

química nova

NA ESCOLA

VOLUME

41

Nº 1, FEVEREIRO 2019

- 4 Filme *Robôs para Discutir Conceitos Relacionados à Ciência*
Kathya R. Silva e Marcia Borin da Cunha
- 10 Um Outro Olhar Sobre as Ligações Hidrogênio
Marcelo H. Herbst e Antônio R. M. Monteiro Filho
- 17 O Conceito de Substância Química e Seu Ensino
Renata R. D. Bellas, Indman R. L. Queiroz, Luiza R. F. C. Lima e José Luis P. B. Silva
- 25 A Cultura Afro-Brasileira no Ensino de Química: A Interdisciplinaridade da Química e a História da Cana-de-Açúcar
Rhaysa T. Gonzaga, Malu A. Santander e Anelise M. Regiani
- 33 A Dinâmica do Contrato Didático no Ensino de Calorimetria por Resolução de Situações-Problema: A Simultaneidade de Duas Relações Contratuais
Larissa O. Souza, José Euzébio Simões Neto e Anna Paula A. B. Lima
- 41 Identificando Compromissos Epistemológicos, Ontológicos e Axiológicos em Falas de Licenciandos Quando Discutem uma Questão Sociocientífica
Bruna H. S. Bezerra e Edenia M. R. do Amaral
- 55 Os Sistemas de Atividade na Interpretação da Produção Curricular por 'Situação de Estudo': Fundamentos Teórico-Metodológicos
Jaqueline Ritter, Belmayr K. Nery, Otavio A. Maldaner, Andréa B. Umpierre e Tatiane B. Sousa
- 69 Sensibilidade Moral de Licenciandos em Química diante de Conflito Ético na Prática Científica
Guilherme B. da Silva e Salete L. Queiroz
- 82 Análise do Entendimento Conceitual em uma Sequência Didática sobre o Uso de Pesticidas Fundamentada na Modelagem Analógica
Adriana M. Lima e Nilmara B. Mozzer
- 98 Tendências das Pesquisas de Gênero na Formação Docente em Ciências no Brasil
Amanda O. Proença, Matheus J. Baldaquim, Irinéa L. Batista e Fabiele C. D. Broietti
- 108 Alimentação e o Ensino de Química: Uma Análise de Livros Didáticos Aprovados pelo PNLD 2018
Alana M. Homrich, Nicolle Ruppenthal e Carlos A. Marques

EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)

Salete Linhares Queiroz (IQSC-USP)

CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)

Antônio Francisco Carrelhas Cachapuz (UA - Aveiro, Portugal)

Attico Inacio Chassot (IPA - Porto Alegre, RS - Brasil)

Aureli Caamaño (UB - Barcelona, Espanha)

Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE - Recife, PE - Brasil)

Eduardo Fleury Mortimer (UFMG - Belo Horizonte, MG - Brasil)

Eduardo Motta Alves Peixoto (IQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)

Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)

Luiz Henrique Ferreira (UFSCar - São Carlos, SP - Brasil)

Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)

Peter Fensham (QUT - Vitória, Austrália)

Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)

Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Telma Rie Doui Duati

Química Nova na Escola é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP -

Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299,

Endereço-e: sbqsp@iq.usp.br

Indexada no *Chemical Abstracts*, *DOAJ*, *Latindex* e *EDUBASE*

Correspondência deve ser enviada para:

Química Nova na Escola

Av. Prof. Lineu Prestes, 748

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299

Fax (11) 3814-3602

Endereço-e: qnesc@sbq.org.br

Química Nova na Escola na internet:<http://qnesc.sbq.org.br>**Copyright©2019 Sociedade Brasileira de Química**

Para publicação, requer-se que os manuscritos submetidos a esta revista não tenham sido publicados anteriormente e não sejam submetidos ou publicados simultaneamente em outro periódico. Ao submeter o manuscrito, os autores concordam que o *copyright* de seu artigo seja transferido à Sociedade Brasileira de Química (SBQ), se e quando o artigo for aceito para publicação.

