matéria, o que é indispensável para o estudo da Química.

Figura 3: Quantificação das imagens em relação ao grau de iconicidade



Fonte: Própria.

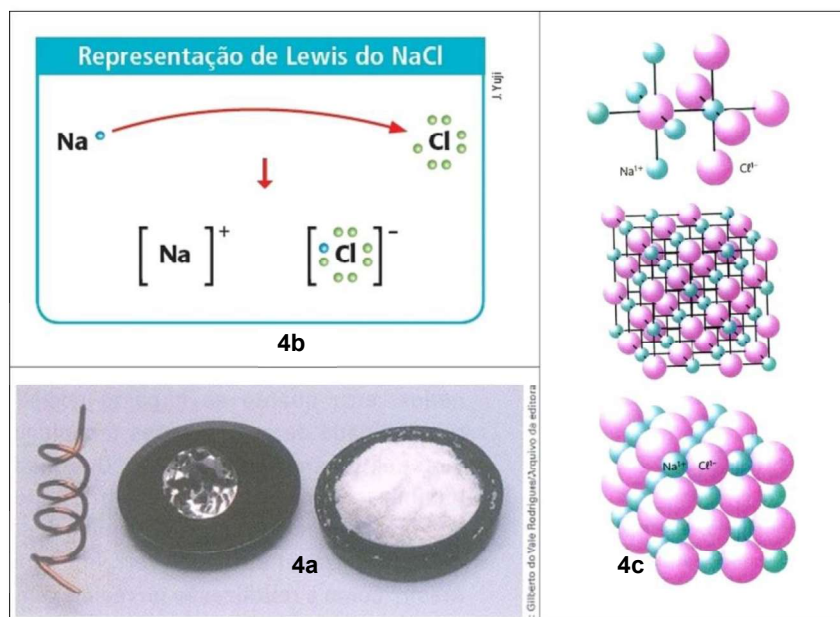
Sobre a distribuição dos recursos visuais nas unidades elementares apresentadas na Figura 3, uma constatação importante é a diminuição do emprego de imagens do tipo realistas. Pesquisas anteriores, como as desenvolvidas por Gibin e Ferreira (2013) e Silva, Braibante e Pazinato (2013) detectaram quantidades excessivas de imagens do tipo fotografia nos LD de Química, durante a abordagem dos conteúdos equilíbrio químico e modelos atômicos respectivamente. Em alguns casos, ambas as pesquisas revelam que as fotografias representavam cerca de 60 a 70% dos recursos.

Apesar de a fotografia tornar a leitura mais atraente, a imagem não pode ser utilizada para mera ilustração, ela necessita de uma função didática que justifique seu emprego. Neste sentido, pode-se considerar que houve um avanço em relação à distribuição de imagem por unidade elementar, bem com a utilização de recursos visuais mais abstratos. Isso demonstra um maior planejamento didático na utilização das imagens e preocupação dos autores em desenvolver os conceitos a partir dos códigos simbólicos e normas específicas da Química, atrelados aos modelos explicativos do universo submicroscópico das ligações químicas.

Conforme Silva e Martins (2008) o poder comunicativo da linguagem visual está relacionado à iconicidade, ou seja, a capacidade de uma imagem (ícone) em representar uma realidade ou ideia, com maior grau de abstração. A escolha de cada imagem depende da sua consonância com as informações apresentadas e com o estímulo pretendido. No contexto das ligações químicas, encontramos recursos visuais com propósitos semelhantes, como, por exemplo, representar o cloreto de

sódio com diferentes graus de iconicidade, conforme a Figura 4.

Figura 4: Representações visuais do cloreto de sódio com diferentes graus de iconicidade



Fonte: LD aprovados pelo PNLD (2015-2017).

As três imagens são utilizadas para representar o cloreto de sódio por meio de diferentes graus de iconicidade. Através de uma fotografia, recurso de maior grau de iconicidade, o livro B discute as elevadas temperaturas de fusão dos sólidos que, a exemplo do cloreto de sódio, mudam de estado físico rompendo interações muito fortes entre as partículas constituintes das substâncias. Com recursos mais abstratos e de menor iconicidade, os LD A e C representam o cloreto de sódio por meio de desenhos esquemáticos com signos normalizados. Essas representações possuem regras específicas das ligações químicas e são utilizadas com fins distintos. A Figura 4b é empregada para auxiliar no entendimento da estrutura de Lewis e a 4c para representar o retículo cristalino.

