

ARTIGO

A PERCEÇÃO DA MATEMÁTICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA

KARINA ALESSANDRA PESSOA DA SILVA^{I*}

<https://orcid.org/0000-0002-1766-137X>

LOURDES MARIA WERLE DE ALMEIDA^{II**}

<https://orcid.org/0000-0001-8952-1176>

RESUMO: Neste artigo dirigimos nossa atenção para a percepção da Matemática em livros didáticos de Química por professores, estudantes de pós-graduação em Educação Matemática. Nosso aporte teórico é a Semiótica Peirceana, mais especificamente a teoria da percepção, e a abordagem interdisciplinar entendida como possibilidade de integrar, articular e trabalhar em conjunto as diferentes disciplinas. Por meio de uma análise qualitativa e de cunho interpretativo dos signos produzidos por quatro grupos de professores com relação à presença da Matemática no conteúdo Propriedades Coligativas nos livros, evidenciamos que estes percebem possibilidades para abordagens interdisciplinares entre Matemática e Química uma vez que a apresentação de objetos da química requer signos matemáticos como, por exemplo, gráficos e tabelas. Na percepção dos professores-estudantes, os livros didáticos parecem viabilizar abordagens interdisciplinares a partir de situações-problema propostas, atividades experimentais e na dedução de fórmulas. Todavia estas abordagens requerem um empenho dos professores de ambas as disciplinas.

Palavras-chave: Abordagem interdisciplinar. Semiótica peirceana. Livro didático.

LA PERCEPCIÓN DE LAS MATEMÁTICAS EN LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA

RESUMEN: En este artículo enfocamos nuestra atención en la percepción de las matemáticas en los libros de texto de química por parte de maestros, estudiantes de posgrado en Educación Matemática. Nuestro soporte teórico es la Semiótica de Peirce, más específicamente

*Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Docente do Departamento de Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da UTFPR, Londrina, vinculada ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem, Investigação e Tecnologia.
E-mail: <karinasilva@utfpr.edu.br >

**Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
Docente do Departamento de Matemática da Universidade Estadual de Londrina e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL, Londrina, vinculada ao Grupo de Pesquisa sobre Modelagem Matemática e Educação Matemática.
E-mail: <lourdes@uel.br >

I Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Matemática, Londrina, PR - Brasil.

II Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Matemática, Londrina, PR - Brasil.

la teoría de la percepción, y el enfoque interdisciplinario comprendido como una posibilidad para integrar, articular y trabajar juntas las diferentes asignaturas. Por medio de un análisis cualitativo e de carácter interpretativo de los signos producidos por cuatro grupos de maestros con respecto a la presencia de las Matemáticas en el contenido de Propiedades Coligativas en los libros, mostramos que perciben posibilidades de enfoques interdisciplinarios entre Matemáticas y Química, ya que la presentación de los objetos de química requiere signos matemáticos, como gráficos y tablas. En la percepción de los estudiantes docentes, los libros de texto parecen permitir enfoques interdisciplinarios basados en situaciones problemáticas propuestas, actividades experimentales y deducción de fórmulas. Sin embargo, estos enfoques requieren el compromiso de los docentes de ambas materias.

Palabras clave: Enfoque interdisciplinario. Semiótica de Peirce. Libro de texto.

THE PERCEPTION OF MATHEMATICS IN CHEMISTRY TEXTBOOKS

ABSTRACT: In this paper we focus our attention on the perception of mathematics in chemistry textbooks by teachers, graduate students in Mathematics Education. Our theoretical support is the Peircean Semiotics, more specifically the theory of perception, and the interdisciplinary approach understood as a possibility to integrate, articulate and work together the different disciplines. Through a qualitative and interpretative analysis of the signs produced by four groups of teachers regarding the presence of Mathematics in the Colligative Properties content in the books, we show that they perceive possibilities for interdisciplinary approaches between Mathematics and Chemistry since the presentation of objects of chemistry requires mathematical signs such as graphics and tables. In the perception of student-teachers, textbooks seem to enable interdisciplinary approaches based on proposed problem situations, experimental activities and deduction of formulas. However, these approaches require a commitment from teachers on both subjects.

Keywords: Interdisciplinary approach. Peircean semiotic. Textbook.

INTRODUÇÃO

No contexto educacional, o livro didático pode ser considerado um ente de linguagem e se configura como instrumento fundamental para o estudo dos conteúdos das disciplinas, sendo a fonte de informação mais imediata para alunos e professor. Nos livros, de forma geral, as informações se apresentam por meio de textos escritos e imagens. Essas últimas podem se apresentar por meio de diferentes recursos, como ilustrações, fotografias, gráficos e infográficos. Assim, podemos considerar que o livro didático contempla uma multiplicidade de signos que representam os objetos do conteúdo.

Nosso entendimento com relação ao signo e ao objeto está fundamentado na semiótica peirceana (PEIRCE, 1972; PEIRCE, 1989; PEIRCE, 2005). Peirce define signo como qualquer coisa que ocupa lugar do objeto e que seja capaz de dar origem a outros signos em um processo contínuo na mente interpretadora. Os signos no livro didático representam os objetos para um aluno (intérprete) e o professor pode, em diferentes circunstâncias, articular os signos de objetos de disciplinas diferentes na perspectiva de uma abordagem interdisciplinar. Segundo Brasil (2014, p. 11), “o livro didático pode contribuir de forma decisiva para estimular a docência na direção de estabelecer vínculos entre as disciplinas, gerando ações pedagógicas que se fortaleçam em torno de temas de relevância social, cultural e científica”. Para Bridi *et al.* (2010, p. 132):

A formação interdisciplinar é um requisito básico na sociedade contemporânea. Deve ser tomada como um imperativo da mais importante das novas condições de produção do conhecimento científico, bem como das novas condições de estar e estar em um mundo em rede.

Em nossa pesquisa, a abordagem interdisciplinar “é entendida como a possibilidade de integrar, articular, trabalhar em conjunto” (AUGUSTO *et al.*, 2004, p. 278). Neste contexto, inserir nas aulas “práticas pedagógicas interdisciplinares não significa apagar as disciplinas escolares tal como se apresentam no que se refere às suas linguagens e a seus pensamentos próprios e particulares” (BRASIL, 2014, p. 11). Neste sentido, considerando a importância da linguagem signíca presente nos livros didáticos bem como o entendimento de que os “professores devem ser os protagonistas na implementação de práticas interdisciplinares na escola” (AUGUSTO *et al.*, 2004, p. 278), dirigimos um olhar semiótico para a percepção da Matemática em livros didáticos de Química de um grupo de professores, estudantes de pós-graduação em Educação Matemática, relativamente ao conteúdo Propriedades Coligativas. Os livros didáticos de Química analisados foram aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2015. A percepção é entendida, em sentido semiótico peirceano, como um “processo mental que possibilita e amplia a relação do indivíduo com seu entorno” (NETTO; PERASSI; FIALHO, 2013, p. 250).

ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR

Ao mencionarmos abordagem interdisciplinar, podemos lançar mão de uma discussão sobre o que vem a ser a interdisciplinaridade. Na literatura, não há consenso sobre o significado do termo interdisciplinaridade, ocorrendo uma diversidade de concepções e usos enquanto teoria e prática. Para Pierson e Neves (2001, p. 121), a “despeito dessa diversidade de concepções, o termo interdisciplinaridade tem sido largamente empregado com o sentido amplo de relacionamento entre disciplinas”. Para estabelecer esse relacionamento, corroboramos com Augusto *et al.* (2004, p. 278) de que há “a necessidade de integrar, articular, trabalhar em conjunto”.

Em sua pesquisa, Pombo (2008, p. 10) destaca o fato de “ninguém saber o que é a interdisciplinaridade. Nem as pessoas que a praticam, nem as que a teorizam, nem aquelas que a procuram definir”. Nesta pesquisa, a autora realiza uma ampla discussão epistemológica sobre interdisciplinaridade na Ciência e interdisciplinaridade no Ensino de Ciências. O que nos move em nossa investigação, todavia, está articulado ao fato da existência do que Pombo (2008, p. 26) denomina de “práticas de cruzamento interdisciplinar”.

Isso vai ao encontro da necessidade de se introduzir práticas pedagógicas que vislumbrem abordagens diferenciadas em sala de aula, destacadas por pesquisadores e documentos oficiais para a Educação Básica relativas à implementação de uma abordagem interdisciplinar. Tal abordagem pode ser entendida como “uma prática possível de ser implementada e um caminho metodológico que dão origem a um diálogo entre saberes, ressaltando o caráter de integrar conhecimentos que se justificam em separado” (BATISTA; SALVI, 2006, p. 172). Ao se referir ao diálogo entre saberes no contexto da formação inicial de professores de Química, Mesquita e Soares (2012, p. 250) afirmam a necessidade de “conversação, troca de ideias e opiniões entre duas ou mais pessoas ou instâncias”. Isso se deve ao fato de que na formação inicial, mesmo que a compreensão dos conceitos químicos utilize de ferramentas oriundas da Matemática, da Biologia ou da Física, na prática docente

a metodologia pode se mostrar falha, pois eles não tiveram acesso durante sua formação inicial às questões pedagógicas referentes a esses conceitos, ou seja, à capacitação para optarem pela melhor forma didática e o recurso mais adequado para abordarem determinado conceito de Física, Biologia, Matemática, dentre outras disciplinas (MESQUITA; SOARES, 2012, p. 250).