O *copyright* abrange direitos exclusivos de reprodução e distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas, microfílmicas ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por fotocopiagem, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusivamente, dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Consequentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas consequências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia

- 4 Filme Robôs para Discutir Conceitos Relacionados à Ciência
Film Robots to Discuss Concepts Related to Science

Kathya R. Silva e Marcia Borin da Cunha

Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

- 10 Um Outro Olhar Sobre as Ligações Hidrogênio
Another Look at Hydrogen Bonds

Marcelo H. Herbst e Antônio R. M. Monteiro Filho

- 17 O Conceito de Substância Química e Seu Ensino
The Concept of Chemical Substance and Its Teaching

Renata R. D. Bellas, Indman R. L. Queiroz, Luiza R. F. C. Lima e José Luis P. B. Silva

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 25 A Cultura Afro-Brasileira no Ensino de Química: A Interdisciplinaridade da Química e a História da Cana-de-Açúcar

The Afro-Brazilian Culture in Chemistry: Chemistry and History of Sugarcane as an Interdisciplinary Classroom

Rhaysa T. Gonzaga, Malu A. Santander e Anelise M. Regiani

- 33 A Dinâmica do Contrato Didático no Ensino de Calorimetria por Resolução de Situações-Problema: A Simultaneidade de Duas Relações Contratuais

The Dynamics of the Didactic Contract in the Teaching of Calorimetry by Situation-Problem Resolution: The Simultaneousness of Two Contractual Relationships

Larissa O. Souza, José Euzebio Simões Neto e Anna Paula A. B. Lima

Cadernos de Pesquisa/Research Letters

- 41 Identificando Compromissos Epistemológicos, Ontológicos e Axiológicos em Falas de Licenciandos Quando Discutem uma Questão Sociocientífica

Identifying Epistemological, Ontological and Axiological Commitments in Pre-Service Chemistry Teachers' Speeches as they Discuss a Socio-Scientific Issue

Bruna H. S. Bezerra e Edenia M. R. do Amaral

- 55 Os Sistemas de Atividade na Interpretação da Produção Curricular por 'Situação de Estudo': Fundamentos Teórico-Methodológicos

The Systems of Activity in the Interpretation of Curriculum Production by 'Study Situation': Theoretical-Methodological Fundamentals

Jaqueline Ritter, Belmayr K. Nery, Otavio A. Maldaner, Andréa B. Umpierre e Tatiane B. Sousa

- 69 Sensibilidade Moral de Licenciandos em Química diante de Conflito Ético na Prática Científica

Moral Sensitivity among Pre-Service Chemistry Students Concerning Ethical Conflicts in Scientific Practice

Guilherme B. da Silva e Salete L. Queiroz

- 82 Análise do Entendimento Conceitual em uma Sequência Didática sobre o Uso de Pesticidas Fundamentada na Modelagem Analógica

Analysis of Conceptual Understanding in a Didactic Sequence about the Use of Pesticides Based on Analogical Modelling

Adriana M. Lima e Nilmar B. Mozzaer

- 98 Tendências das Pesquisas de Gênero na Formação Docente em Ciências no Brasil

Trends in Gender Research in Teacher Education in Science

Amanda O. Proença, Matheus J. Baldaquim, Irineá L. Batista e Fabiele C. D. Broietti

- 108 Alimentação e o Ensino de Química: Uma Análise de Livros Didáticos Aprovados pelo PNLD 2018

Food and Chemistry Teaching: An Analysis of Textbooks Approved by PNLD 2018

Alana M. Homrich, Nicolle Ruppenthal e Carlos A. Marques

Negligências e Tragédias

Nem mesmo alcançamos o final do primeiro bimestre de 2019 e já encaramos duas tragédias que comoveram a nação, causando tristeza, indignação e dor: o rompimento da barragem de rejeitos de minério da Vale, em Brumadinho, Minas Gerais, e o incêndio que atingiu o centro de treinamento *Ninho do Urubu*, em Vargem Grande, zona oeste do Rio de Janeiro. Ainda está fresco em nossa memória o desastre de Mariana, que guarda semelhanças perturbadoras com o de Brumadinho, ocorrido há pouco mais de três anos, também em Minas Gerais, quando rompeu a barragem do Fundão, da mineradora Samarco. Na ocasião, como agora, pagamos elevado preço pela negligência de empresas que operam em atividades de risco, incluindo vidas ceifadas, danos ambientais e o desespero dos que perderam entes queridos e bens materiais. Enquanto em Mariana foram dezenove mortos, em Brumadinho esse número deve ultrapassar três centenas. O derramamento da lama da barragem do Fundão sobre a Bacia do Rio Doce causou desastre ambiental sem precedentes, com efeitos sobre fauna e flora fluvial e marinha, sendo ainda cedo para que façamos afirmações seguras a respeito do impacto nefasto de mesma natureza decorrente do derramamento da lama da barragem do Córrego do Feijão, que avança pelo Rio Paraopeba.