A opção por determinada imagem deve estar de acordo com o que se almeja da representação. Como se pode observar, os dois últimos exemplos (Figuras 4b e 4c) exigem um maior conhecimento do assunto, não sendo recomendados para introduzirem tópicos. Em contrapartida, como faz o livro C, a fotografia (Figura 4a) pode ser utilizada com o propósito de iniciar a discussão sobre o assunto. Consonante a isso, a pesquisa de Matus, Benarroch e Nappa (2011) observou que a medida que o nível de estudo avança, as representações utilizadas pelos LD tendem a diminuir o caráter icônico. No entanto, ressalta-se que dependendo do objetivo didático, as imagens tanto realistas quanto abstratas podem constituir potenciais recursos pedagógicos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A categorização utilizada nesta pesquisa, baseada na proposta de Perales e Jiménez (2002), possibilitou a análise quanto à sequência didática e ao grau de iconicidade das representações visuais empregadas nos capítulos de ligações químicas dos LD aprovados pelo PNLD (2015-2017). A partir dos resultados obtidos, apresentamos a seguir algumas considerações apontando as implicações desta pesquisa para o ensino de Química.

Sobre a sequência didática, observamos que muitas imagens são utilizadas para definir um conceito, o que pode ser uma consequência do tópico ligações químicas, o qual envolve muitos conceitos que dependem da visualização por serem considerados abstratos. Poucas sequências didáticas problematizadoras foram encontradas nos LD A, C e D, apenas o livro B apresentou uma quantidade razoável (aproximadamente 15%). Esse resultado sinaliza que a maior parte dos recursos visuais empregados tende a uma abordagem tradicional de ensino, priorizando a exemplificação, descrição ou apenas a ilustração de conceitos e/ou fenômenos. As situações problematizadoras, que podem ser geradas a partir dos recursos visuais, podem favorecer a aprendizagem de conceitos, bem como inserir os estudantes em um ambiente de investigação, pois forçam a busca de respostas por meio da pesquisa de conceitos ainda não desenvolvidos em sala de aula.

A respeito do grau de iconicidade, em grande parte dos livros observamos a presença de fotografias, geralmente utilizadas pelos autores para relacionar o tópico com o cotidiano, especificar um contexto histórico ou para exemplificação. Outro tipo de

imagem bastante utilizada é o desenho esquemático, considerado mais abstrato e de menor iconicidade. Sob nosso ponto de vista, esse tipo de recurso visual é importante para o ensino de ligações químicas, visto que geralmente representam aspectos submicroscópicos e utilizam simbologia específica da área. Os desenhos esquemáticos com signos normalizados, se bem empregados e disponibilizadas informações necessárias para sua interpretação, possuem significativa função didática para o ensino de tópicos abstratos.

Certos de que as imagens presentes nos LD influenciam na aprendizagem do conteúdo de ligações químicas e que este trabalho não esgota as inúmeras discussões sobre essa problemática, esperamos que surjam novas investigações com o propósito semelhante para que a pesquisa no ensino de Química continue contribuindo com a qualidade dos livros textos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ D.; CARVALHO de, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (organizadores). **A necessária renovação do ensino de Ciências**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, p. 1-4, 2005.

COLL, R. K.; TREAGUST, D. Investigation of secondary school, undergraduate and graduate learner’s mental of ionic bond. **Journal of Research and Science Teaching**, v. 40, n. 5, p. 464-486, 2003.

DE POSADA, J. M. **Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje**. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 227-245, 1999.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicas nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, 2012, p. 153-172.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. **Química Nova na Escola**, n. 24, 2006, p. 20-24.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, 2013, p. 19-26.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

KIILL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico**. 2009. 278 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

LIMA, A. A.; NÚÑEZ, I. B. A solubilidade dos compostos iônicos: como os licenciandos em química explicam o comportamento do cloreto de prata? **Ensaio**, v. 14, n. 1, p. 257-269, 2012.

MAAR, J. H. **Pequena História da Química: dos primórdios a Lavoisier**. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.

MARTINS, I. O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, I, 1997, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 1997, p. 366-373.

MATUS, L. L.; BENARROCH, A. B.; NAPPA, N. La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 178-201, 2011.

MENDONÇA, P. C. C. ‘Ligando’ as ideias dos alunos à Ciência escolar: análise do ensino de ligação iônica por modelagem. 2008. 231 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PERALES, F. J.; JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. Analisis de libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, 2002, p. 369-386.

SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos:

uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 159-182, 2013.

SILVA, C. F.; MARTINS, M. I. A iconicidade em livros didáticos de Física. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XI, 2008, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008.