Parece haver um consenso de que a interlocução entre professores de diferentes disciplinas potencializa oportunidades de abordagem interdisciplinar em sala de aula, pois isto se constitui “um caminho para o desenvolvimento de ações sistemáticas de levantar aspectos em comum de sua prática com a de outro professor que trabalha com o mesmo grupo de alunos” (TOMAZ; DAVID, 2012, p. 131). Ao realizar uma detalhada revisão bibliográfica em periódicos da área de Ensino, bem como em eventos específicos do ensino de Ciências, sobre a noção de interdisciplinaridade no Ensino Médio, Mozena e Ostermann (2014, p. 196-197) evidenciaram

a necessidade de superação de um ensino fragmentado, linear e descontextualizado, a grande maioria desses artigos situa a interdisciplinaridade, no contexto escolar do Ensino Médio, como um diálogo, uma relação ou uma negociação entre um ou mais conhecimentos disciplinares, não necessariamente apenas os tradicionais [...]

[...] que o professor tem um papel fundamental na implementação da interdisciplinaridade. Ela pode ser efetivada por um único professor em sua sala de aula ou pode ser desenvolvida numa metodologia pautada em projetos [...]. Também a interdisciplinaridade não constitui a negação ou a extinção das disciplinas, nem um cruzamento (ou superposição) de disciplinas, a chamada multidisciplinaridade. Ao contrário, ela perfaz a utilização das disciplinas para, segundo a literatura, esclarecer uma situação, resolver um problema ou compreender algo em seu contexto o mais próximo possível do real ou cotidiano.

Ao tratar das práticas de interdisciplinaridade, Pombo (2008) descreve práticas de importação, práticas de cruzamento, práticas de convergência, práticas de descentração e práticas de comprometimento. Ao nos debruçarmos sobre os aspectos que consideram o diálogo entre professores de diferentes disciplinas numa abordagem interdisciplinar, podemos nos pautar nas práticas de importação que são aquelas

desenvolvidas nos limites das disciplinas especializadas e no reconhecimento da necessidade de transcender as suas fronteiras. Há uma disciplina que faz uma espécie de cooptação do trabalho, das metodologias, das linguagens, das aparelhagens já provadas noutra disciplina (POMBO, 2008, p. 26),

Embora seja ampla a disseminação e o interesse no estudo científico, bem como nos apontamentos dos documentos oficiais, Pierson e Neves (2001, p. 121) afirmam que é de se espantar “como o diálogo entre disciplinas distintas não pareça estar ocorrendo de maneira efetiva em unidades de ensino”.

Augusto *et al.* (2004, p. 278) afirmam que os “professores devem ser os protagonistas na implantação de práticas interdisciplinares na escola”. Neste sentido, a gênese de uma abordagem interdisciplinar é empreendida pelo professor. Para além de uma motivação externa, se faz necessária uma mobilização interna. Para Tomaz e David (2012, p. 130),

[...] algumas situações de sala de aula que ocorrem esporadicamente também podem ser caracterizadas como atividades interdisciplinares, mas muitas vezes não são reconhecidas como tal, fruto talvez da própria forma de organização do currículo e divisão do trabalho escolar, que dificultam uma prática mais sistemática de transferência de aprendizagem pelos alunos. Para que essas situações possam ser mais bem aproveitadas o professor deve: ficar atento e aproveitar oportunidades no decorrer das discussões em sala de aula para chamar a atenção do aluno para possíveis relações entre conhecimentos das diferentes disciplinas escolares.

Reconhecendo a abordagem interdisciplinar como eixo didático-metodológico e que “práticas interdisciplinares na escola não têm sido frequentes

ou significativas” (BRASIL, 2014, p. 11), o Guia de Livros Didáticos do PNDL 2015, Química do Ensino Médio, aponta que “o livro didático pode contribuir de forma decisiva para estimular a docência na direção de estabelecer vínculos entre as disciplinas, gerando ações pedagógicas que se fortaleçam em torno de temas de relevância social, cultural e científica” (BRASIL, 2014, p. 11). Isso porque o “livro didático, além de ser utilizado pelos alunos, é considerado como um complemento para a prática pedagógica do professor” (GRAMOWSKI; DELIZOICOV; MAESTRELLI, 2017, p. 15).

Todavia, há de se considerar a forma como o livro didático apresenta/trata os conteúdos para que o professor tenha subsídios para empreender uma abordagem interdisciplinar. Ao nos referirmos à forma, levamos em consideração os diferentes recursos visuais presentes no livro didático. Tais recursos consistem em signos que podem ser interpretados à luz da semiótica.

SEMIÓTICA PEIRCEANA

O livro didático é “um produto elaborado para o consumo humano e, para tal, apresenta textos escritos, imagens, gráficos, os quais podem interferir como mediadores no processo de aprendizagem” (SCALCO; CORDEIRO; KIILL, 2015, p. 134). Enquanto mediadores, esses recursos visuais presentes no livro didático podem se configurar como signos. Neste artigo, ao tratarmos de signos e suas funções representativas, nos debruçamos na semiótica peirceana.

A semiótica tem origem no grego *semeion* que significa signo e signo corresponde à linguagem. Neste sentido, a semiótica “é a ciência que tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis, ou seja, que tem por objetivo o exame dos modos de constituição de todo e qualquer fenômeno como fenômeno de produção de significação e de sentido” (SANTAELLA, 2008, p. 13).

Existem diferentes vertentes de semiótica que foram se constituindo, tais como a Vigotskyana, a Sausureana e a Peirceana. No que tange ao nosso estudo que considera a semiótica como a doutrina formal dos signos, nos pautamos na semiótica peirceana desenvolvida pelo norte-americano Charles Sanders Peirce. Peirce organizou seus estudos por meio de uma estrutura triádica na qual o signo estabelece mediação entre objeto e interpretante.

Para Peirce (2005), o signo é algo que, para uma pessoa (intérprete), toma lugar de outra coisa (objeto). O objeto é “uma coisa singular existente e conhecida ou que se acredita tenha anteriormente existido ou que se espera venha a existir” (PEIRCE, 2005, p. 48). Neste sentido, um signo representa o objeto. Dizer que um signo “representa seu objeto implica que ele afete uma mente, de tal modo que, de certa maneira, determine naquela mente algo que é mediamente devido ao objeto” (SANTAELLA, 2008, p. 58). O signo criado na mente de um intérprete Peirce (1972) denominou interpretante. Esse novo signo é um processo racional que se cria na mente do intérprete. Neste sentido, podemos concluir, assim como Wartha e Rezende (2015, p. 53), que “o signo representa o objeto; o objeto determina o signo, e o interpretante é determinado, imediatamente, pelo signo e, mediamente, pelo objeto”. Segundo D’Amore, Pinilla e Iori (2015, p. 59), os signos “são meios de pensamento, de compreensão, de raciocínio, de aprendizagem”.

A ação própria do signo é determinar um interpretante, ou seja, a ação do signo é a ação de ser interpretado em outro signo. “É só na relação com o interpretante que o signo completa sua ação como signo” (SANTAELLA, 2007, p. 37). O conceito de signo vai além do ato de estar no lugar de outra coisa. Signo é “qualquer coisa que admita um ‘interpretante’ – isto é, que seja capaz de dar origem a outros signos” (PEIRCE, 1972, p. 27). Segundo Santaella (2009, p. 45), “o signo não ocorre vazio. Ele está enraizado num vastíssimo mundo de relações com outros signos, com tudo aquilo que muito amplamente chamamos de realidade”. Tal realidade pode ser percebida pelos estímulos que funcionam como signos externos que são mediatizados pelo sistema sensorio-motor e pelo potencial e limites dos nossos esquemas cognitivos, mentais, caracterizados como percepção na semiótica.

Para Peirce (2005), a percepção integra as dimensões sensoria, física e cognitiva. A parte sensoria é o signo que representa uma parte “física” da percepção - o objeto; o interpretante consiste na parte cognitiva da percepção.

Para D’Amore, Pinilla e Iori (2015, p. 35), “a realidade está representada nos conceitos que se apresentam idênticos para todos; cada comunidade, entretanto, decide atribuir por convenção palavras diferentes a tal realidade”.

Neste sentido, se faz necessário atentar-se para as variações semióticas de acordo com a comunidade na qual o signo é empregado, pois em muitos casos, essas variações às quais “o professor não dá importância são, ao contrário, percebidas pelos estudantes como significativas e problemáticas” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 106).

Com isso, devemos ter em mente que cada signo representa o objeto de certa forma e capacidade, ou seja, alguns aspectos conceituais componentes do objeto em estudo. Portanto, deve-se “pensar que o estudante, percebe, reconhece e se apropria de *alguns* aspectos do objeto, aqueles colocados em evidência, mas *não de todos* os que o professor tem em mente” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 112).

É a partir da intervenção e da utilização dos signos que se constitui o conhecimento, pois a construção deste “depende precisamente daqueles instrumentos de mediação que colocamos em jogo para a referida construção, bem como do conjunto e do tipo de significações que tais instrumentos recebem do entorno social” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 158). Todavia, como frisam Wartha e Rezende (2015, p. 50),

o conhecimento não existe *per se* no texto, na figura, no diagrama ou na ilustração. Por intermédio destes meios, o que existe são manifestações linguísticas de conceituações. Assim, acredita-se que seja possível transmitir conhecimento por meio de uma imagem, da língua natural, da linguagem computacional, por exemplo, em que o transmitir é contextual, sendo o processo de construção próprio do sujeito.