No *Ninho do Urubu*, dez jogadores de futebol das categorias de base do Clube de Regatas Flamengo, com idade entre catorze e dezesseis anos, morreram, vítimas do incêndio no alojamento improvisado onde dormiam. Levaram consigo sonhos; seus talentos foram desperdiçados. É estarrecedor que o clube tenha permitido que fossem alojados em instalações precárias e sem condições de segurança. A negligência novamente marca presença nesse cenário macabro, onde irresponsabilidade e incompetência caminham de mãos dadas. Em ambos os casos, como já é de praxe, após tantas perdas, as engrenagens do poder se movimentaram: a Justiça do Estado de Minas Gerais, finalmente, proibiu a licitação de barragens de alteamento a montante, como as de Mariana e Brumadinho, e o centro de treinamento do Flamengo está fechado a menores, a pedido do Ministério Público do Rio de Janeiro.

Lições importantes precisam ser extraídas e discutidas com nossos estudantes frente à dura realidade que se apresenta após episódios tão impactantes. Não somente no que diz respeito aos conteúdos de química que podem ser abarcados por eles, mas também no que tange à atenção a discursos, por vezes equivocados, que povoam a mídia, especialmente nesses momentos, em relação aos direitos dos cidadãos, aos deveres do Estado e à preservação do ambiente. Abordando, também em aulas de química, questões sociocientíficas, assim como éticas e morais, abrimos espaço para a argumentação e para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, fundamental no Brasil de hoje, onde, mesmo frente a desastres como os aqui expostos, tramitam propostas no Congresso Nacional de flexibilização de normas de

proteção ambiental. Somente quando pudermos contar com a atuação de número significativo de cidadãos verdadeiramente críticos teremos esperanças de que a sensação de impunidade não será sempre a única que nos restará diante das tragédias nacionais.

Os textos que compõem este número de *Química Nova na Escola* foram selecionados entre os trabalhos completos apresentados no XIX Encontro Nacional de Ensino de Química, realizado em Rio Branco, Acre, entre os dias 16 e 19 de julho de 2018. Todos eles trazem contribuições relevantes para os educadores químicos e foram encaminhados a assessores para avaliação, sendo que outros oito trabalhos selecionados serão publicados até o final do corrente ano. Destacamos aqui quatro dos artigos que compõem este conjunto inicial, nos quais os autores buscam a promoção de discussão de questões sociocientíficas, éticas e morais, assim como de reflexões que auxiliem a formação do senso crítico, em alinhamento com as considerações tecidas neste Editorial.

Questões sociocientíficas são abordadas nos artigos “Identificando compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos em falas de licenciandos quando discutem uma questão sociocientífica” e “Análise do entendimento conceitual em uma sequência didática sobre o uso de pesticidas fundamentada na modelagem analógica”. No primeiro, as autoras analisaram a heterogeneidade de modos de pensar que emergiram na fala de alunos de licenciatura em química frente a uma questão sociocientífica vinculada a combustíveis e impactos ambientais. No segundo, as investigações giraram em torno de como a vivência de uma sequência didática, centrada na questão sociocientífica sobre o uso de pesticidas, influenciou o entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão.

Questões éticas e morais foram tratadas no artigo “Sensibilidade moral de licenciandos em química diante de conflito ético na prática científica”, no qual os autores investigaram a sensibilidade moral de licenciandos em química, a partir das respostas empregadas por eles ao identificarem os diferentes aspectos morais da situação narrada no caso denominado *Diane Archer*, que envolve o plágio, conflito ético da prática científica.

