

Estado da publicação: O preprint foi submetido para publicação em um periódico

ANÁLISE DE IMAGENS SOBRE SOLUÇÕES EM LIVROS DIDÁTICOS: UMA ABORDAGEM SEGUNDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

José Odair da Trindade, Patrícia Fernanda de Oliveira Cabral, Aguinaldo Robinson de Souza

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5735>

Submetido em: 2023-03-13

Postado em: 2023-03-16 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

ARTIGO

ANÁLISE DE IMAGENS SOBRE SOLUÇÕES EM LIVROS DIDÁTICOS: UMA ABORDAGEM SEGUNDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

JOSÉ ODAIR DA TRINDADE¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9745-007X>

<odair.trindade@unesp.br>

PATRÍCIA FERNANDA DE OLIVEIRA CABRAL²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3171-7605>

<patricia.cabral@unesp.br>

AGUINALDO ROBINSON DE SOUZA³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2373-267X>

<aguinaldo.robinson@unesp.br>

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (UNESP/Bauru), Brasil. Mestre Profissional em Química, área de concentração: Ensino de Química (UFSCar, 2011). Licenciatura Plena em Ciências/Química (FUNDEG, 2001). Professor de Educação Básica – Química (SEE-MG). Assistente em Administração (IFSulMG-Muz-Bib).

² Professora Assistente do Departamento de Química (UNESP/Bauru), Brasil. Mestre e Doutora em Ensino de Química (USP, 2015, 2019).

³ Professor Adjunto do Departamento de Química (UNESP/Bauru), Brasil. Mestre e Doutor em Química (USP, 1987, 1993).

RESUMO: Este estudo analisa imagens do conteúdo de Soluções em livros didáticos de Química aprovados no PNLD/2018. O objetivo é investigar se as imagens seguem os princípios da teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa e, ainda, os níveis do conhecimento químico segundo Johnstone: macroscópico, submicroscópico e representacional. Os resultados apontam que o nível macroscópico é o mais abordado nas obras, enquanto o submicroscópico é pouco trabalhado, o que pode prejudicar a criação de modelos explicativos para a compreensão de conceitos abstratos. Ademais, observou-se que as imagens estão dispostas de maneira desarticulada, sem o estabelecimento de uma estrutura conceitual hierárquica organizada, o que acaba por ser um dificultador para que se atinja a Aprendizagem Significativa. Além disso, notou-se que em apenas uma das obras em análise os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa são contemplados, quando o autor estabelece hierarquia conceitual e, posteriormente, retoma os conceitos para verificar semelhanças e inconsistências, tudo isso por meio da associação entre a linguagem verbal textual com a imagética.

Palavras-chave: Imagens, Livros Didáticos, Aprendizagem Significativa.

IMAGE ANALYSIS OF SOLUTIONS IN TEXTBOOKS: AN APPROACH ACCORDING TO MEANINGFUL LEARNING

ABSTRACT: This study analyzes images of the content of Solutions in Chemistry textbooks approved in the PNLD/2018. The objective is to investigate whether the images follow the principles of the theory of Meaningful Learning proposed by Ausubel: progressive differentiation and integrative reconciliation and also the levels of chemical knowledge, according to Johnstone: macroscopic, submicroscopic and

representational. The results show that the macroscopic level is the most discussed in the books, while the submicroscopic level is not, which can hinder the creation of explanatory models for the understanding of abstract concepts. Furthermore, it was observed that the images are arranged in a disjointed way, without the establishment of an organized hierarchical conceptual structure, which turns out to be a hindrance to achieving Meaningful Learning. In addition, it was noted that in only one of the books under analysis, the principles of progressive differentiation and integrative reconciliation are contemplated, when the author establishes a conceptual hierarchy and, later, returns to the concepts to verify similarities and inconsistencies, all this through the association between the textual verbal language with imagery.

Keywords: Images, Textbooks, Meaningful Learning.

ANÁLISIS DE IMÁGENES DE SOLUCIONES EN LIBROS DE TEXTO: UN ENFOQUE SEGÚN EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

RESUMEN: Este estudio analiza imágenes del contenido de los libros de texto de Soluciones en Química aprobados en el PNLD/2018. El objetivo es investigar si las imágenes siguen los principios de la teoría del Aprendizaje Significativo propuesta por Ausubel: diferenciación progresiva y reconciliación integrativa y, además, los niveles de conocimiento químico según Johnstone: macroscópico, submicroscópico y representacional. Los resultados indican que el nivel macroscópico es el más discutido en los trabajos, mientras que el nivel submicroscópico es poco trabajado, lo que puede perjudicar la creación de modelos explicativos para la comprensión de conceptos abstractos. Además, se observó que las imágenes están dispuestas de manera desarticulada, sin que se establezca una estructura conceptual jerárquica organizada, lo que resulta ser un impedimento para lograr un Aprendizaje Significativo. Además, se notó que en solo uno de los trabajos bajo análisis se contemplan los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integrativa, cuando el autor establece una jerarquía conceptual y, posteriormente, vuelve a los conceptos para verificar similitudes e inconsistencias, todo esto a través de la asociación entre el lenguaje verbal textual con la imaginaria.

Palabras clave: Imagens, Livros de texto, Aprendizaje Significativo.

INTRODUÇÃO

O tema do presente trabalho é a análise de imagens do conteúdo de Soluções, segundo a Aprendizagem Significativa, em livros didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018.

O conteúdo de Soluções é visto por boa parte dos alunos como de difícil compreensão, pois há diversos fatores limitantes, entre os quais se destacam: a não percepção visual (abstração), a ausência de aulas práticas e o uso maciço de cálculos e fórmulas, o que pode induzir os estudantes à memorização, somente (LEITE; SOARES, 2018). Assim, torna-se fundamental avaliar o grau de facilitação que o uso de imagens promove para uma Aprendizagem Significativa: aquela em que há compreensão e é duradoura em oposição à aprendizagem memorística, em que o aprendiz apenas “decora”, com pouca ou nenhuma atribuição de significado ao material de ensino (AUSUBEL, 2003).

Conforme relata Leite (2013, p. 12) o conteúdo de Soluções é ministrado como um emaranhado de fórmulas e expressões matemáticas:

Meu trabalho era basicamente preparar as aulas com o auxílio do LD (livro didático), esquematizando e memorizando todo o conteúdo que eu deveria copiar no quadro negro e depois “explicar a matéria” para os alunos. Eu acreditava que era um bom professor, pois conseguia fazer esse procedimento de maneira bem convincente. Quando “ensinava” o conteúdo de soluções, por exemplo, enchia todo o quadro com todas aquelas fórmulas de concentrações, fazia relações entre elas e dava vários exemplos de aplicação das mesmas. Na

verdade a aula era de Matemática, mas como eu sabia “de cor” mais de vinte fórmulas e resolvia várias questões que envolvia muitos cálculos matemáticos, os alunos consideravam que eu era muito inteligente e a aula era de ótimo nível. Nesse sentido, mesmo que os alunos não conseguissem assimilar nada do conteúdo, eu era um bom professor porque eu “dominava a matéria”.

Tal relato evidencia a importância do presente trabalho, no sentido em que busca estabelecer uma relação entre o uso de imagens para se alcançar uma Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003), aquela cujo principal objetivo é o estabelecimento de relações entre o que o aprendiz já sabe e o que se pretende ensinar. A teoria implícita na Aprendizagem Significativa utiliza pontos de ancoragem, ou seja, pontos de fixação que já existem na estrutura cognitiva do estudante para estabelecer novas conexões, isto é, redes de interligações variadas entre as informações apresentadas. Assim, o estudante não mais será apenas um recipiente em que se deposita toda a informação. Seu papel é de um sujeito que contribui ativamente com sua aprendizagem, tendo como meta a autonomia intelectual; quando se consegue a liberdade, a segurança e a independência necessárias para transitar pelo conhecimento sem amarras ou barreiras cognitivas. Em outras palavras, o aprendiz passa a pensar e, não somente a memorizar com pouca ou nenhuma atribuição de significado ao conteúdo (MOREIRA, 2007).