Segundo D’Amore, Pinilla e Iori (2015) o conhecimento reflete duas dimensões – uma social e uma pessoal. A escola é o “lugar onde se institucionaliza e onde, às vezes, se esclerosa essa dupla natureza” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 159) do conhecimento. Como o livro didático é um material que faz parte desse lugar, há de se considerar as múltiplas facetas utilizadas para a construção do conhecimento.

Análises semióticas de livros didáticos têm sido empreendidas por pesquisadores na área do Ensino de Química e de Educação Matemática (WARTHA; REZENDE, 2011, SILVA; MOTA; WARTHA, 2011, PEREIRA; NÚÑEZ, 2013, SOUZA; PORTO, 2013, SCALCO; CORDEIRO; KIILL, 2015, WARTHA; REZENDE, 2015, ROZENTALSKI; PORTO, 2015, SILVA; MIRANDA; FONTES, 2016). De forma geral, essas análises estão associadas a conteúdos químicos e matemáticos presentes nos livros didáticos. Em nossa pesquisa, o foco da análise semiótica está na percepção da Matemática em livros didáticos de Química por professores, estudantes de pós-graduação em Educação Matemática.

ASPECTOS METODOLÓGICOS E CONTEXTO DA PESQUISA

Ao analisar os Guias do Livro Didático de Ciências para os anos finais do Ensino Fundamental, Gramowski, Delizoicov e Maestrelli (2017) evidenciaram que, embora os documentos oficiais apontem para a articulação de conhecimentos das diferentes áreas, o PNLD tem aprovado, em sua maioria, coleções cujos conteúdos se apresentam de forma fragmentada. Com isso, as autoras entendem que, “no processo de avaliação das obras, a discussão sobre a fragmentação dos conteúdos não está presente” (GRAMOWSKI; DELIZOICOV; MAESTRELLI, 2017, p. 4).

Neste sentido, entendemos, assim como as autoras a que nos referimos, que há uma necessidade em analisar características dos livros didáticos relacionadas a não fragmentação dos conteúdos. Diferentemente de Gramowski, Delizoicov e Maestrelli (2017), entretanto, nosso foco é evidenciar possibilidade de uma abordagem interdisciplinar entre as disciplinas de Química e Matemática, pois entendemos que uma “prática interdisciplinar não é oposta à prática disciplinar, mas sim complementar a essa” (AUGUSTO, et al., 2004, p. 280).

Nesta investigação dirigimos nossa atenção para as quatro coleções aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2015, cujas avaliações constam do Guia de Livros Didáticos do PNLD 2015, Química do Ensino Médio (BRASIL, 2014) conforme apresentamos no Quadro 1. A opção pelas coleções aprovadas no PNLD se deve ao fato de que são as indicadas para serem escolhidas, adquiridas, distribuídas e utilizadas nas escolas públicas brasileiras, por no mínimo, um triênio. Particularmente, estamos interessadas nos signos matemáticos presentes no conteúdo Propriedades Coligativas (elevação do ponto de ebulição, abaixamento do ponto de congelamento e pressão osmótica), abordado no volume 2 das coleções (ver Quadro 1).

Em pesquisa realizada por Pereira e Núñez (2013) com livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2012, Propriedades Coligativas foi um dos conteúdos que mais se utiliza de gráficos cartesianos, assim como Termoquímica e Soluções. Segundo Santos *et al.* (2013, p. 3), as definições operacionais de Propriedades Coligativas “envolvem a capacidade de compreender e relacionar muitas variáveis e de como interferem em fenômenos como a evaporação, condensação e fusão”.

Quadro 1. Livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2015

Identificador	Referência
L1	SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MÓL, Gerson de Souza (coord.). Química cidadã . 2ª ed. São Paulo: Editora AJS, 2013. V. 2, p. 118-130.
L2	FONSECA, Martha Reis Marques. Química . 1ed. São Paulo: Ática, 2013. V. 2, p. 115-133.
L3	ANTUNES, Murilo Tissoni (ed.). Ser protagonista: química . 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013. V. 2, p. 42-55.
L4	MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. Química: ensino médio . 2ed. São Paulo: Scipione, 2013. V. 2, p. 250-273.

Fonte: BRASIL (2014).

Com a finalidade de investigar percepções de professores de Matemática com relação ao uso de conceitos matemáticos nestes livros de Química e, particularmente com relação ao conteúdo Propriedades Coligativas, propomos a um grupo de professores, estudantes de pós-graduação em Educação Matemática a análise dos livros de Química. Tal grupo é formado por um aluno de iniciação científica, graduando em licenciatura em Matemática, três estudantes de mestrado, sete de doutorado e uma doutora que são referenciados como professores-estudantes.

Foi solicitado aos professores-estudantes que, após analisarem um dos volumes, respondessem à questão: Em que medida o livro didático aponta para uma abordagem interdisciplinar no que se refere ao estudo das Propriedades Coligativas na disciplina de Química no 2º ano do Ensino Médio? Cada livro foi analisado por três professores-estudantes com intervenções das pesquisadoras (P1 e P2) sempre que solicitadas.

Os dados que subsidiam as nossas inferências com relação às percepções dos professores-estudantes foram obtidos por meio da gravação em áudio e vídeo das considerações dos quatro grupos, bem como dos registros que constam do relatório entregue por eles. Neste sentido, para nossa investigação utilizamos signos escritos, falados e gesticulados produzidos pelos professores-estudantes. Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma pesquisa qualitativa e de análise interpretativa. Os registros escritos e as transcrições das considerações dos professores-estudantes são referidos por meio de identificadores que consideram cada livro analisado (L1, L2, L3 e L4), bem como o integrante de cada grupo que é identificado por E1, E2 e E3. Assim, L1E1 se refere a considerações do professor-estudante E1 para o livro L1; L2E3 se refere a considerações do professor-estudante E3 para o livro L2; L3E1 corresponde a considerações do professor-estudante E1 que analisou o livro L3 e, assim, sucessivamente.

AS PERCEPÇÕES DOS PROFESSORES-ESTUDANTES COM RELAÇÃO À PRESENÇA DA MATEMÁTICA NOS LIVROS DE QUÍMICA

Ao analisar a seção *propriedades coligativas* do capítulo 4 do L1 (SANTOS; MÓL, 2013), a percepção dos professores-estudantes E1L1, E2L1 e E3L1 denota potencialidades para uma abordagem interdisciplinar entre Matemática e Química, não havendo, entretanto, no livro a explicitação e nem a descrição de conceitos matemáticos. Isso se deve ao fato de que, por meio da percepção, para esses professores-estudantes o conjunto de mecanismos de codificação e de coordenação de diferentes sensações (FIALHO, 2011) com relação aos conteúdos matemáticos se desvelam nos signos apresentados nas páginas do livro, visando um significado, conforme sugerem argumentações dos professores:

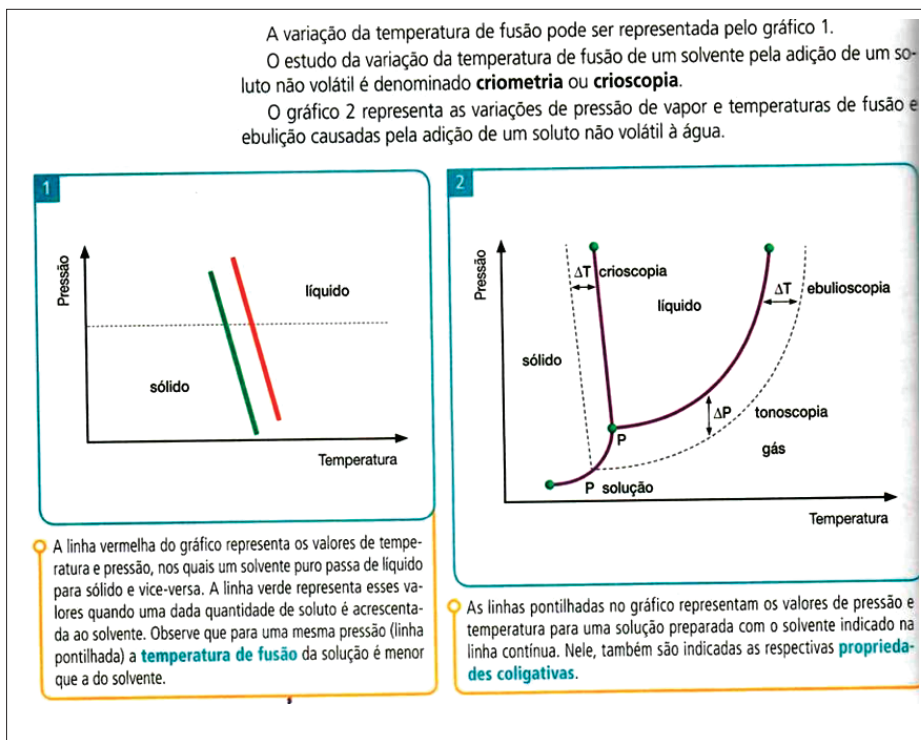
E1L1: [...] *A gente concluiu que ele [livro didático] usa conteúdos matemáticos, porém esses conteúdos matemáticos estão implícitos. Então, por exemplo, ele não explicita nenhum cálculo, nenhuma conta nem nada do tipo e trata dessas propriedades utilizando gráficos, que fazem parte do conteúdo matemático; o autor cita, por exemplo, propriedade inversamente proporcional e diretamente proporcional.*

[...]