Por fim, as autoras do artigo “Filme *Robôs* para discutir conceitos relacionados à ciência” escolheram a animação *Robôs* para abordar com os estudantes os diferentes conceitos químicos presentes nesse filme, e constataram a potencialidade do seu uso na promoção de reflexões que podem auxiliar na formação do senso crítico dos estudantes.

Ótima leitura a todos!

Paulo Alves Porto
Salette Linhares Queiroz
Editores de QNEsc



Filme *Robôs* para Discutir Conceitos Relacionados à Ciência

Kathya R. Silva e Marcia Borin da Cunha

Os filmes são importantes formas de expressão cultural, social e científica. Muitas vezes, se tornam uma forma da população acessar diferentes conhecimentos. Pensando nisso, escolhemos a animação *Robôs*, para discutir com os estudantes os diferentes conceitos químicos presentes neste filme. A pesquisa foi organizada em três etapas, a primeira foi a análise do filme, considerando aspectos mais relevantes no seu enredo; a segunda etapa foi levá-lo para sala de aula e analisar as descrições dos conceitos identificados pelos estudantes, e a terceira consistiu em discutir sobre os conceitos levantados com os estudantes. Observamos que muitos dos estudantes olharam atentos as imagens do filme e destacaram diferentes conceitos, fazendo relações inclusive com outras disciplinas do currículo. Consideramos que os filmes são um instrumento de valia para o ensino de Química, pois possibilitam olhar para além dos filmes e aprender a analisá-los sob diferentes perspectivas.

► ensino de ciências, cinema, meio fílmico ◀

Recebido em 22/08/2018, aceito em 23/01/2019

4

Desde sua origem, o cinema despertou o interesse de diferentes grupos sociais, pela possibilidade de seu uso empresarial, simbólico e científico. As inclusões iniciais do cinema no campo educacional podem ser observadas desde os primeiros anos do século XX, com grande influência do cinematógrafo, criado no século XIX pelos irmãos Lumière, a partir de experimentos de Thomas Edison e Lèon Bouly, capaz de reproduzir imagens em movimento (Catelli, 2010).

É imprescindível destacar que os filmes comerciais são diferentes dos filmes educativos, afinal os educativos foram criados com a intenção de serem levados para sala de aulas, enquanto os comerciais são produzidos para gerarem lucros e conseguirem o maior número de espectadores, sem uma atitude educativa propriamente dita, podendo ser levados para sala de aula, afinal os filmes comerciais

também são uma fonte de conhecimento, que são acessados amplamente pela população (Oliveira, 2006).

[...] o cinema está no ambiente escolar, seja porque ver filmes (na telona ou na telinha) é uma prática usual em quase todas as camadas sociais da sociedade, seja porque se ampliou, nos meios educacionais, reconhecimento de que, em ambientes urbanos, o cinema desempenha um papel importante na formação cultural das pessoas (Duarte, 2002, p. 86).

Os filmes precisam ser encarados no âmbito pedagógico como uma obra de arte e um instrumento pedagógico de grande valia para ensinar aspectos relativos a valores, crenças e ideologias. Por isso, é preciso olhar para os filmes e não apenas através deles, para que eles não sejam apenas ilustrações dos conteúdos programáticos (Duarte e Alegria, 2008). Mesmo não apresentando uma função educativa propriamente dita, os filmes funcionam como uma forma de educar, seja cultural,

Os filmes precisam ser encarados no âmbito pedagógico como uma obra de arte e um instrumento pedagógico de grande valia para ensinar aspectos relativos a valores, crenças e ideologias.

A seção "Educação em Química e Multimídia" tem o objetivo de aproximar o leitor das aplicações das tecnologias comunicacionais no contexto do ensino-aprendizagem de Química.

social ou cientificamente, afinal eles podem influenciar nas atitudes, no comportamento e no desenvolvimento dos espectadores, pois funcionam como uma fonte de inspiração que interfere e auxilia na construção de representações e de percepções sobre determinado assunto ou tema.