Nesse caminho Setyorini, Paristiowati e Afrizal (2023) em seu estudo na Indonésia para determinar o letramento digital de alunos em uma sala de aula invertida, aquela em que o conteúdo é estudado em casa e as atividades são realizadas em sala de aula, sobre solução tampão, em que o pH é considerado constante, mesmo que um pouco de ácido ou base seja adicionado, utilizando o Web-Edmodo, plataforma de rede social semelhante ao Facebook que conecta estudantes e professores de forma rápida e fácil e, por meio da qual é possível compartilhar ideias, arquivos, agendas e atividades; constatou que o uso de tal ferramenta pode fomentar o letramento digital dos alunos, uma vez que promove uma melhoria da qualidade de ensino de Química em relação a aspectos técnicos, cognitivos e sociais, evidenciados em dimensões tais como: informação, comunicação, criação de conteúdo, segurança e resolução de problemas. Portanto, no âmbito da pesquisa retratada, e ainda conforme a visão crítica ou contemporânea proposta por Moreira (2007), é possível afirmar que o letramento digital pode promover a Aprendizagem Significativa.

Em seu artigo: “Tornando o aprendizado de Química mais significativo”, Ebenezer (1992) defende que um estudante ao aprender o que é solução deve vincular esse novo conhecimento com o que já é conhecido, associando-se, por exemplo, o termo solução com um refrigerante; tem-se, assim, uma aprendizagem não arbitrária. Em seguida, se o aluno fizer um esforço científico contundente para identificar subsunçores, como soluto e solvente, e relacioná-los com refrigerantes, diz-se que houve um aprendizado substancial. À medida que o sujeito avança, progressivamente, na linguagem química, ele pode conseguir formular definições similares àquelas aceitas pela comunidade científica, ou ainda, na tentativa de se preparar para exames, pode recorrer à memorização. Por conseguinte, um exemplo de aprendizagem mecânica em oposição à aprendizagem significativa, em que há uma elaboração de maneira progressiva dos conceitos conforme se aumenta a complexidade.

Ebenezer (1992) define subsunção como a capacidade de novos conhecimentos serem incorporados, subsumidos ou ancorados em conceitos mais gerais e, cita como exemplo, que os alunos ao considerarem que o ar é uma solução, têm subsumido este novo conhecimento a um conceito mais geral de solução, entendido até agora apenas como a dissolução de um sólido em líquido. Um estudante ao reconhecer a diferença entre uma solução e uma suspensão ou emulsão (leite) usa o processo de diferenciação progressiva, já que há uma progressão de conceitos na estrutura mental desse estudante que o leva a um processo de diferenciação. Por reconciliação integrativa entende-se a capacidade de relacionar dois ou mais conceitos vistos de uma nova maneira para descrever uma nova regularidade percebida, ou seja, um aprendiz ao questionar porque um determinado líquido se dissolve em um solvente e não em outro e, para compreender isto, categoriza os solventes e solutos em polares e apolares, generalizando que os solutos polares são solúveis em outros solventes polares, logo conclui que semelhante dissolve semelhante. Ao sondar a natureza dos solventes, o estudante recorreu a um processo de reconciliação integrativa de alta ordem, sinônimo de criatividade.

Nesse olhar são propostas algumas estratégias para uma Aprendizagem Significativa de Química, sejam elas: mapas conceituais e diagramas V (Vê de Gowin). Essas ferramentas podem ajudar professores a planejar como ensinar uma unidade e, ainda, como ligar as ideias dos alunos com a química escolar, fornecendo, no que lhe concerne, uma base sólida para a instrução de uma unidade de química, dentre elas a química de soluções (EBENEZER, 1992).

Çalýk, Ayas e Ebenezer (2005) ao traçarem uma revisão de literatura sobre a química de soluções afirmam que o aprendizado de química requer muito pensamento e discernimento intelectual porque o conteúdo está repleto de muitos conceitos abstratos e, por isso, a aprendizagem pode ser entendida como a interação entre o conhecimento existente e o novo. Os autores identificaram trabalhos em que os estudantes são solicitados a desenharem uma representação microscópica a fim de ilustrar uma reação química, bem como explicar com suas próprias palavras o seu entendimento para uma expressão, como, por exemplo: “dissolver uma substância em outra”. A revisão dos estudos sobre química de soluções permitiu aos autores agrupar e exemplificar a análise em categorias, dentre elas: A) preferência pelo uso da linguagem cotidiana em detrimento da linguagem química – a terminologia cotidiana “derreter” era comumente usada para descrever o conceito de dissolução. B) falta de explicação submicroscópica para observação macroscópica – para os estudos de química de soluções o raciocínio dos alunos é operacional concreto e os conceitos de química requerem raciocínio operacional formal, ou seja, a capacidade de acionar o raciocínio abstrato sem o apoio de objetos concretos, uma vez que o termo “moléculas” era raramente mencionado para descrever a dissolução do açúcar em água. C) dificuldade em visualizar e representar ideias submicroscópicas – a ligação entre os três níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e representacional deve ser explicitamente ensinada, pois as interações e distinções entre eles são características importantes do aprendizado de química e necessárias para o alcance da compreensão dos conceitos químicos, uma vez que a dificuldade em um dos níveis pode influenciar o outro. Portanto, determinar e superar tais dificuldades deve ser um dos principais objetivos das pesquisas em Ensino de Química. D) dificuldade com representações simbólicas – estudos indicam que apesar dos estudantes balancearem uma equação corretamente, dificuldades com as interpretações das representações persistem. E) desenvolvimento da compreensão do aluno com a idade – trabalhos apontam que não está claro se existe uma relação entre o nível da série e a compreensão dos alunos sobre os conceitos da química de solução, constatação reveladora de que o desenvolvimento relacionado à idade tem pouco a ver com a compreensão conceitual.

O estudo da literatura revelou que o uso de animações pode ajudar os aprendizes a superar dificuldades com suas próprias ideias, muitas vezes conflitantes ou vistas como “erradas”, entretanto, mesmo após uma intervenção ainda havia a retenção de ideias macroscópicas por parte dos alunos. Logo, autores defendem a importância de se considerar as “concepções alternativas” dos alunos ao se planejar um conteúdo de ensino, de modo a incorporar tais ideias nas aulas, já que pode se constituir em um recurso benéfico para a decisão sobre estratégias de mudança conceitual. Finalmente, a revisão de literatura aponta que o currículo de Química deve promover conexões entre as experiências macroscópicas dos estudantes e atividades práticas baseadas nas explicações científicas microscópicas, a fim de que os alunos consigam fazer a correta conexão entre o modelo e a realidade. A escrita gráfica pode revelar fraquezas e pontos fortes conceituais dos aprendizes. A exposição sistematizada da compreensão pessoal dos estudantes em um ambiente acolhedor e o trabalho colaborativo entre pesquisador e professores, em suas próprias salas de aula, é incentivada e defendida pelos autores, assim como pela literatura.

Portanto, no atual cenário moderno de hipervalorização da imagem, em certas circunstâncias, vista como símbolo de *status*, trazemos à luz o presente trabalho, em que um dos objetivos é promover uma discussão reflexiva a respeito do emprego de imagens em livros didáticos, tanto no tocante à teoria da Aprendizagem Significativa quanto o que concerne aos níveis de representação do conhecimento químico. Posteriormente, pretendemos ampliar tal estudo, amparados na Gramática do Design Visual de Kress e van Leeuwen (2021).

OBJETIVO E PROBLEMA DE PESQUISA

O objetivo desse estudo é analisar se as imagens apresentadas em livros de Química aprovados no PNLD/2018 favorecem a apropriação de conceitos de Soluções segundo a teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel.

Para alcançar tal objetivo as seguintes questões de pesquisa serão respondidas:

- 1) As imagens estão de acordo com os níveis de compreensão da Química (macroscópico, submicroscópico e representacional) evidenciados por Johnstone (1982)?
- 2) Tais imagens atendem ao princípio da Aprendizagem Significativa, ou seja, contribuem para a formação de conceitos na área da Química?
- 3) As imagens obedecem aos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa?