E3L1: *Ele [livro didático] não faz uma construção que mostre o comportamento, por exemplo, de uma dessas propriedades coligativas. Simplesmente ele apresenta o gráfico e diz que é assim [referindo-se à Figura 1]. Até que ele tem algumas particularidades, algumas figuras aqui. Então ele não usa a matemática como uma ferramenta para explorar as propriedades coligativas. Ela tá ali. A conclusão a que a gente chegou é que tem bastante potencial para se estudar esses conteúdos matemáticos, mas depende do olhar do professor para esse material [...] Aquele diagrama de fases que a gente estava comentando é bastante complexo. A gente ficou pensando nele e não é uma coisa fácil estabelecer uma ponte de como a água ali no estado sólido evapora, olhando assim como as coisas acontecem e tentar explicar aquele diagrama é difícil. [...] ele tem toda uma matemática por trás dele, mas que não é explorada.*

Ao mencionar a potencialidade do livro L1 para a abordagem de conteúdos matemáticos, E3L1 discorre sobre a necessidade do trabalho do professor, de seus objetivos em sala de aula. Isto parece explicitar que a abordagem de L1 vai ao encontro das assertivas de Garrutti e Santos (2004, p. 189) de que “os conteúdos das disciplinas devem ser trabalhados de tal forma que sirvam de aporte às outras, formando uma teia de conhecimentos”. Esses conhecimentos estão atrelados ao que os signos podem representar. D’Amore, Pinilla e Iori (2015, p. 60), fundamentados em Peirce, afirmam que a interpretação de um signo exige “certo *conhecimento colateral* ao signo ou ao sistema de signos, isto é, um tipo de conhecimento obtido a partir de outras experiências anteriores com aquilo que o signo denota e uma certa familiaridade com o sistema de signos”. Os professores-estudantes têm conhecimento colateral da Matemática, todavia, não têm conhecimento colateral de conteúdos químicos ao fazer a análise do diagrama de fases, abordado em L1 (Figura 1).

Figura 1. Representações gráficas no estudo de crioscopia



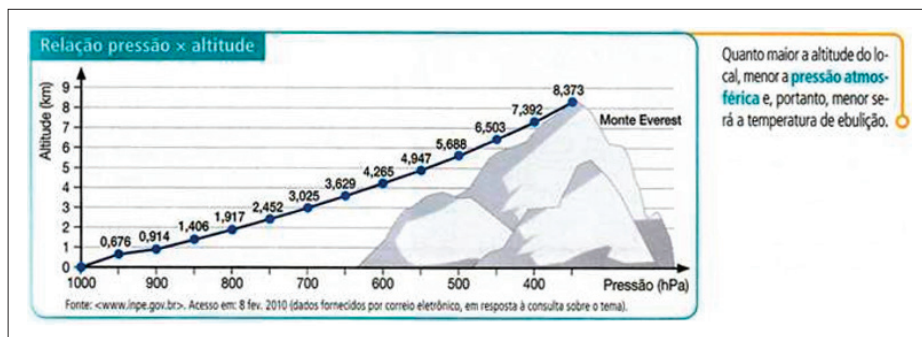
Fonte: Santos e Mól (2013, p. 126).

Ao analisar o infográfico apresentado em L1 (Figura 2) os professores-estudantes concluíram que, embora existam evidências de uma possível abordagem matemática, considerando que a pressão varia de acordo com a altitude, os professores-estudantes destacaram um possível obstáculo para o entendimento do aluno, pois os valores estão dispostos no plano cartesiano de maneira menos usual, conforme sugere a assertiva de um dos professores-estudantes:

E2L1: *É que, por exemplo, os valores da pressão são colocados aqui no eixo horizontal [apontando para o infográfico], mas são colocados na ordem inversa, são colocados na ordem decrescente [gesticulando]. Mas só que o aluno, vamos dizer assim, o aluno, uma pessoa que está lendo o livro, vai olhar o gráfico e dá impressão que a altitude está aumentando em relação à pressão, aumenta a pressão, aumenta a altitude. Mas não é isso que acontece. O eixo x começa com um mil e vai diminuindo a pressão, né? Então fica estranho você fazer a leitura do gráfico. É uma maneira menos usual de utilizar o gráfico. Então se você olha o gráfico aqui [percorrendo o gráfico com a ponta dos dedos e mostrando a página, Figura 3], dá impressão que essa altitude está aumentando em relação à pressão, mas não é isso que acontece. O que acontece é assim: a pressão diminui quando você aumenta a altitude. Então vamos dizer assim, essa é uma maneira que está presente a ideia de função aqui, mas a ideia de função não corresponde ao gráfico, o que o gráfico está mostrando.*

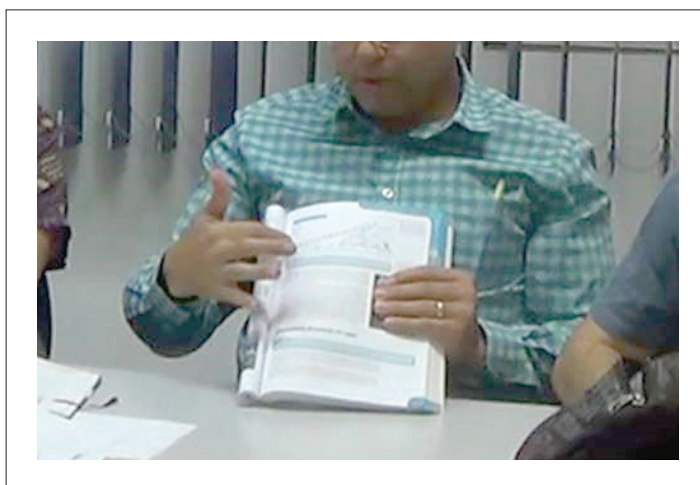
E3L1: *Pode gerar um obstáculo.*

Figura 2. Infográfico da relação pressão e altitude



Fonte: Santos e Mól (2013, p. 123).

Figura 3. Considerações de E2L1



Fonte: Arquivo das autoras.

Tratar do estudo de funções ao abordar conteúdos da disciplina de Química pode possibilitar que tal objeto matemático seja “retomado e ampliado em situações novas e com outras ocorrências” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 119). Segundo Ferreira e Justi (2004, p. 49),

a proposta de uma abordagem interdisciplinar diminui a possibilidade de concepções equivocadas transportadas de uma disciplina para outra, ou mesmo a falta de ligação entre os conteúdos estudados nas duas disciplinas entre si e com o universo dos alunos

O que é necessário é uma percepção por parte do professor “no momento de utilizar a linguagem da Matemática e artefatos de mediação para esclarecer noções de outras áreas” (TOMAZ; DAVID, 2012, p. 130). Essa percepção do uso da linguagem da Matemática foi gerada por meio do que Mucelin e Bellini (2013) caracterizam como ‘filtro individual’. No caso das percepções de E2L1, esse filtro

está em consonância com a compreensão do professor-estudante com a convenção matemática de representar graficamente os dados. De certa forma, os filtros individuais podem interferir na percepção, pois agem “influenciando o julgamento perceptivo, último momento da percepção” (MUCELIN; BELLINI, 2013, p. 64). O último momento da percepção para o grupo de professores-estudantes que analisaram L1 se consolidou na visualização do infográfico apresentado.

O grupo de professores-estudantes também destaca a possibilidade do trabalho interdisciplinar de Química e Matemática no desenvolvimento de atividades experimentais, desde que o encaminhamento seja readequado para fazer uma análise matemática do fenômeno. É o caso, por exemplo, da investigação em que o livro propõe determinar qual líquido evapora mais rapidamente: água, álcool ou solvente para limpeza de esmalte (Figura 4).

Figura 4. Apresentação de atividade experimental

Química na escola

Consulte as normas de segurança no laboratório, na última página deste livro.

Os líquidos evaporam com a mesma rapidez?

A evaporação, passagem da fase líquida para a fase gasosa, ocorre lentamente na superfície dos líquidos. Este experimento, que poderá ser feito em grupo em sala de aula, tem como objetivo observar se as evaporações de diferentes líquidos ocorrem na mesma intensidade.

Material

- água
- álcool
- solvente para limpeza de esmalte
- três colheres (de sopa)
- três conta-gotas

Procedimento

1. Coloque as colheres próximas.
2. Pingue dez gotas de água na primeira colher, dez gotas de álcool na segunda colher e dez gotas de solvente para limpeza de esmalte na terceira colher.
3. Observe e marque o tempo que cada material gasta para evaporar completamente.

Fonte: Santos e Mól (2013, p. 119).

Com relação a esta temática os professores-estudantes ponderam que o professor de Química pode estabelecer uma abordagem interdisciplinar com Matemática ao sugerir aos alunos que coloquem esses líquidos em copos graduados e analisem a altura em que se encontram, comparando a velocidade de evaporação de cada um deles, conforme sugere um dos estudantes-professores:

E3L1: Com relação aos experimentos apresentados no livro a gente pensa: será que essas experiências também podem dar algum resultado matemático? Mas a gente viu que depende dos objetivos do professor. Talvez ele tenha que direcionar, mas da forma como está colocado no livro este não é o foco do livro.

As percepções de E3L1 estão em consonância com as assertivas de Bridi *et al* (2010, p. 133), que afirmam que entre “as estratégias de ensino consideradas construtivas e interdisciplinares, encontram-se as atividades práticas de laboratório”. Nessas atividades, os alunos desenvolvem capacidades para argumentar, levantar hipóteses e realizar análise de dados oriundos de sua realidade, o que permite fazer uma abordagem matemática ao organizar e analisar os dados.