As expressões cinematográficas podem ser trabalhadas em sala de aula de várias formas, por causa da sua diversidade o cinema possibilita explorar a linguagem audiovisual tanto na parte teórica (análise de filmes), quanto na parte técnica (realização de oficinas, produção de filmes) e como expressão artística (Vilaça, 2006). Para Guitierrez (1978), citado por Arroio e Giordan (2006):

A força da linguagem audiovisual está em que consegue dizer muito mais do que captamos, chegar simultaneamente por muito mais caminhos do que conscientemente percebemos, e encontra dentro de nós uma repercussão em imagens básicas, centrais, simbólicas, arquetípicas, com as quais nos identificamos, ou que se relacionam conosco de alguma forma (Guitierrez, 1978, apud Arroio e Giordan, 2006, p. 9).

A utilização de um filme como recurso audiovisual tem como um de seus objetivos despertar o interessante dos estudantes e relacionar os conceitos abordados em sala de aula com situações do cotidiano. Contudo, é preciso que o professor escolha o audiovisual de acordo com a sua intenção e com as características da turma, pois ele traz consigo percepções e decodificações pertencentes a sua produção. Ainda, é necessário que ele leve em consideração aspectos como: roteiro, direção, produção e crítica de cada filme.

O que eu quero com esse filme? Em que essa atividade se relaciona com o conjunto da minha disciplina e da área curricular? Quais são os limites e as possibilidades que essa atividade tem para o grupo de alunos em questão? Ao longo do ano, que outros filmes poderiam ser trabalhados de acordo com a orientação? Além desses procedimentos tão óbvios quanto importantes, o professor deve pensar o filme dentro do seu planejamento anual, de acordo com a Proposta Curricular oficial em consonância com a Proposta Pedagógica da Escola e seu Plano de Ensino (Napolitano, 2009, p. 22).

O professor irá auxiliar os seus estudantes a olharem e realizarem uma análise desse filme, valorizando os elementos positivos e desprezando os negativos, essa experiência proporciona ao espectador um olhar diferenciado ao filme em exibição, que o irá compreender como uma fonte de educação do ponto de vista técnico, artístico e cultural.

Os filmes apresentam diferentes potencialidades no ambiente escolar, sejam para ilustrar conteúdos, discutir cenas e/ou fatos históricos, analisar a linguagem, vestimenta e costumes de uma época, entre outras opções.

Considerando essas e outras alternativas possíveis com o uso de filmes, percebemos que o cinema auxilia na construção e reconstrução de significados, pois as imagens apresentadas estão repletas de interpretações que podem e devem ser utilizadas e discutidas em sala de aula. O cinema na sala de aula é uma possibilidade de criar e inventar. Educação e cinema devem estar juntos para que possam possibilitar novas formas de aprender, ensinar e conhecer, de maneira geral.

Buscando aproveitar as potencialidades do cinema na sala de aula, realizamos uma atividade com 25 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental II, no último bimestre do período letivo de 2017. Essa atividade consistia em uma conversa prévia com os estudantes sobre os conceitos estudados nas disciplinas de Química e Física durante o ano e se eles conseguiam observar tais fenômenos no seu cotidiano.

Para isso, foi escolhido o filme *Robôs*, uma animação lançada em 2005, que apresenta em várias cenas discussões sobre conceitos químicos. A escolha desse filme ocorreu por ele apresentar uma linguagem simples, coloquial e acessível à faixa etária dos estudantes. É imprescindível destacar que o filme faz parte de um contexto informal, ele é um produto da mídia cinematográfica que não apresenta função educativa. Ao ser levado para a escola, ele continua sendo uma mídia informal no qual a atividade a ser desenvolvida com ele se torna uma atividade formal, pois está dentro das normativas escolares e sua atividade segue regras estabelecidas previamente.

Essa atividade teve como objetivo observar a forma como os estudantes percebiam a presença da Ciência no filme, assim como a presença ou não de conceitos científicos. Além disso, foi importante que os estudantes percebessem a relação do conteúdo didático apresentado durante o ano letivo e os assuntos e temas apresentados no filme em questão.