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um dos pilares básicos sobre o qual a ação docente se sustenta, em qualquer nível educacional, é o livro didático. É inquestionável sua influência no trabalho em sala de aula, tanto para professores quanto para alunos, tornando-se, em algumas ocasiões, o referencial exclusivo do conhecimento científico (PERALES; JIMÉNEZ, 2002). As imagens, em adição, desempenham uma variedade de funções nos livros didáticos. Uma pequena lista inclui: funções relacionadas à orientação de leitura, estímulo de interesse ou curiosidade, demonstração de procedimentos, ilustração de ideias ou argumentos, mostra de padrões por meio da apresentação organizada de casos, relações entre níveis de explicação e descrição de fenômenos (MARTINS et al., 2003).

As imagens podem conter mapas, fotografias, diagramas, tabelas, expressões matemáticas, resultados de simulações, entre outros, que trarão ao estudante, uma maneira facilitada de entender o conteúdo (CURSINO; RAMOS, 2016).

Uma das ferramentas empregadas para o ensino de conceitos de Química é a utilização de imagens que facilitam o entendimento do conteúdo, visto que podem ilustrar processos que por vezes são complicados de compreender com a utilização apenas da linguagem escrita (CURSINO; RAMOS, 2016). Cabe destacar que para além das imagens, outros aspectos podem ser considerados, por exemplo, suas relações com o corpo do texto, as legendas que as acompanham e a indexação podem contribuir para o entendimento por parte de professores e alunos (LIMA et al., 2022). Quadros, Botelho e Araújo (2022) ampliam o debate ao afirmarem que a linguagem é por natureza multimodal, cujas raízes estão ligadas aos múltiplos modos semióticos, os quais representam os canais de comunicação que uma cultura reconhece, segundo a semiótica social. Alguns exemplos de modos semióticos são: a fala, a escrita, as imagens, as imagens em movimento, os gestos, o som, a música, os objetos em 3D e o layout. Segundo as autoras, a multimodalidade é um fenômeno da comunicação humana e constitui-se em um campo diversificado e crescente de pesquisa.

Cursino e Ramos (2016) alertam para o fato de diversas inadequações passarem despercebidas pela avaliação do PNLD. Tais inadequações podem levar à compreensão errônea do conteúdo, dificultando o aprendizado do aluno. Estudos apontam que o ensino se torna mais eficaz quando há uma relação entre textos e imagens, otimizando assim a assimilação do conteúdo proposto, independentemente do assunto. Visto que as imagens têm um peso significativo no aprendizado do aluno, elas devem ser apresentadas de maneira correta e didática.

Santana (2018) destaca em seu trabalho que não existe um consenso entre os autores e editoras de livros didáticos quanto à utilização de imagens. Nota-se uma utilização arbitrária, baseada em critérios não pedagógicos para a escolha das imagens.

Embora as imagens ocupem grande parte dos livros didáticos, se utilizadas de forma não criteriosa durante as atividades de ensino e aprendizagem, seja nos livros didáticos, no quadro negro ou nos projetores de imagens, podem não surtir o efeito desejado, conforme as limitações vislumbradas à luz da teoria dos signos. Assim, o tamanho da imagem, as cores, as escalas envolvidas, a correspondência semântica com os enunciados e conceitos, a quantidade das imagens presentes nos livros textos e muitos

outros critérios devem ser considerados para que efetivamente possam desempenhar o seu papel no delineamento da didática (SANTANA, 2018).

Para o senso comum, o termo imagem, é sinônimo de televisão e publicidade. No entanto, a ideia de imagem varia conforme a área de conhecimento e o contexto em uso (KIILL, 2009). Cabe aqui um esclarecimento sobre o termo imagem. Por que imagem e não ilustração? Esses dois termos são usados como sinônimos, mas de acordo com Perales (2006) e Santana (2018) o termo ilustração é uma imagem mais específica, exclusivamente gráfica, que acompanha os textos escritos com a intenção de complementar a informação que estes fornecem, enquanto imagem são representações de seres, objetos ou fenômenos, sejam em caracteres gráficos ou mentais, frutos de um processo de abstração.

Pesquisadores na área de Química concordam que as imagens devem acompanhar os textos didáticos e estas devem contribuir com a aprendizagem, a compreensão de conceitos científicos e promover a imaginação e o raciocínio (OTERO, MOREIRA, GRECA, 2002; OTERO, GRECA, SILVEIRA, 2003; SCALCO, 2014).

Importante destacar que estudos inferiram a ausência do domínio de leitura compreensiva, uma vez que foi detectada alguma dificuldade em relacionar textos com linguagens expressas por imagens, evidenciando assim, a necessidade de práticas e pesquisas na área envolvendo estudos empíricos (TOMIO et al., 2013).

Níveis de representação do conhecimento químico

Em 1982, Johnstone propôs que para a compreensão da Química devem-se considerar três níveis representacionais: descritivo (macro), atômico-molecular (submicro) e representacional. O primeiro deles se refere a parte observável da Química, podendo ser descrita e mensurada a partir de propriedades como: densidade, inflamabilidade, cor, odor, dentre outras. Já o segundo, refere-se a como são explicados os fenômenos observados no nível submicroscópico, utilizando-se diversos conceitos, como os de átomos, íons, moléculas, polímeros e ligações químicas, para fornecer uma imagem mental, um modelo, de modo a se pensar e racionalizar o nível descritivo. E o último nível é a forma com a qual os cientistas buscam representar as substâncias e transformações por meio de símbolos e equações, utilizando a linguagem científica.

De acordo com Ferreira (2013) a busca por correlacionar propriedades e comportamentos do mundo macroscópico com o submicroscópico levou os cientistas a um mergulho no interior do objeto representado por conceitos na área da Química. Dessa forma passou-se a usar a linguagem verbal, constituída por símbolos, fórmulas, equações químicas, expressões algébricas, gráficos, números, palavras, gestos e imagens para representar substâncias, partículas, transformações, propriedades e comportamentos.

Ainda, segundo Ferreira (2013), há muito se discute a transmissão de conhecimentos baseado na figura do professor em que se tenta ensinar como as transformações químicas acontecem, esperando que os alunos por si próprios consigam compreender os conceitos a partir de descrições verbais pouco, ou não adequadamente, ilustradas.

Pesquisas apontam que alunos resolvem problemas os quais abarcam conceitos de Soluções usando apenas estratégias de cálculo sem a compreensão dos fundamentos. Tal aspecto é reforçado por vários autores de livros didáticos de Química, tendo em vista a sequência de atividades que propõem. Assim, o uso de imagens é uma estratégia que pode ser utilizada para facilitar a compreensão e aprendizagem de conceitos abstratos (KIILL, 2009).

Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria da Aprendizagem Significativa surgiu da experiência vivida por Ausubel, um estudioso insatisfeito com a sua escolarização e da sua atuação como psiquiatra e psicólogo do desenvolvimento. As suas experiências profissionais contribuíram para o desenvolvimento de sua teoria, que coloca a escola como o local para se compreender e atribuir significados (SANTOS, 2017).

Segundo a teoria de Ausubel o ponto mais importante é considerar o que o estudante já sabe: o seu “conhecimento prévio” e, a partir desse ponto, construir novos *links* que se ampliam à medida que

o novo conhecimento se expande e interage com a sua estrutura cognitiva, propiciando novas interações e interligações na formação de uma rede de ligações de conhecimentos, que mais tarde servirão de pontos de ancoragem, ou seja, pontos de fixação para uma nova aprendizagem. Tal processo repete-se e aprimora-se ao longo do tempo, cada vez que se tem contato com uma nova informação, tornando a estrutura cognitiva do aprendiz cada vez mais vigorosa, pois quanto mais se sabe, mais se aprende.

Na perspectiva de Ausubel (2003) aprender significativamente é ampliar e reconfigurar conceitos já existentes na estrutura mental, o que resulta na capacidade de relacionar e acessar novos conteúdos. Quanto maior o número de *links* realizados, mais consolidado estará o conhecimento (LEMOS, 2006).