O que se pode inferir das percepções dos professores-estudantes é que, embora o livro apresente potencialidades para realizar abordagem interdisciplinar com Matemática, esta abordagem depende dos conhecimentos colaterais do professor que faz uso desse material no decorrer do desenvolvimento do tópico. Do ponto de vista semiótico, conforme sugere Santaella (2012, p. 6), “toda percepção adiciona algo ao percebido, algo que não está lá fora, no mundo fenomênico”. Esse algo pode estar relacionado à busca de uma representação matemática para o experimento, evidenciada por E3L1.

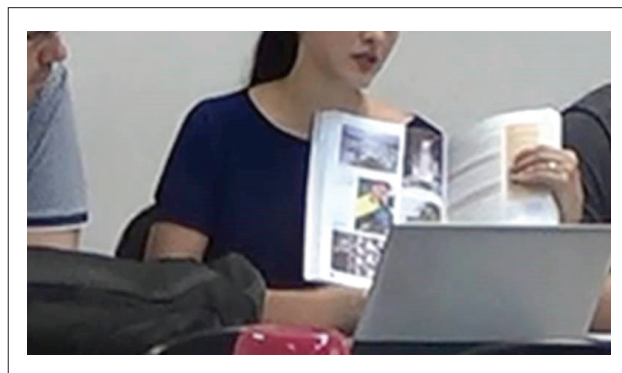
Já no livro L2, as percepções de E1L2, E2L2 e E3L2 denotam potencialidades de abordagem interdisciplinar com Matemática desde a introdução do capítulo 8 – Propriedades coligativas –, propondo que o professor siga encaminhamentos de uma atividade de modelagem matemática, conforme transcrição:

E2L2: Ele trata das propriedades coligativas usando conteúdos matemáticos, na própria introdução que vai abordar o conceito de propriedades coligativas... Ele começa com um texto de jornal, mostrando o que saiu na mídia [levanta e mostra a página do livro – Figura 5], traz uma abordagem bem bacana que a gente pode pensar cada situação-problema dentro da modelagem matemática. [...] Traz vários insights aqui bem bacanas. [...]

E2L2: Ai a partir disso quando ele começa a abordar a tonoscopia, a ebulioscopia e a crioscopia, basicamente ele usou registro gráfico e tabular. E quando ele começa tonoscopia, [levanta o livro na página], ele começa com uma tabela (Figura 6) relacionando temperatura e pressão. A partir dessa tabela foi construído o gráfico (Figura 7). Só que no gráfico, ele não colocou os pontos. E aí o E1L2 ficou meio encanado porque ele ligou os pontos; o que deixou a gente mais impressionado é que falou que essa curva é uma hipérbole e não se referiu a uma exponencial, nem uma quadrática; simplesmente falou que é uma hipérbole. Então isso é uma coisa para pensar, se é uma hipérbole ou não. Mas não falou qual é o modelo [referindo-se à expressão algébrica], né? Assim já não tem mais característica de modelagem.

O que se pode observar nesses signos do livro é que é possível inferir que no comportamento do fenômeno, conforme aumenta a temperatura, aumenta a pressão de vapor da água. Além disso, esses signos têm potencial para gerar outros, como uma expressão algébrica, por exemplo, ainda que o livro não apresente estes outros signos interpretantes. Nos termos do que defende Santaella (2012, p. 80), essa abordagem “dá condições de generalidade para significar” a situação-problema no contexto da Matemática, em consonância com a percepção de E2L2 explicitada no diálogo anterior.

Figura 5. Considerações de E2L2



Fonte: Arquivo das autoras.

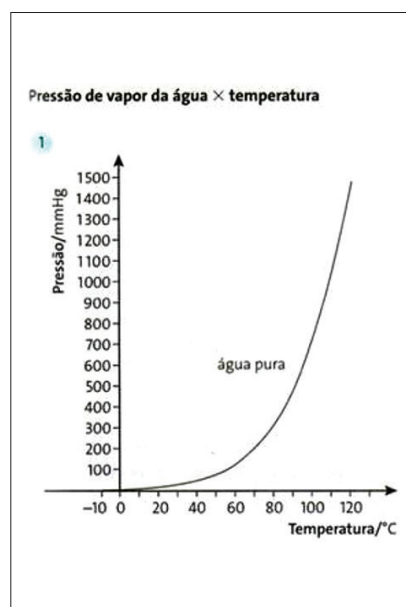
Figura 6. Tabela

Pressão de vapor da água	
Temperatura /°C	Pressão/mmHg
0	4,579
10	9,209
20	17,535
30	31,824
40	55,324
50	92,510
60	149,380
70	233,700
80	355,100
90	525,760
100	760,000

Fonte: <www.energetica.ind.br/TRIGAS_%20Prep_Orif_Critico.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2011.

Fonte: Fonseca (2013, p.119)

Figura 7. Gráfico



Fonte: Fonseca (2013, p.119)

Para os professores-estudantes que analisaram L2, na apresentação do conteúdo havia situações-problema que poderiam ser encaminhadas por meio da Matemática. De fato, os professores-estudantes aproximaram situações-problema à existência de algo para ser estudado por meio de uma síntese intelectual situada em uma camada de pensamentos em signos, representados por símbolos matemáticos que precisam ser evidenciados por meio de uma investigação mais detalhada.

Segundo Thiesen (2008, p. 552),

quanto mais interdisciplinar for o trabalho docente, quanto maiores forem as relações conceituais estabelecidas entre as diferentes ciências, quanto mais problematizantes, estimuladores, desafiantes e dialéticos forem os métodos de ensino, maior será a possibilidade de apreensão do mundo pelos sujeitos que aprendem.

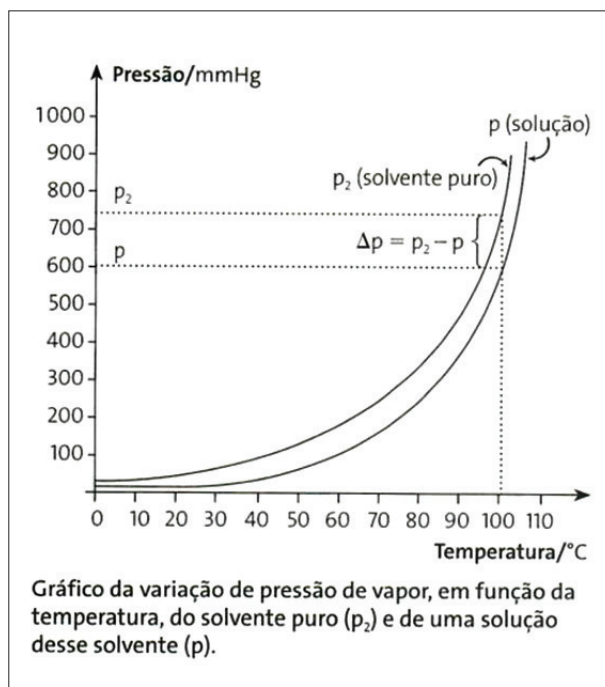
O grupo que analisou L2 também chama a atenção para representações de mesma natureza presentes na mesma página e que não estabelecem relações, conforme indica a observação dos professores-estudantes:

E2L2: *Ainda na tonoscopia [folheando o livro ainda na posição vertical], ele traz uma outra tabela (Figura 8) e aí ele começa a mostrar que a adição de um soluto, no caso de uma sacarose, na água, e dependendo da concentração de sacarose que você faz, a pressão dela se modifica, ou seja, você aumenta a quantidade de pressão, da concentração de sacarose, ele diminui aqui a questão da pressão. Então faz essa relação por meio de uma tabela, só que ele não está relacionando esse caso a tabela com o gráfico (Figura 9) [apontando para tabela e gráfico presentes na mesma página], o gráfico diz outra coisa. [...] Então, como que encontrou esse gráfico, né? Então para a gente é bacana, ter esses vários registros né? Aqui nesse gráfico [apontando para o gráfico] ele faz essa questão da comparação também de um puro com uma solução. E aí tem toda essa abordagem matemática por traz disso.*

Figura 8. Tabela da pressão de vapor de acordo com a concentração de sacarose

Composição da solução quantidade de matéria (n) de sacarose /kg de água	Pressão de vapor/ mmHg	
	H ₂ O _{solução}	H ₂ O _{pura}
1,0 · 10 ⁻²	759,7	760,0
5,0 · 10 ⁻²	759,3	760,0
1,0 · 10 ⁻¹	758,6	760,0
2,0 · 10 ⁻¹	757,3	760,0
5,0 · 10 ⁻¹	753,2	760,0
8,0 · 10 ⁻¹	749,2	760,0

Fonte: Fonseca (2013, p.121).

Figura 9. Gráfico da variação de pressão de vapor de acordo com a temperatura

Fonte: Fonseca (2013, p.121).

Conforme aponta a fala dos professores-estudantes, embora ambas as representações estejam na mesma página, não há relações entre as mesmas. Um professor desatento pode não estabelecer relação entre a concentração de sacarose e a pressão de vapor de água em solução e água (Figura 8). Ou seja, de que aumentando a concentração de sacarose, diminui a pressão de vapor de água em solução. Assim como no gráfico (Figura 9), na qual aumentando a temperatura do solvente puro ou da solução, aumenta a pressão de vapor. Relações inversamente proporcionais e relações diretamente proporcionais poderiam ser exploradas por meio da tabela e do gráfico apresentados em Fonseca (2013, p. 121). Tais relações precisam emergir no trabalho realizado pelo professor, pois o conhecimento não está nos signos, mas nas relações que o próprio sujeito estabelece a partir desses signos (WARTHA; REZENDE, 2015). Os professores-estudantes estabeleceram relações matemáticas com a abordagem apresentada em L2, devido ao conhecimento colateral com Matemática e a percepção sensorial que estabeleceram na análise que realizaram nas representações.