Resultados

A atividade foi dividida em três etapas. Na primeira etapa realizamos uma análise do filme a partir da metodologia proposta por Vanoye (2008, p. 15), que consiste em “[...] despedaçar, descosturar, desunir, extrair, separar, destacar e denominar materiais que não se percebem isoladamente “a olho nu”, uma vez que o filme é tomado pela totalidade”. Por isso, foi necessário olhar para cada cena, de maneira as descrever e, posteriormente, a incorporar novamente à totalidade, realizando um resumo das cenas.

Na segunda etapa, o filme foi exibido na própria sala de aula, que dispunha de multimídia, tela de projeção e equipamento de som adequado. Nessa etapa, os estudantes escreveram em uma folha os conceitos e em quais cenas percebiam a presença da Ciência no filme. A terceira etapa foi proposta após a entrega dos relatos aos estudantes. Essa etapa foi realizada na semana seguinte, com a exposição oral dos estudantes a respeito de suas observações e anotações.

A seguir passamos a apresentar os resultados obtidos em cada uma das etapas da pesquisa.

Etapa 1

Nessa etapa, o filme *Robôs* foi assistido e suas cenas foram descritas e discutidas. Sua ficha técnica encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1: Ficha técnica do filme *Robôs*

Título: Robôs (<i>Robots</i>)	Duração: 90 minutos
Gênero: Animação	Direção: Chris Wedge e Carlos Saldanha
Estreia: 10 de março de 2005	País de origem: EUA
Classificação Indicativa: Livre	Roteiro: Lowell Ganz e Babaloo Mandel
Estúdios: Blue Sky Studios	Distribuição: Fox Film do Brasil Ltda.
Produção: William Joyce	Música: John Powell

Fonte: <http://filmesonline.online/animao/8794-robots.html>, acessado em Fevereiro 2019.

Descrição do Filme

O filme traz a história de Rodney Lataria, que nasceu em uma cidade onde tudo e todos são feitos de metais. O nome da cidade é Rivet Town, traduzida como Rebite, que tem seu nome estampado em uma grande caixa d'água de metal. O nome da cidade também é sugestivo, pois "rebite" é uma espécie de fixador, que é um cilindro similar a um prego e está diretamente associado à composição dos robôs, que intuitivamente necessitam de rebites para ficarem com a estrutura desejada.

A história de Rodney é contada desde o seu nascimento, ou melhor, sua montagem a partir de peças que chegam embrulhadas em uma caixa. Essas peças são encomendadas e os pais podem escolher características que acharem mais adequadas para seu filho, como no caso de Rodney ele tem os olhos da avó materna e o nariz do avô paterno. O filme dá ênfase à escolha do sexo biológico pelos pais – um menino. Na cena, o pai acaba esquecendo a peça que irá definir o sexo do filho, sendo a peça que define se é uma menina ou um menino, uma tomada ou um plug, respectivamente. Logo, o pai de Rodney explica que por ser menino, será mais fácil ele se tornar um inventor.

Esse paradigma sobre o sexo biológico e a área do conhecimento, aos poucos tem sido mudado, entretanto, ainda é conveniente a muitos não considerar o papel de destaque de mulheres em relação a pesquisas científicas. Nos últimos anos, as mulheres têm conseguido mais espaço para desenvolver suas pesquisas, afinal historicamente a Ciência foi vista como uma atividade desenvolvida apenas por homens (Carvalho e Casagrande, 2011).

A participação das mulheres no filme é restrita, pois a maioria dos personagens é do sexo masculino. Os robôs do sexo feminino são: Sra. Copperbottom (mãe de Rodney, uma dona de casa), Piper (irmã de Manivela, uma enferrujada), Tia Turbina (dona de uma pensão que ajuda os enferrujados), Cappy (trabalha nas indústrias Grande Soldador como publicitária) e Madame Junta (mãe de Dom Aço e dona de uma empresa que recicla peças).

As cenas trazem o crescimento de Rodney, mostrando-o como um robô que tem uma vida normal, até seu pai apresentar o Grande Soldador, um personagem que inventa coisas a fim de facilitar a vida das pessoas. Em vários momentos, o filme traz um inventor como uma pessoa que está predisposta a fazer coisas que vão facilitar a vida das pessoas. Essa visão faz com que as pessoas compreendam o cientista como um produtor de artefatos e não propriamente de conhecimentos.