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Ausubel (2003) o novo conhecimento deve conectar-se à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira substantiva e não arbitrária; contrariando o ensino atual em que o conteúdo é transmitido por meio de rituais mecânicos, robusto de definições e fórmulas, colaborando somente para a memorização.

No entanto, é importante destacar que a aprendizagem mecânica pode ser eficaz quando a estrutura cognitiva carece de subsunçores adequados para assimilar uma nova informação. Por outro lado, o conhecimento, quando produto de aprendizagem mecânica, por ter restrita a sua capacidade de utilização em novas situações, não garante autonomia intelectual para a ação do indivíduo. A Aprendizagem Significativa, ao contrário, favorece a construção de respostas para problemas nunca vivenciados e leva tanto à capacitação humana quanto ao compromisso e à responsabilidade. Ao ter uma estrutura organizada de forma lógica com ligações substantivas e não arbitrárias entre os significados armazenados, o indivíduo está mais bem instrumentalizado para usar o conhecimento, realizar novas aprendizagens e, interagir com e na realidade (LEMOS, 2006).

Para Ausubel (2003) quando um novo conhecimento é adquirido ele pode conectar-se a um conhecimento preexistente, o qual é denominado subsunçor. Ao ocorrer a conexão de um novo conceito com um subsunçor adequado, tem-se a Aprendizagem Significativa (GIBIN, 2013). De acordo com Moreira (2012) subsunçor ou ideia-âncora é um conhecimento relevante à nova aprendizagem, e pode ser, por exemplo, um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental ou ainda uma imagem.

Sob a luz da teoria de Aprendizagem Significativa professor e aluno têm responsabilidades distintas. O primeiro deve: a) diagnosticar o que o aluno já sabe sobre o tema; b) selecionar, organizar e elaborar o material educativo; c) verificar se os significados compartilhados correspondem aos aceitos no contexto da disciplina e d) reapresentar os significados de uma nova maneira, caso o aluno não tenha ainda captado aqueles desejados. A segunda condição para a ocorrência de aprendizagem significativa é a intencionalidade do aluno para aprender de forma significativa, ou seja, é o aluno que deverá relacionar de forma substantiva e não arbitrária a nova informação com as ideias relevantes que já existem na sua estrutura cognitiva. As duas condições não são excludentes, elas devem acontecer simultaneamente visto que é possível aprender sem ensino e, do mesmo modo, se o aluno não decidir aprender de forma significativa, não haverá ensino ou material potencialmente significativo que garanta a aprendizagem do aluno. Do mesmo modo, se o aluno tiver intencionalidade para aprender de forma mecânica, como comumente ocorre atualmente, não haverá ensino potencialmente significativo que garanta aprendizagem significativa. Como já foi dito anteriormente, estas condições evidenciam que o processo de ensino e de aprendizagem implica corresponsabilidade do professor e do aluno. O professor deve estar subsidiado teoricamente para construir, considerando o que o aluno já sabe e a natureza do conhecimento a ser ensinado, um material de ensino potencialmente significativo e o aluno, por sua vez, deve buscar ativamente captar os significados ensinados, interpretá-los e relacioná-los (de forma substantiva e não arbitrária) com os conhecimentos que já possui. (LEMOS, 2006, p. 60).

Ausubel (2003) defende que a Aprendizagem Significativa deve ser subordinada, segundo a qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa, ou seja, no processo de conexão com algum conhecimento prévio na estrutura cognitiva, princípio denominado diferenciação progressiva. Por esse princípio, entende-se que deve haver um desdobramento dos conceitos, partindo-se do mais abrangente para o mais específico. À medida que esses conceitos se incorporam à estrutura mental do indivíduo, pode-se pensar na reconciliação integrativa, quando é possível observar semelhanças

e diferenças e agrupá-las, estabelecendo conexões entre diferentes ramos da hierarquia de conceitos. Tem-se, portanto, a criatividade, e caminha-se rumo à autonomia intelectual.

A justificativa para o presente trabalho parte da premissa de estudar como as imagens podem contribuir para uma Aprendizagem Significativa de conceitos da Química, ressaltando-se a importância de desmitificar essa Ciência como algo que só se aprende e se compreende com o uso maciço de cálculos e fórmulas. É objetivo ainda, desse estudo, verificar se os livros analisados são um material potencialmente significativo para se atingir uma Aprendizagem Significativa, na medida em que o conteúdo esteja organizado obedecendo-se aos princípios das teorias de Johnstone (1982); Ausubel, Novak e Hanesian (1980) bem como Ausubel (2003).

METODOLOGIA

As imagens sobre o tema Soluções, dos livros didáticos aprovados no PNLD/2018, foram analisadas em dois momentos (etapas), observando-se os níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e representacional, segundo as diretrizes dos trabalhos de Johnstone (1982) e Kiill (2009); assim como as relações que serão estabelecidas para que uma Aprendizagem Significativa ocorra, são elas diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (AUSUBEL, 2003).

Portanto, defende-se, no presente trabalho, que a diferenciação progressiva poderá ser observada quando, por exemplo, uma ilustração partir do aspecto macroscópico para o submicroscópico e, seguir, para o representacional. E a reconciliação integrativa será observada ao se empregar duas ou mais dimensões do conhecimento químico e as combinações e correlações que se estabelecerem entre elas.

A seguir apresentam-se os seis livros didáticos aprovados no PNLD/2018-Química conforme o Ministério da Educação (BRASIL, 2017). Dentre eles, três foram doados aos autores, pelas respectivas editoras, quando da divulgação dos livros para escolha dos docentes do Ensino Médio. As imagens analisadas neste estudo são, portanto, das seguintes obras: *C, D e F*.

A) BRUNI, Aline Thais; NERY, Ana Luiza Petillo; BIANCO, André Amaral Gonçalves; LISBOA, Júlio Cezar Foschini; RODRIGUES, Henrique; SANTINA, Kátia; BEZERRA, Lia Monguilhott; BIANCO, Paulo A. G.; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; ÁVILA, Simone Garcia de; YDI, Simone Jaconetti; LOCATELLI, Solange Wagner; AOKI, Vera Lúcia Mitiko. *Ser Protagonista – Química*. 3. ed. São Paulo: SM, 2016.

B) CASTRO, Eliane Nilvana Ferreira de; SILVA, Gentil de Souza; MÓL, Gerson; MATSUNAGA; Roseli Takako; OLIVEIRA, Sandra Maria de; FARIAS, Salvia Barbosa; DIB, Siland Meiry Franca; SANTOS, Wildson. *Química Cidadã*. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

C) CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; CHEMELLO, Emiliano; PEREIRA, Luís Fernando; PROTI; Patrícia Barrientos. *Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

D) MACHADO, Andréa Horta; MORTIMER, Eduardo Fleury. *Química*. 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

E) NOVAIS, Vera Lúcia Duarte; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Vivá Química*. 1. ed. São Paulo: Positivo, 2016.

F) REIS, Martha. *Química*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

De forma mais específica, quanto aos níveis de representação do conhecimento químico, elegeu-se o tópico: soluções concentradas e soluções diluídas como proposta para a análise das imagens, tendo em vista a discussão realizada anteriormente, acerca das possíveis dificuldades de aprendizagem associadas à temática. Dessa forma, a Tabela 1 reúne informações acerca da localização das imagens nas obras analisadas, bem como o número de páginas e o número de imagens selecionadas.

Tabela 1 – Livros, localização das imagens nas obras, número de páginas analisadas e número de imagens selecionadas.