Para além de tabelas e gráficos, no decorrer de L2 são apresentados termos e simbologias no contexto da Química e que apresentam significados distintos no contexto matemático. É o caso do uso do termo *equação*, como destacado na transcrição de parte de um diálogo das pesquisadoras com os professores-estudantes;

P1: Vocês tinham falado também de equação, não é? Que a equação química difere da equação matemática.

E1L2: *São outras regras, né? Se tentar interpretar no livro a equação química, pensando nas regras da equação matemática, você não consegue entender, porque ele acontece de outra maneira.*

[...]

E1L4: *Em relação à equação de equilíbrio químico, o que a gente entendeu, é que a diferença mesmo é o sinal, porque o objetivo é manter algo em equilíbrio, como uma equação matemática, [...], as coisas iguais sejam dispostas de forma diferente, por exemplo, nem todos os hidrogênios estão juntos, mas todo hidrogênio que tem de um lado da equação, tem do outro, a mesma quantidade.*

[...]

P2: *Mas aí é separado, isso é como? Isso que a gente estava falando antes. Tem sinal de igual?*

E2L4: *Não, é uma flecha.*

E1L4: *É uma flecha, isso é diferente. Porque realmente, um lado ele não está igual ao outro. Ele está balanceado. Se tivesse, porque se de um lado tem dois hidrogênios, do outro tem que ter dois, mas não necessariamente eles têm que estar juntos. Igual na matemática. Por exemplo, você tem dois x , dois y , acaba que a gente junta tudo né? Lá não. [...]*

P2: *Tem que se organizar de maneira diferente!*

Neste caso, há o uso do mesmo signo, termo “equação”, com sentidos (interpretantes) diferentes, conforme objetos considerados em Matemática e em Química. Embora na Matemática os signos utilizados para o termo *equação* sejam diferentes daqueles utilizados na Química, as comunidades, de certa forma, acederam essas diferenças, levando em consideração as convenções estabelecidas. Em Matemática na equação, utiliza-se o signo =, diferente da Química que faz uso do signo (\rightarrow). Ao mencionar o uso do signo = em Matemática, D’Amore, Pinilla e Iori (2015) enfatizam que tal uso se remete a números e não a objetos concretos. Com isso, em uma abordagem interdisciplinar, professores devem convidar os “alunos a refletir sobre as implicações semióticas” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 105) do que é proposto em ambas as disciplinas e compreenderem que estas têm suas especificidades. A percepção dos professores vai ao encontro das considerações de Mucelin e Bellini (2013, p. 64) com o fato de que os filtros individuais ou culturais ocorrem “concomitantemente no processo de gestação da ideia”.

Wartha e Rezende (2015, p. 62) afirmam que “As fórmulas químicas, os mecanismos e as equações químicas, além de funcionarem como ferramentas no trabalho do químico, cumprem, também, a função de linguagem, permitindo a mediação e a comunicação de conteúdos” (WARTHA; REZENDE, 2015, p. 62).

No capítulo 3 – Propriedades coligativas das soluções –, o livro L3 (ANTUNES, 2013), faz uma abordagem em que leva em consideração o uso de leis e fórmulas em que exige que os alunos realizem operações básicas, assim como regra de três simples. Essa análise está presente nas percepções dos professores-estudantes E1L3, E2L3 e E3L3, conforme transcrição:

E3L3: *Na verdade esse livro aqui trata das propriedades coligativas a partir do fenômeno e aí ele apresenta várias fórmulas e daí tem as fórmulas de acordo com os tópicos que serão discutidos dentro desse capítulo de propriedades coligativas. Então por exemplo a lei de Raoult, as variações de temperatura de ebulição, de fusão, pressão osmótica. Então é puramente aplicação de fórmulas.*

[...]

E1L3: *Porque essas fórmulas aqui, elas são vistas por meio de experimentos. Dá para ver que uma*

coisa é proporcional a outra, daí você constrói ali a dedução matemática. Então, se o professor for fazer o experimento, talvez ele chegue nisso (Figura 10) com os alunos, empiricamente.

Figura 10. Signo algébrico da Lei de Raoult e indicação de abordagem experimental

Dados experimentais mostraram que a pressão de vapor de uma solução é proporcional à fração em quantidade de matéria (fração em mol) do solvente. Esses dados levaram à formulação da Lei de Raoult, definida da seguinte maneira:

Lei de Raoult

$$P_{\text{solução}} = x_{\text{solvente}} \cdot P_{\text{solvente puro}}$$

em que x_{solvente} é a fração em quantidade de matéria (fração em mol) do solvente.

Fonte: Antunes (2013, p.43).

Embora o livro faça uso de fórmulas, dá indícios de que as mesmas podem emergir de uma atividade experimental e, com isso, diferentes signos podem ser utilizados, como destacado nas percepções dos professores ao entrarem em contato com o texto e o encaminhamento apresentado em L3. Esse constante manejo de experimentos, fórmulas e equações de certa forma caracteriza a dimensão educacional da Química.

A dimensão educacional dos processos de ensino e aprendizagem de Química, que envolve a constante manipulação de fenômenos, símbolos e modelos, faz com que a habilidade de manejo e compreensão de diferentes sistemas sóicos seja ponto crucial não só no processo de construção do conhecimento químico, mas, também, em seu processo de enculturação pelos alunos (WARTHA; REZENDE, 2015, p. 52).

Com isso, diferentes signos podem ser utilizados. No entanto, o grupo destaca o uso de um mesmo símbolo, o π , que na Matemática está no lugar de um número irracional e na Química representa um conteúdo, a pressão osmótica, conforme Figura 11. E1L3 chama a atenção para esse fato, conforme transcrição:

E1L3: Apresenta a fórmula como uma lei e, em uma delas, inclusive, tem o uso do que nós denominamos por pi, que a gente tem o número pi, só que ali aquele número ele na verdade, ele é a pressão osmótica. Que não está associado então com o número pi dentro da matemática, mas usa a mesma representação, o que pode colocar os alunos, como a gente estava comentando com a P1, em determinados obstáculos, visto que os mesmos alunos que têm química, têm matemática e usam o pi de diferentes maneiras nas duas diferentes disciplinas.

Figura 11. Variáveis presentes na expressão da pressão osmótica

Assim como qualquer outra propriedade coligativa, a pressão osmótica só depende da concentração de partícula do soluto na solução.
 A pressão osmótica pode ser calculada pela expressão

$$\pi = C \cdot R \cdot T \cdot i$$

em que:

π = pressão osmótica;	T = temperatura (em K);
C = concentração do soluto em mol/L;	i = fator de Van't Hoff.
R = constante universal dos gases;	

Fonte: Antunes (2013, p.49).

Assim como o uso do termo *equação*, o uso do π depende das especificidades de cada disciplina. O que podemos ponderar é que:

A interlocução entre os professores das diversas disciplinas poderia ser um caminho para o desenvolvimento de ações sistemáticas de levantar aspectos em comuns de sua prática com a de outro professor que trabalha com o mesmo grupo de alunos como uma alternativa para potencializar as oportunidades de interdisciplinaridade em sala de aula (TOMAZ; DAVID, 2012, p. 131).

O grupo que analisou o livro ainda sinaliza trabalho em conjunto entre os professores de Química e Matemática, o que pode promover a prática interdisciplinar, conforme transcrição:

E1L3: *Precisaria de um esforço bem grande e em conjunto entre os dois professores para estabelecer a relação, porque, pelos conteúdos dispostos no livro apenas, nem os alunos talvez conseguissem, com exceção da matemática básica, das quatro operações. [...] O que percebi aqui é que esse livro é bem técnico, uma fórmula, um exercício, uma fórmula, um exercício.*

Neste sentido, a observação do professor-estudante está em sintonia com a assertiva de Garrutti e Santos (2004, p. 194), de que “o envolvimento e o comprometimento do professor é imprescindível, estando aberto para a troca de experiências e para o diálogo com o grupo”. E, com isso, compreende “o significado dos signos de maneira diferente” (JORGE; REZENDE; WARTHA, 2013, p. 158). Para além de conhecer a representação no contexto matemático, se faz necessário interpretá-la no contexto químico de maneira a não ocasionar equívocos nos estudos.

Um enfoque experimental é abordado pelo livro L4 (MORTIMER; MACHADO, 2013). No capítulo 6, trata das propriedades coligativas, utilizando como estratégia situações-problema e abordagens experimentais (Figura 12). A análise de L4 foi realizada por E1L4, E2L4 e E3L4, conforme transcrição:

E1L4: *O livro trata das propriedades coligativas por meio de textos. Então ele aborda o texto um, o texto dois, o texto três e assim sucessivamente. Cada texto traz uma atividade, um fenômeno, um experimento*

do cotidiano. Por exemplo, secar roupa no varal, hidratar fruta, perfume, acetona, removedor de esmaltes, essas coisas para tratar de determinados assuntos. Então ele apresenta essas propriedades e os conteúdos matemáticos estão implícitos e dispostos em linguagem natural. Então, por exemplo, diferente do pessoal daqui do lado, o nosso não trouxe nenhuma fórmula, não trouxe exemplos gráficos, o máximo é assim algum exemplo tabular, mas que não envolve duas grandezas, envolve uma informação.