Rodney fica animado para conhecer o Grande Soldador e começa a colocar suas aptidões de invenção científica em funcionamento. Rodney realiza vários testes até chegar ao primeiro protótipo, para isso, ele usa óculos e coloca uma panela na sua cabeça e fica com a língua para o lado de fora da boca. Sua invenção está diretamente relacionada à profissão de seu pai, que é um lavador de pratos. Seu protótipo é capaz de lavar, secar e organizar os pratos rapidamente. No início, seu pai fica inseguro ao usar a invenção, deixando evidente o medo da maioria das pessoas em utilizar uma nova tecnologia.

Apesar disso, ele aceita fazer o teste, o protótipo está realizando a atividade de forma eficiente, até quando o chefe de Herb adentra na cozinha, fazendo com que a invenção se assuste, que começa a quebrar tudo que vê pela frente, deixando o chefe muito irritado e que menospreza Rodney.

O chefe de Herb é uma máquina registradora, o que evidencia ser detentor de posses e mostra o lado capitalista desse personagem. O chefe humilha Rodney, deixando transparecer que se ele nasceu e cresceu em uma classe menos favorecida, não terá direito a crescer e ser um inventor. Nesse momento, o filme deixa evidente a percepção de muitas pessoas, que acreditam que a ciência e a tecnologia são para os mais favorecidos, o que muitas vezes é uma realidade, aquele que tem maior poder aquisitivo tem mais acesso às novas invenções.

Rodney decide ir até Robôpolis (a cidade do Grande Soldador) para mostrar que seu protótipo pode fazer muito mais que simplesmente lavar pratos. Mas acaba surpreendido pela substituição do Grande Soldador por um robô chamado Dom Aço, que visa lucrar e descartar aquilo que não é mais conveniente, não tendo preocupação com aqueles que não têm condições e acesso às novas tecnologias, mas o mais preocupante é que ele não se importa com o lixo que estará produzindo, impondo que todos devem comprar peças novas.

Nas próximas cenas, Rodney faz novos amigos, todos considerados "enferrujados", nomenclatura dada aos personagens menos favorecidos economicamente. Esse termo está relacionado à ferrugem, que é produzida pela reação química do ferro com o oxigênio. Esse processo também pode ser chamado de oxirredução, pois envolve a oxidação do ferro e a redução do oxigênio, a partir dessa reação ocorre a formação do óxido de ferro.

Em muitas cenas é possível ver os enferrujados jogando óleo diesel em suas estruturas. Rodney tenta ajudar a todos, seja com sua amizade, seja inventando, montando e desmontando peças que os ajudem. O que mais motiva Rodney a encontrar o Grande Soldador é seu pai, que está doente e não existem mais peças de segunda linha para que ele

possa trocar. Com a ajuda de seus amigos, Rodney consegue encontrar o Grande Soldador e mostrar a ele sua invenção. Eles conseguem trazer o Grande Soldador de volta à direção de sua empresa.

A partir das descrições das cenas e também da análise do filme como um todo, percebemos que este poderia ser levado para a sala de aula de maneira interdisciplinar, porque possibilita a análise de vários temas e promove reflexões, auxiliando na formação do senso crítico dos estudantes.

Etapa 2

O filme foi levado para sala de aula com o intuito que estes o relacionassem com os conteúdos presentes na disciplina de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental II. Em relação à Química, sob o ponto de vista do pesquisador, consideramos que os principais assuntos presentes no filme são: os metais e suas propriedades, o processo de ferrugem, lixo eletrônico, a constituição química dos robôs e seu funcionamento. Sendo relevante a discussão sobre a pesquisa científica, a maneira como os pesquisadores agem e os limites da pesquisa científica, buscando incentivar o gosto pela área científica a partir do personagem de Rodney.

Sobre as descrições das cenas feita pelos estudantes, a maioria trouxe observações importantes sobre os conceitos e percepções que encontraram no decorrer das cenas. Vários assuntos foram descritos pelos estudantes, com relevância numérica e de conteúdo descrito, os temas foram: energia, ferrugem, eletrização, propriedades dos metais e magnetismo (Figura 1).