Livro	Localização das imagens	Número de páginas	Número de imagens
C	Volume 2, capítulo 1, tema 2 “As principais formas de expressar as concentrações dos solutos nas soluções”, tópico: Soluções concentradas e soluções diluídas	4 (32 a 35)	6

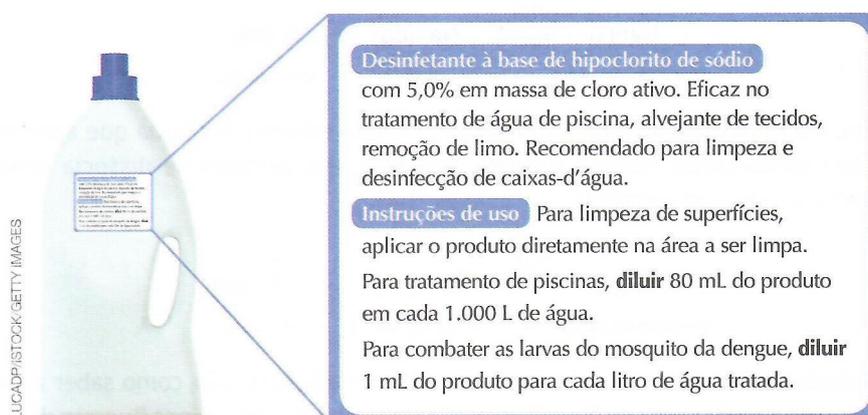
D	Volume 2, capítulo 1 “Soluções e solubilidade”, tópico: Estudando a concentração das soluções	1 (38)	1
F	Volume 2, unidade 2, capítulo 4 “Estudo das soluções”, tópico 4: Diluição e concentração	3 (85 a 87)	3

Fonte: elaborado pelos autores.

Os capítulos analisados são organizados em seções ou tópicos e apresentam imagens associadas ao texto explicativo do conteúdo, a exercícios e a propostas de experimentos. Foram desconsideradas na análise conteúdos para além dos tópicos relacionados às soluções concentradas e diluição de soluções, visto que foi possível encontrar, em pelo menos uma das três obras, imagens que abarcassem todos os níveis do conhecimento químico. As imagens foram escaneadas a partir das publicações originais.

Na primeira etapa da análise, as imagens foram classificadas consoante os níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e representacional. Para uma mesma imagem, um ou mais níveis representacionais puderam ser identificados. Para fins de exemplificação, a Figura 1, retirada do livro C, ilustra uma imagem associada, simultaneamente, aos aspectos macroscópico e representacional.

Figura 1 – Exemplo de aspectos macroscópico e representacional.

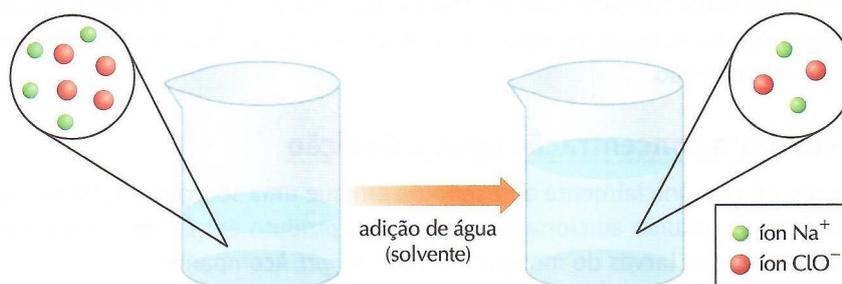


Fonte: Livro C.

Observa-se, na Figura 1, a imagem de um produto (desinfectante) à base de hipoclorito de sódio, representando o nível macroscópico, e informações associadas ao nível representacional, como o percentual em massa de cloro ativo no referido produto (5,0%), a quantidade de produto (80 mL) a ser diluído para uma quantidade de água (1.000L) e a quantidade de produto a ser utilizada para combater as larvas do mosquito-da-dengue (1 mL) para cada litro de água. Tal imagem integra o tópico sobre soluções concentradas e soluções diluídas, por meio da indicação de como os rótulos de produtos como esse apresentam os procedimentos para utilização.

Na Figura 2, ilustra-se uma imagem retirada do livro C, que compreende os aspectos macroscópico, submicroscópico e representacional, respectivamente.

Figura 2 – Exemplo de aspectos macroscópico, submicroscópico e representacional.



Fonte: Livro C.

Consoante a Figura 2, observa-se a continuidade da explicação da Figura 1. Os autores indicam tratar da comparação da concentração de cloro ativo no produto desinfetante (frasco à esquerda) com a solução preparada a partir da adição de água como solvente (frasco à direita). Cada um dos frascos apresenta o nível macroscópico, pela ilustração na cor azul indicando a presença de líquido. Por outro lado, há o uso de recurso de *zoom* para indicação do nível submicroscópico, indicando a diferença de concentração em cada uma das situações. Além disso, é apresentada uma legenda, que compreende o nível representacional, indicando a correspondência entre as bolinhas verdes e o íon Na^+ e as bolinhas vermelhas e o íon ClO^- .

Na segunda etapa da análise, as imagens foram classificadas conforme os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. No exemplo da Figura 1, separadamente, não são observados os princípios da diferenciação progressiva, tendo em vista que o nível submicroscópico não é abordado na imagem, o que não oferece aos estudantes possibilidades de entendimento dos conceitos, segundo os referenciais adotados.

Conforme a Figura 2, fica evidente a presença dos três níveis representacionais, de modo que a diferenciação progressiva é observada. Na leitura das imagens em conjunto, conforme apresentadas no livro C, observa-se a possibilidade de integração dos conceitos, já que os três níveis representacionais estão ilustrados. Em contraponto, os níveis não são apresentados em uma ordem hierárquica, o que indica que a mediação do professor na leitura de tais imagens é fundamental. Tendo em vista os exemplos, as etapas foram adotadas para todas as imagens analisadas, assim, serão discutidas as características observadas nas três obras analisadas, consoante os níveis do conhecimento químico abordados e as possibilidades de interpretação, segundo a Aprendizagem Significativa. Ressalta-se que o intuito não é classificar as obras em melhor ou pior, mas indicar potencialidades e limitações das imagens no desenvolvimento da Aprendizagem Significativa, a fim de contribuir para a discussão teórica sobre a temática e, potencializar o planejamento docente referente ao uso de imagens durante aulas de química.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados por meio das imagens presentes nos tópicos sobre as soluções concentradas e as soluções diluídas, considerando os níveis do conhecimento químico – macroscópico, submicroscópico e representacional, construiu-se, a Tabela 2, abaixo. Entenda-se frequência como a quantidade de vezes que o respectivo nível de representação do conhecimento químico foi retratado em cada imagem, para cada coluna – nível, em porcentagem aproximada (%).

Tabela 2 – Níveis de representação do conhecimento químico para o tópico soluções concentradas e soluções diluídas em livros de Química – PNLD/2018.

Livro	Figura	Nível		
		Macroscópico	Submicroscópico	Representacional
C	1	X		X
	2	X	X	X
	3	X		X
	4	X		X
	5	X		
	6	X	X	
Frequência		100%	33%	66%
D	1	X		

Frequência		100%	0%	0%
F	1	X		
	2	X		X
	3	X		X
Frequência		100%	0%	66%
Frequência Total		100%	20%	60%

Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme a Tabela 2, quanto ao número de imagens, para o tópico, o livro C apresentou o maior número: 6, seguido pelo livro F: 3 e por último o livro D: 1. Lemke (1998) defende a importância de se estabelecer uma correspondência entre a linguagem verbal e a visual para a construção de conceitos, isto é, os conceitos são definidos pela soma, ou união, de significados implícitos em todas as representações.