Figura 12. Abordagem experimental utilizada em L4

atividade 1

Pressão e líquidos

Em nossa vida diária, muitas vezes não temos consciência de que muitas substâncias evaporam. Nossas roupas são lavadas e secam. Se abrimos um frasco de perfume, logo o cheiro se espalha. Ao utilizar removedor de esmalte de unhas à base de acetona, uma manicure rapidamente fecha o frasco, pois ela sabe que esse removedor evapora muito rápido. Não nos preocupamos, entretanto, em fechar os recipientes que contêm óleo ou azeite quando temperamos uma salada.

A facilidade com que uma substância evapora é chamada **volatilidade**. Assim, uma substância é considerada mais volátil que outra se evapora mais rapidamente que ela.



Figura 6.2
A evaporação da água é responsável pelo fato de as roupas secarem no varal.



Figura 6.3
Perfume e acetona evaporam mais rápido que a água.

Será que podemos aprofundar nossa compreensão sobre o que ocorre nesses sistemas, utilizando o que já sabemos e o que vamos aprender aqui?

Materiais
Quatro chumaços de algodão, água, álcool comum, éter etílico e removedor de esmalte à base de acetona.

O que fazer

- A1** Dividam o quadro de giz da sala de aula em quatro partes e escrevam na parte superior o nome de cada uma das quatro substâncias indicadas na lista de materiais (água, álcool comum, éter etílico e removedor de esmalte).
- A2** Umedeçam cada pedaço de algodão com um dos quatro líquidos e distribuam para quatro colegas diferentes. Cada um desses colegas vai, simultaneamente, apertar o algodão contra o quadro de giz de modo a fazer um traço vertical o mais longo possível. Evite inalar os vapores dessas substâncias.
- A3** Marquem o tempo decorrido para que cada um dos líquidos seque totalmente e façam suas anotações no caderno.

Figura 6.4
Os chumaços de algodão umedecidos com as substâncias devem ser estregados no quadro de giz.



Questões

- Q1** Como vocês podem explicar o que observaram? Utilizem os modelos que vocês já conhecem para a estrutura das moléculas e para as interações intermoleculares das substâncias envolvidas nessa atividade.
- Q2** Algumas duplas de substâncias listadas no quadro a seguir podem ser comparadas em termos de volatilidade. Expliquem as diferenças observadas, considerando os modelos que vocês já conhecem para a estrutura das moléculas e das substâncias em questão.

Dupla	Mais volátil	Menos volátil
1	éter dimetílico	etanol
2	tetracloreto de carbono	tetrabrometo de carbono
3	propano	acetaldéido

Quadro 6.1
Comparação da volatilidade de algumas substâncias.

- Q3** Vamos imaginar um experimento no qual esses mesmos líquidos estivessem dentro de recipientes fechados, aos quais fossem conectados manômetros para medir a pressão interna sobre o líquido. Após certo tempo, o que poderíamos dizer em relação à pressão medida com os manômetros?

Fonte: Mortimer e Machado (2013, p.252-253).

De certa forma, essa abordagem introduz os conteúdos “de maneira fenomenológica, a partir da descrição de situações-problema e/ou por textos que apresentam a Química em diferentes situações do cotidiano” (BRASIL, 2014, p. 42). Isso possibilita ao estudante estabelecer conexões entre o que se estuda na escola e o que é vivenciado no dia a dia, resgatando contextos da realidade. Isto “demonstra que vivemos numa grande rede ou teia de interações complexas e recupera a tese de que todos os conceitos e teorias estão conectados entre si” (THIESEN, 2008, p. 552). Além disso, a utilização de disciplinas distintas possibilita “esclarecer uma situação, resolver um problema ou compreender algo em seu contexto o mais próximo possível do real ou cotidiano” (MOZENA; OSTERMANN, 2014, p. 197).

Conforme destacado por E1L4, o que podemos evidenciar é que o professor precisa identificar, por meio das situações-problema que Matemática pode ser trabalhada, fazendo uso de uma metodologia que considera fatos do cotidiano,

pois L3 “evita a apresentação de definições e fórmulas de forma apriorística e a aprendizagem mecânica dos diferentes temas estudados, e valoriza a autonomia e o pensamento crítico dos estudantes” (BRASIL, 2014, p. 42). O grupo de professores-estudantes que tem familiaridade com conteúdos matemáticos, bem como com metodologias que consideram o cotidiano, apresentou percepções, destacando algumas possibilidades, conforme transcrição e Figura 13.

E114: *A presença de conteúdos implícitos fomos nós que observamos. A questão, por exemplo, de proporcionalidade, de coisas que são diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais, como a questão de velocidade de evaporação dos líquidos.*

Figura 13. Evidências de conteúdos matemáticos presentes em L4

- A facilidade com que uma substância evapora é chamada volatilidade

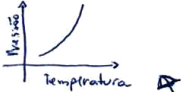
liq. → gasoso

por isso existe uma velocidade de evaporação de líquidos e para conhecer essa velocidade é necessário fazer uma análise de estruturas das moléculas.

quanto mais hidrogênio → menor a velocidade de evaporação

Inversamente proporcionais

No livro há questões que abordam gráficos cujas funções podem ser do tipo exponencial, relacionam a pressão e temperatura.



Fonte: Relatório de E114.

O que podemos evidenciar é que, para o grupo que analisou L4, “toda percepção adiciona algo ao percebido, algo que não está lá fora, no mundo fenomênico” (SANTAELLA, 2012, p. 6).

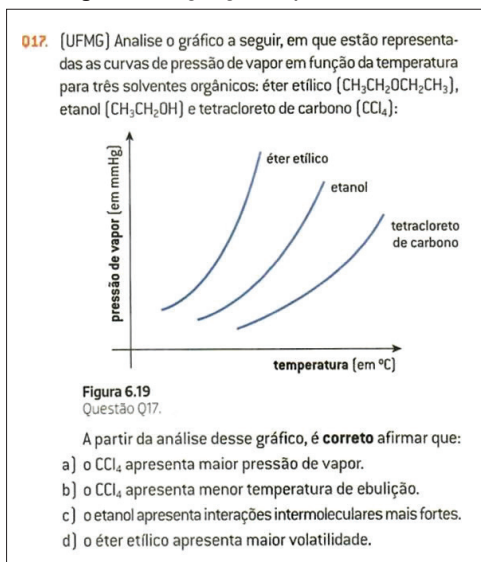
As apresentações explícitas de signos matemáticos estão também nas atividades propostas. Particularmente, no que se refere à seção ao final do estudo do conteúdo no livro L3, o grupo de professores-estudantes observou que:

E114: *Na parte das atividades, dos exercícios, tem muitos exemplos com gráficos, só que em nenhum momento no livro foram abordados esses exemplos. O livro traz questões que usam gráficos (Figura 14) relacionando a pressão [gesto vertical] e a temperatura [gesto horizontal]; mas o livro não fala do tipo de comportamento; nosso grupo considera que é gráfico de uma exponencial. [...]*

P1: *Mas aí vocês tinham até visto uma atividade que fez parte do ENEM e colocou uma tabela e fez uma representação gráfica.*

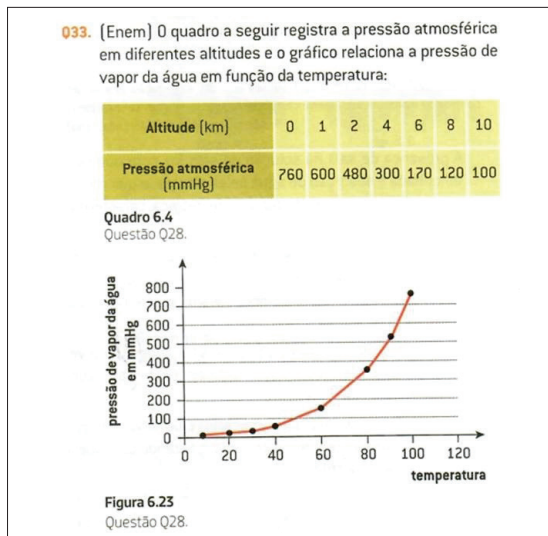
E114: É sim, tem uma atividade relativa às questões do ENEM (Figura 15) e daí mostra uma representação tabular a respeito da altitude e da pressão atmosférica. Isso nem é citado no conteúdo do livro. E daí abaixo, a gente até pensou que fosse a representação gráfica do que está na tabela, mas na verdade, é outra informação. É uma informação da pressão da água em relação à temperatura. Aí o que o aluno pode perceber matematicamente, é que a altitude é inversamente proporcional à pressão atmosférica. Mas isso não é abordado no conteúdo. Aí seria uma interpretação própria do aluno com relação ao que está sendo exposto.

Figura 14. Signo gráfico presente em L4



Fonte: Mortimer e Machado (2013, p.267).

Figura 15. Signos presentes em L4



Fonte: Mortimer e Machado (2013, p.271).

Mesmo que E1L4 tenha apontado que no desenvolvimento do conteúdo “*em nenhum momento no livro foram abordados esses exemplos*”, o professor precisa considerar que as atividades propostas fazem parte do estudo do conteúdo. Cabe a ele definir se esse estudo vai ser encaminhado em sala de aula ou ficar a cargo do aluno. Se a abordagem for realizada em sala, pode ser feito um planejamento em conjunto com o professor de Matemática. O diálogo com outras áreas do conhecimento “fundamenta a prática interdisciplinar, que não deve ser vista como um conjunto de regras, uma vez que é um processo que nasce e desenvolve-se gradualmente, conforme o empenho dos vários participantes do processo educativo” (GARRUTTI; SANTOS, 2004, p. 195).