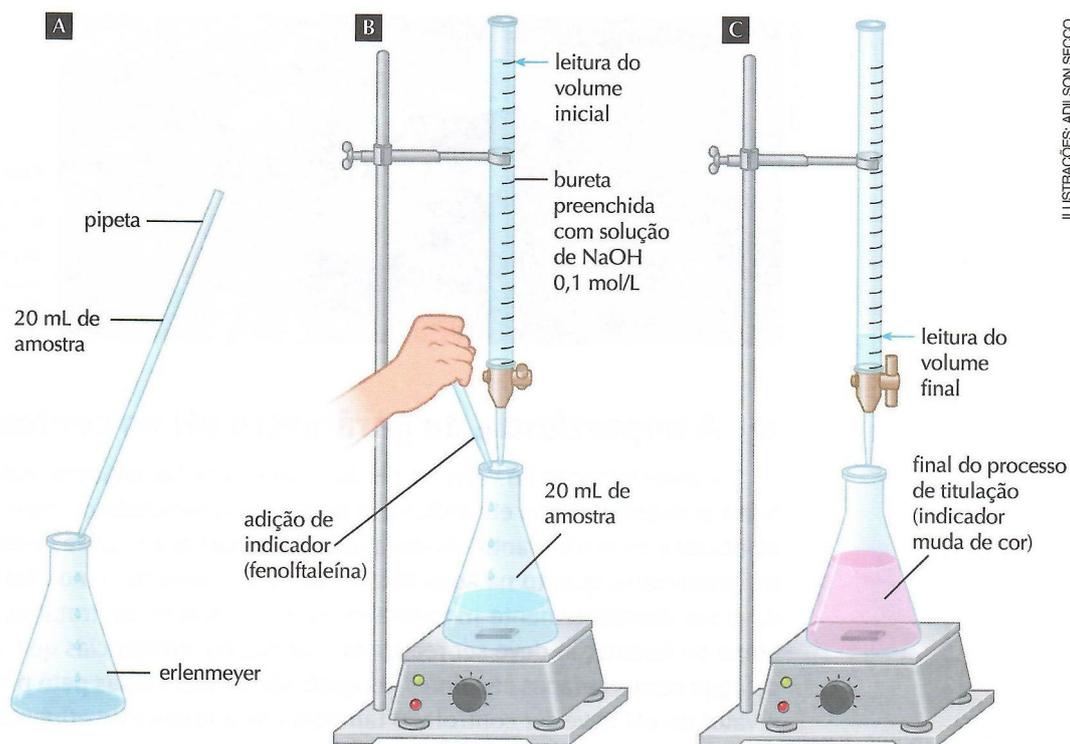
De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Ausubel (2003) a Aprendizagem Significativa ocorre quando se obedece a uma estrutura hierárquica, partindo-se do conceito mais abrangente para o mais específico, tal princípio constitui-se a diferenciação progressiva.

Em relação ao conteúdo de Soluções, a Aprendizagem Significativa, ficará evidenciada se os conceitos forem apresentados do nível macroscópico (perceptível: concreto) para o submicroscópico (arranjo atômico-molecular: abstrato) e representacional (fórmulas: linguagem química); ademais deve haver um diálogo entre esses campos do conhecimento químico, o que favorecerá a reconciliação integrativa. Assim, o livro didático que promover o desenvolvimento da habilidade de correlacionar essas dimensões, poderá facilitar o entendimento de conceitos químicos, pelos estudantes (KIILL, 2009).

A partir da análise dos dados, relativos ao tópico soluções concentradas e soluções diluídas, nos livros C, D e F, ilustrados na Tabela 2, pode-se inferir que o nível macroscópico (100%) é o mais abordado nas respectivas obras, em seguida, o nível representacional (60%) e por último o nível submicroscópico (20%), ou seja, o arranjo e movimento de moléculas e átomos, o qual é primordial para o entendimento dos fenômenos químicos, é trabalhado de forma incipiente nas obras; o que pode levar a lacunas na estrutura cognitiva do aprendiz, que por sua vez traz embaraço a uma compreensão significativa dos conceitos. O enfoque deficiente do aspecto submicroscópico nos títulos abarcados prejudica a criação de modelos explicativos para compreender o conceito de átomo, uma vez que a capacidade de abstração ajuda na aprendizagem de conceitos.

Sobre a Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa, apenas no livro C é possível observar que o autor trabalhou tais princípios, com referência ao capítulo de Soluções. A análise das Figuras 3 e 4 evidencia que a diferenciação progressiva ocorre quando na Figura 3 abordam-se os aspectos macroscópico e representacional.

Figura 3 – Aspectos macroscópico e representacional: Exemplo de Diferenciação Progressiva.



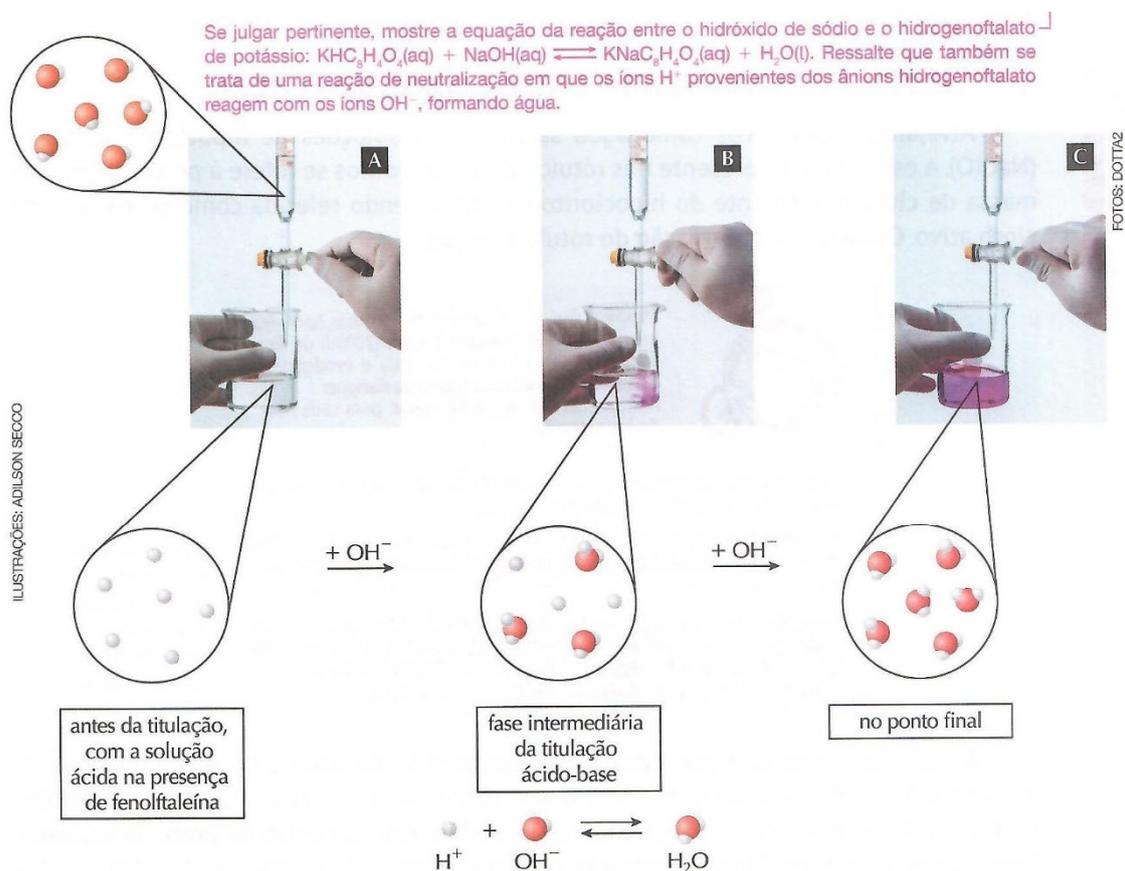
Esquema das etapas para a determinação experimental da concentração de ácido em uma amostra. Representação sem escala; cores fantasia.

Fonte: Livro C.

A imagem da Figura 3, retirada do livro C, na página 38, ilustra o processo de determinação da concentração de ácido em uma amostra de ácido clorídrico, a partir dos níveis macroscópico, por meio de substâncias em vidrarias, por exemplo, e representacional, por meio de fórmulas, como NaOH, quantidades em volume (20 mL) e concentração (0,1 mol/L), por exemplo, indicadas nas legendas da imagem.

Na Figura 4, tem-se os três aspectos do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e representacional; portanto, percebe-se a preocupação do autor em estabelecer uma hierarquia conceitual, partindo-se do aspecto mais abrangente, para o mais específico.

Figura 4 – Aspectos macroscópicos, submicroscópicos e representacionais. Exemplo de Diferenciação Progressiva.