Ponderamos, por meio das percepções dos professores-estudantes com relação à presença da Matemática em livros didáticos de Química, que uma abordagem interdisciplinar pode se mostrar promissora, desde que ocorra um esforço entre professores das duas disciplinas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os signos presentes no livro didático podem ser considerados instrumentos de mediação para a construção do conhecimento (D'AMORE; PINILLA; IORI, 2015), embora seja reconhecida a necessidade da intervenção por parte do professor na referida construção.

Essa intervenção pode ser permeada por uma prática interdisciplinar, visto que “diminui a possibilidade de concepções equivocadas transportadas de uma disciplina para outra, ou mesmo a falta de ligação entre os conteúdos estudados nas duas disciplinas entre si e com o universo dos alunos” (FERREIRA; JUSTI, 2004, p. 49).

Ao investigarmos a percepção da Matemática em livros didáticos de Química por professores-estudantes de Educação Matemática, os interpretantes produzidos por esses sujeitos a partir dos signos impressos no livro sinalizam que, de forma geral, a Matemática está implícita nas representações não havendo, entretanto, explicitações dos conceitos ou ideias matemáticas que permeiam a apresentação dos conteúdos da Química. Isto justifica a “necessidade de integrar, articular, trabalhar em conjunto” com professores ou com informações que considerem os conteúdos das duas disciplinas (AUGUSTO *et al.*, 2004, p. 278), visto que a interpretação do signo exige “certo *conhecimento colateral* ao signo ou ao sistema de signos” (D'AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 60). Ou seja, um conteúdo matemático pode passar despercebido por um professor de Química, como aponta E1L4 “*fomos nós que observamos*”, principalmente se a abordagem estiver em língua natural, pois “se trata de um registro muito mais complexo do que outros normalmente considerados” (D'AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 145).

O que se pode inferir a partir do olhar para as percepções dos professores-estudantes é que os livros apresentam potencialidades para que o professor desenvolva uma prática interdisciplinar, principalmente quando os livros propõem uma atividade experimental que pode ser adaptada por um encaminhamento que pode ser abordado matematicamente. E também quando sugerem que a dedução de uma fórmula pode emergir da realização de um experimento, como destacado

por E1L3 “*essas fórmulas aqui, elas são vistas por meio de experimentos*” e explicitado no livro didático, como mostra a Figura 11.

Potencialidades também são evidenciadas em situações-problema que apresentam viés matemático e podem ser encaminhadas utilizando a modelagem matemática enquanto estratégia metodológica, conforme destaca E2L2 “*a gente pode pensar cada situação-problema dentro da modelagem matemática*”.

Como se tratam de disciplinas diferentes há de se considerar que “cada comunidade, entretanto, decide atribuir por convenção palavras diferentes a tal realidade” (D’AMORE; PINILLA; IORI, 2015, p. 35) ou mesmo considerar signos idênticos com interpretantes diferentes. Tratam-se de regras diferentes que podem constituir obstáculos para os alunos, cabendo aos professores criar meios para que os alunos transitem entre esses signos de maneira a identificar a que esses signos se remetem. Como salienta Peirce (2015), signo não é o objeto, ele está no lugar do objeto.

No entanto, maneiras menos usuais de se utilizar gráficos cartesianos precisam ser discutidas com os alunos para que a interpretação, ou seja, a geração de interpretantes não seja equivocada considerando que conhecimentos matemáticos são requeridos para interpretar certos objetos relativos ao conhecimento de Química.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, M. T. (ed.). **Ser protagonista**: química. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, v. 2, p. 42-55, 2013.

AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A.; CALUZI, J. J.; NARDI, R. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004.

BATISTA, I. L.; SALVI, R. F. Perspectiva pós-moderna e interdisciplinaridade educativa: pensamento complexo e reconciliação integrativa. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 147-159, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos PNLD 2015**: química: ensino médio. MEC: Brasília, 2014.

BRIDI, J. H.; SANT’ANA, M. F.; GELLER, M.; SILVA, J. El uso de actividad de laboratorio de biología para la enseñanza de matemática en los años iniciales: una estrategia interdisciplinaria de enseñanza y aprendizaje. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, p.131-150, 2010.

D’AMORE, B.; PINILLA, M. I. F.; IORI, M. **Primeiros elementos de semiótica**: sua presença e sua importância no processo de ensino-aprendizagem da matemática. São Paulo: Editora da Livraria da Física, 2015.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: uma análise crítica. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 6, n. 1, p. 38-50, 2004.

FIALHO, F. A. P. **Psicologia das atividades mentais**: introdução às ciências da cognição. Florianópolis: Insular, 2011.

FONSECA, M. R. M. **Química**. 1ª ed. São Paulo: Ática, v. 2, p. 115-133, 2013.

GARRUTTI, E. A.; SANTOS, S. R. Interdisciplinaridade como forma de superar a fragmentação do conhecimento. **Revista de Iniciação Científica da FFC**, v. 4, n. 2, p. 187-197, 2004.

GRAMOWSKI, V. B.; DELIZOICOV, N. C.; MAESTRELLI, S. R. P. O PNLD e os guias dos livros didáticos de ciências (1999 – 2014): uma análise possível. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 19, 2571ed., p. 1-18, 2017.

JORGE, A. M. G.; REZENDE, D. B.; WARTHA, E. J. Visualização, semiótica e teoria da percepção. **Triade**, v. 1, n. 1, p. 149-166, jun., 2013.

MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B. Tendências para o ensino de Química: o caso da interdisciplinaridade nos projetos pedagógicos das licenciaturas em química em Goiás. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 1, p. 241-255, 2012.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. 2ed. São Paulo: Scipione, v. 2, p. 250-273, 2013.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, L. M. Semiótica, semiose e signo: análise sógnica de uma imagem fotográfica com base em tricotomias de C. S. Peirce. **Koan: Revista de Educação e Complexidade**, n. 1, jan., 2013.

NETTO, M.; PERASSI, R.; FIALHO, F. A. P. Estudos semióticos: análise perceptiva e a terceiridade peirceana na obra “Jogos Infantis” de Pieter Bruegel. **Projética**, v. 4, n. 1, p. 249-266, jan./jun., 2013.

POMBO, O. Epistemologia da interdisciplinaridade. **Ideação: Revista do Centro de Educação e Letras**, v. 10, n. 1, p. 9-40, jan./jun., 2008.

PEIRCE, C. S. **Escritos Coligidos**. São Paulo: Nova Cultural, 1989.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. Tradução de José Teixeira Coelho Neto. 2ª reimpr. da 3ª ed. de 2000. v. 46. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PEIRCE, C. S. **Semiótica e Filosofia: textos escolhidos**. São Paulo: Cultrix, 1972.

PEREIRA, J. E.; NÚÑEZ, I. B. Gráficos cartesianos nos livros didáticos de Química do PNLD 2012. In: **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, Águas de Lindóia, SP, p. 1-8, 2013.

PIERSON, A. H. C.; NEVES, M. R. Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 120-131, 2001.

ROZENTALSKI, E. F.; PORTO, P. A. Imagens de orbitais em livros didáticos de química geral no século XX: uma análise semiótica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 181-207, 2015.

SANTAELLA, L. **Matrizes da linguagem e pensamento: sonora visual verbal: aplicações na hipermídia**. 3ª ed. São Paulo: Iluminuras: FAPESP, 2009.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. 27ª reimpr. da 1ª ed. de 1983. v. 103. São Paulo: Brasiliense, 2008. (Coleção Primeiros Passos).

SANTAELLA, L. **Percepção: fenomenologia, ecologia, semiótica**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

SANTOS, J. T. M.; WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; SARMENTO, V. H. V. Propriedades coligativas: aproximações e distanciamentos em relação ao conhecimento de referência presentes em livros didáticos de química. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v.3, n.1, p.1-15, 2013.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química cidadã**. 2ed. São Paulo: Editora AJS, v. 2, p. 118-130, 2013.

SCALCO, K. C.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Representações Presentes nos Livros Didáticos: Um Estudo Realizado para o Conteúdo de Ligação Iônica a Partir da Semiótica Peirceana. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 134-142, 2015.

SILVA, J. C.; MOTA, J. M. V.; WARTHA, E. J. Inscrições químicas em livros didáticos de química: uma análise semiótica das representações sobre fases da matéria. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 1, p. 69-80, 2011.

SILVA, J. L.; MIRANDA, F. A. M.; FONTES, M. M. Uma análise semiótica de função do primeiro grau no livro didático de Matemática. In: **Encontro Nacional De Ensino De Matemática**, v. 12, São Paulo: Cruzeiro do Sul, p. 1-12, 2016.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Estratégias visuais na construção de uma realidade química: análise semiótica das ilustrações em livros didáticos ao longo do século XX. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, Campinas, SP, p. 1-12, 2013.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v.13, n. 39, p. 545-554, 2008.

TOMAZ, V. S.; DAVID, M. M. S. **Interdisciplinaridade e aprendizagem da Matemática em sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Ciência & Educação**, v. 21, p. 49-64, 2015.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n. 2, p. 275-290, 2011.

Submetido em 21/05/2019

Aprovado em 10/10/2019

Contato:

Karina Alessandra Pessoa da Silva

Rua Joaquim Murtinho, nº 200 - Jardim Novo Sabará

CEP 86.066-030 - Londrina, Paraná - Brasil