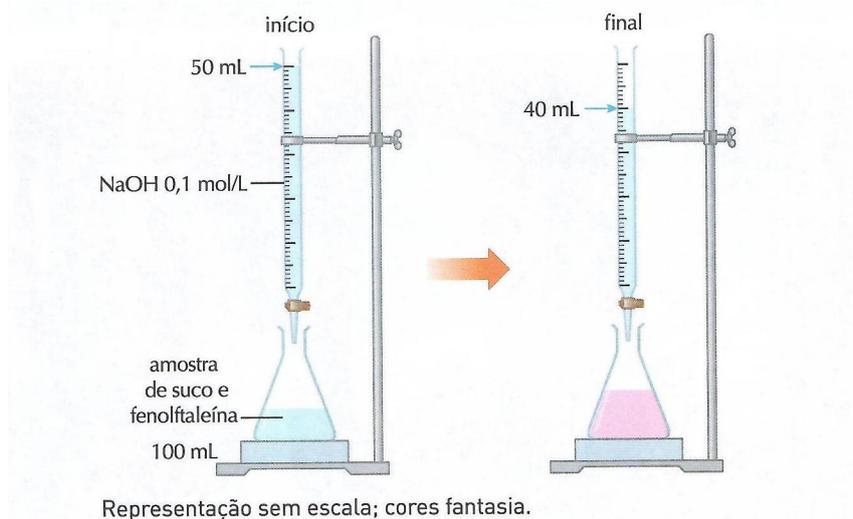
Titulação de uma solução de caráter ácido utilizando o indicador ácido-base fenolftaleína. Antes de a reação começar, a solução (amostra) é incolor (A). Com a adição do titulante (solução-padrão), inicia-se a reação, e a tonalidade cor-de-rosa em razão da fenolftaleína começa a aparecer (B). Quando a neutralização completa ocorre (ponto de equivalência), um tom cor-de-rosa se estende por toda a solução (C). Representação sem escala; cores fantasia.

Fonte: Livro C.

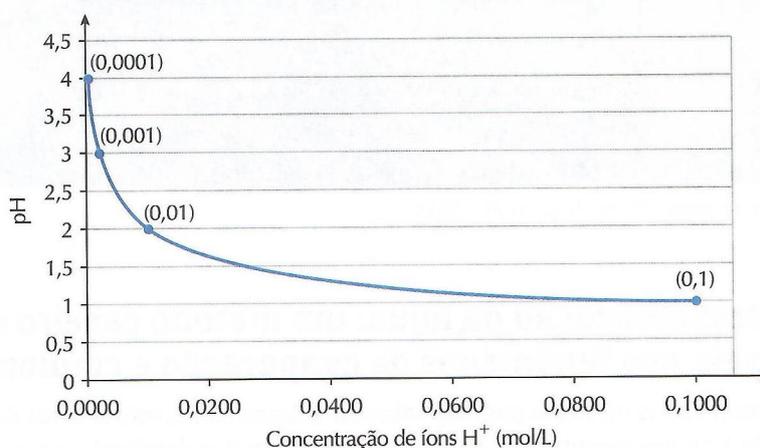
A imagem da Figura 4, retirada do livro C, contida na página 39, ilustra a titulação de caráter ácido, utilizando o indicador fenolftaleína. Ressalta-se que as instruções escritas na cor rosa, na imagem, são apresentadas por se tratar da versão do livro destinada ao professor, que contém indicações de como a abordagem pedagógica pode ser realizada. Três momentos são apresentados, em [A] antes da reação acontecer; em [B] quando a neutralização ocorre; em [C] quando a reação atinge a neutralização completa. Os aspectos macroscópicos são observados a partir da fotografia do processo em questão, na qual há a solução ácida em um béquer. O recuso de *zoom* é utilizado para mostrar o nível submicroscópico equivalente a cada uma das situações, inclusive mostrando a substância de caráter básico na bureta (NaOH).

Com relação à reconciliação integrativa, ela fica evidente na Figura 5, na medida em que o autor procura resgatar as informações ao propor um exercício.

Figura 5 – Aspectos macroscópico e representacional. Exemplo de Reconciliação Integrativa.



Variação do pH de uma solução em função da concentração de íons H^+



Fonte: Livro C.

A imagem da Figura 5, retirada do livro C, presente na página 43, ilustra a titulação de suco de limão e uva verde, utilizando NaOH para neutralização e indicador fenolftaleína. De modo distinto das imagens discutidas anteriormente, é apresentado um gráfico da variação de pH por concentração de íons H^+ , para o referido processo. Assim, observa-se o nível macroscópico, por meio da substância indicada nos erlenmeyers, na parte superior da imagem (amostra de suco e indicador), bem como o nível representacional, por meio de fórmulas (NaOH), pelo gráfico, dentre outros.

Nesse momento, o aprendiz terá a oportunidade de retomar os conceitos apresentados e verificar possíveis erros ou inconsistências e, ainda, semelhanças, para finalmente consolidar o conhecimento. A reconciliação integrativa fica reforçada quando o estudante, para resolver o exercício, tem que retomar os conceitos, estudados anteriormente, e aplicá-los para a correta interpretação do gráfico, a fim de extrair informações que possam auxiliá-lo na resolução da atividade.

Quanto ao tópico titulação, em que se encontram imagens alusivas à diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, somente os livros C e F abordam o tópico. O livro F, no entanto, apresenta o conteúdo apenas sob a forma de texto (linguagem verbal escrita), acompanhado por duas imagens do mundo macroscópico. Em seguida, complementa o texto verbal com a resolução de um exercício em que predomina a linguagem matemática corroborada por imagens apenas do aspecto macroscópico. Já o livro D não discute o assunto. Portanto, verifica-se que o livro C aborda o tema titulação combinando a linguagem escrita com a linguagem imagética que, por sua vez, abarca os três níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e representacional. O livro F utiliza a linguagem escrita combinada com a linguagem matemática e, imagens, exclusivamente, do universo macroscópico, o que pode dificultar a assimilação do conteúdo proposto. Enquanto o livro D não tece

nenhum comentário sobre o tópico titulação no capítulo referente às Soluções, seja no âmbito textual ou imagético.

Assim, é possível afirmar, pela análise do recorte proposto, que as imagens, isoladamente, não contemplam a Aprendizagem Significativa, uma vez que não são apresentadas de forma hierarquizada, ou seja, do aspecto macroscópico para o submicroscópico até atingir o aspecto representacional; as imagens estão dispostas de maneira desconectada ou até mesmo desarticulada, sem a preocupação em apresentar uma estrutura hierárquica organizada. Não há também uma comunicação entre as imagens propostas de modo a possibilitar a reconciliação integrativa e, tampouco, se observa a diferenciação progressiva. Conforme já mencionado, tal quadro pode ser modificado por meio da mediação do professor. Ademais, a frequência das imagens revela que o nível macroscópico (100%) é o mais abordado nos livros em detrimento dos outros níveis; exemplo que se realça no livro D, o qual apresentou, exclusivamente, uma única imagem que, por sua vez, se destaca no aspecto macroscópico, o que dificulta sobremaneira a verificação se a teoria de Ausubel é contemplada nessa obra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se, com esse estudo, contribuir para que os princípios da Teoria de Ausubel: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, possam ser mais bem compreendidos para a aplicação em imagens e materiais didáticos da área de química; assim como criar perspectivas para que esses fundamentos sejam abordados em futuros livros didáticos. Merecem atenção, inclusive, os três pilares do conhecimento químico, nessa perspectiva ausubeliana.

Ainda é foco dessa investigação fomentar discussões a fim de verificar a evolução, ou não, em relação aos parâmetros observados no trabalho de Kill (2009), o qual constatou que as imagens utilizadas, para representar o conhecimento químico, foram apenas as macroscópicas e, meramente ilustrativas, nos livros aprovados no PNLEM/2007.

Nessa direção, novos estudos estão sendo realizados sob a ótica da Gramática do Design Visual de Kress e van Leeuwen (2021). Ademais, cabe destacar a relevância da realização de pesquisas futuras acerca das obras selecionadas pelo PNLD de anos posteriores a 2018, visto que a abordagem disciplinar, presente nos documentos aprovados no PNLD 2018, foi substituída pela abordagem por áreas do conhecimento, de modo que os conteúdos de química passaram a integrar livros de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, conforme exigido pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018). Tal modificação pretende promover a interdisciplinaridade, a contextualização e o trabalho por projetos, o que pode refletir na utilização das imagens nesse contexto.

AGRADECIMENTOS E APOIOS

À Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais – SEE/MG – SRE-PC – EEPsAMuz.

Ao Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS/BIB-Muz.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – UNESP/FC/Bauru.

Aos Profs. Dr. Luiz Henrique Ferreira – DQ/UFSCar e Dr. Dácio Rodney Hartwig – DEME/UFSCar pelas discussões iniciais que contribuíram para a elaboração deste estudo.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003. 219p.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. *Psicologia Educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Base Nacional Comum Curricular – BNCC*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. 600 p. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versoafinal_site.pdf. Acesso em: 25 fev. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *PNLD 2018: Química – guia de livros didáticos – ensino médio/ Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação*. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017. 56 p. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/125-guias?download=10745:guia-pnld-2018-quimica>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BRUNI, Aline Thais; NERY, Ana Luiza Petillo; BIANCO, André Amaral Gonçalves; LISBOA, Júlio Cezar Foschini; RODRIGUES, Henrique; SANTINA, Kátia; BEZERRA, Lia Monguilhott; BIANCO, Paulo A. G.; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; ÁVILA, Simone Garcia de; YDI, Simone Jaconetti; LOCATELLI, Solange Wagner; AOKI, Vera Lúcia Mitiko. *Ser Protagonista – Química*. 3. ed. São Paulo: SM, 2016.

CASTRO, Eliane Nilvana Ferreira de; SILVA, Gentil de Souza; MÓL, Gerson; MATSUNAGA; Roseli Takako; OLIVEIRA, Sandra Maria de; FARIAS, Salvia Barbosa; DIB, Siland Meiry Franca; SANTOS, Wildson. *Química Cidadã*. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; CHEMELLO, Emiliano; PEREIRA, Luís Fernando; PROTI; Patrícia Barrientos. *Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

CURSINO, João Paulo Alves; RAMOS, Denise de Amorim. Análise das imagens referentes ao conteúdo de Bioquímica nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. *Revista Desafios*, v. 3, n. 2, 2016. <<https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2016v3n2p99>>.

ÇALÝK, Muammer; AYAS, Alipasa; EBENEZER, Jazlin V. A Review of Solution Chemistry Studies: Insights into Students' Conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, v. 14, n. 1, p. 29-50, 2005. <<https://doi.org/10.1007/s10956-005-2732-3>>.

EBENEZER, Jazlin V. Making Chemistry Learning More Meaningful. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 6, p. 464-467, 1992. <<https://doi.org/10.1021/ed069p464>>.

FERREIRA, Celeste Rodrigues. *O uso de visualizações no ensino de Química e Física: a formação pedagógica de professores*. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

GIBIN, Gustavo Bizarria. *Atividades experimentais investigativas como contribuição ao desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos*. Tese (Doutorado em Química). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2013.

JOHNSTONE, Alex Henry. Macro and Microchemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KIILL, Keila Bossolani. *Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico*. Tese (Doutorado em Química). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2009.

KRESS Gunther.; VAN LEEUWEN, Theo. *Reading images: the grammar of visual design*. London/NY: Routledge, 2021.

LEITE, Maycon Batista. *Abordagem contextual no capítulo de Soluções em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2012*. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2013.

LEITE, Maycon Batista; SOARES, Marlon Hébert Flora Barbosa. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2012/2015. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 2, n. 1, p. 41-60, 2018. <<https://doi.org/10.30705/eqpv.v2i1.983>>.

LEMKE, Jay L. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text, In: MARTIN, Jim R.; VEEL, Robert (Eds.) *Reading science: functional perspectives on discourses of science*. London: Routledge, 1998, p. 87-113. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/246905867_Multiplying_meaning_Visual_and_verbal_semiotics_in_scientific_text>. Acesso em: 25 fev. 2023.

LEMOES, Evelyse dos Santos. A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. *Série-Estudos: Periódicos do Mestrado em Educação da UCDB*, n. 21, p. 53-66, jan./jun. 2006. <<https://doi.org/10.20435/serie-estudos.v0i21.291>>.

LIMA, Mikeas Silva; LARINE, Henrique Meisegeier; SANTOS, Douglas Gomes Lima; QUEIROZ, Salette Linhares. Análise de inscrições em livros didáticos de química. *Química Nova na Escola*, v. 44, n. 1, p. 81-97, 2022. <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160279>>.

MACHADO, Andréa Horta; MORTIMER, Eduardo Fleury. *Química*. 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MARTINS, Isabel; GOUVÊA, Guaracira; PICCININI, Cláudia; BUENO, Téo; LENTO, Caroline; PEDRO, Tatiana; PAULO, Nathalia. Uma análise das imagens nos livros didáticos de Ciências para o Ensino Fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, 4., 2003, Florianópolis. Disponível em: <<https://fep.if.usp.br/~profis%20/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL177.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Livraria da Física, 2012. 179p.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCUESTRO NACIONAL SOBRE ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA, 1., 2007, Tandil. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisao critica.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

NOVAIS, Vera Lúcia Duarte; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Vivá Química*. 1. ed. São Paulo: Positivo, 2016.

OTERO, Maria Rita; GRECA, Ileana Maria; SILVEIRA, Fernando Lang. Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: un estudio comparativo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 1, p.1-30, 2003. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/94806/000913441.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

OTERO, Maria Rita; MOREIRA, Marco Antônio; GRECA, Ileana Maria. El uso de imágenes en textos de física para la enseñanza secundaria y universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n 2, p. 127-154, 2002. Disponível em: <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/565>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PERALES, Francisco Javier. Uso (Y Abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Granada, v. 24, n. 1, p. 13-30, 2006. Disponível em: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/73529/84737>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PERALES, Francisco Javier; JIMÉNEZ, Juan de Dios. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002. Disponível em: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21826/21660>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

QUADROS, Ana Luiza; BOTELHO, Maria Luiza Silva Tupy; ARAÚJO, Ana Livia Baptistella. Para que representar? As representações multimodais nas aulas de Ciências. In: COUTINHO, Francisco Angelo; RODRIGUES E SILVA, Fábio Augusto; FRANCO, Luiz Gustavo; VIANA, Gabriel Menezes (Orgs.). *Tendências de pesquisas para a Educação em Ciências*. São Paulo: Na Raiz, 2022, p. 129-152. <<https://doi.org/10.5281/zenodo.7246716>>.

REIS, Martha. *Química*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

SANTANA, Salomão de Jesus. *Imagens em livros didáticos de Física: uma análise semiótica*. Dissertação (Mestrado em Educação). Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 2018.

SANTOS, Graziane Gomes. *Aprendizagem Significativa no ensino de Química: experimentação e problematização na abordagem do conteúdo polímeros*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2017.

SCALCO, Karina Caixeta. *Estudo das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem*. Dissertação (Mestrado em Química). Alfenas: Universidade Federal de Alfenas, 2014.

SETYORINI, Triyana Wahyu; PARISTIOWATI, Maria; AFRIZAL. Digital Literacy Analysis through Flipped Classroom Learning using Web-Edmodo on Buffer Solution Material. *International Journal of Social and Management Studies (IJOSMAS)*, Jakarta, v. 4, n. 1, p. 33-39, 2023. <<https://doi.org/10.5555/ijosmas.v4i1.267>>.

TOMIO, Daniela; GRIMES, Camila; RONCHI, Daiane Luchetta; PIAZZA, Fernanda; REINICKE, Karina; PECINI, Vanessa. As imagens no ensino de Ciências: o que dizem os estudantes sobre elas? *Caderno Pedagógico*, Lajeado, v. 10, n. 1, p. 25-40, 2013. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/869/858>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Autor 1: Escrita e análise dos dados.

Autora 2: Coorientadora, participação na análise dos dados, revisão da escrita inicial e final.

Autor 3: Orientador, participação na análise dos dados, revisão da escrita inicial e final.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesse com o presente artigo.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.