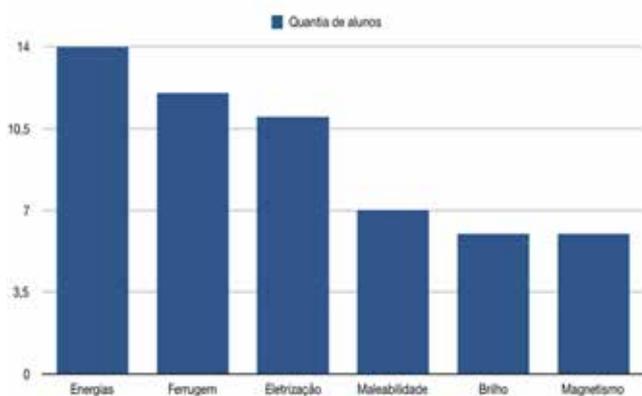


Figura 1: Quantidade de descrições dos estudantes dos temas. Fonte: Os autores.

Os diferentes tipos de energia foi o tema mais observado pelos estudantes, totalizando 14 descrições na escrita de 10 estudantes. As energias são as mais variadas (cinética, mecânica, potencial, elástica e elétrica) e em diferentes cenas, como na descrição da estudante 4 que explica o uso de energia durante o filme, desde o nascimento de Rodney, na

qual ela observa que quando “ele está nascendo (sendo montado) são necessárias pilhas para que ele se movimente”. Até quando “na formatura de Rodney, ele e os outros formados atiram seus chapéus para o alto”. Desta forma, percebemos que de fato essa estudante compreendeu o conceito de energia e conseguiu observar o conceito em diferentes cenas do filme.

O estudante 7 traz as transformações de energia que ocorrem em diferentes cenas, como na frase “Quando Latária está dentro de uma bola metálica usada para transporte, a bola sobe acumulando energia potencial gravitacional e quando ela cai transforma-se em energia cinética”. Nessa frase além do conceito de energia, o estudante descreve a transformação que ocorre durante o processo.

O processo de ferrugem também foi um dos observados pelos estudantes, acreditamos que pelo fato de envolver uma transformação química e de ser um dos assuntos mais comentados duran-

te o filme, afinal os robôs sem condições financeiros ficam enferrujados, essa palavra é dita em várias cenas.

A observação da reação química da formação da ferrugem é analisada por 12 estudantes, como nas frases da estudante 1: “Os robôs só ingerem óleo, pois se ingerirem água ficarão enferrujados e aí não vão mais brilhar” e “Os robôs não tomam água e sim óleo, pois água causa oxidação do ferro”, e do estudante 4: “Os metais (robôs) precisam de óleo para não enferrujar, então se banham com ele, porque o óleo gruda na lubrificação dos metais que sofreram com a oxidação”. O estudante 5 traz uma percepção sobre a ferrugem em paralelo a uma cena, na qual ele descreve que um personagem está ganhando uma massagem, que na verdade está tirando sua ferrugem.

A partir dessas frases, observamos que o conceito de ferrugem foi algo marcante para os estudantes, mesmo que durante o enredo do filme não aconteça uma explicação sobre esse processo e, tampouco, as formas para se evitar a formação da ferrugem. De modo geral, percebemos que pelo fato da ferrugem ser uma reação química comum no cotidiano dos estudantes, esses conseguiram estabelecer uma relação com as reações químicas estudadas durante o ano, com seu cotidiano e as identificaram em algumas partes do filme. É possível correlacionar a mudança das propriedades durante o processo de ferrugem assim como o modo de evitar a reação (a proteção com óleo).

O tema eletrização aparece em 11 descrições. A descrição do estudante 9 foi considerada a mais significativa: “Quando Rodney Latária entra em contato, a eletrização por indução. Isso ocorreu porque o Rodney está com o corpo eletrizado, mas ele foi se aproximando com algo eletrizante neutro. Por isso, quando Rodney está no chão, os metais vão atrás dele, pois quando ocorre essa aproximação os elétrons do corpo neutro se movimentam em virtude da atração ou da repulsão.”

O estudante descreve a cena e busca explicar o processo de eletrização, que é um processo no qual um corpo neutro

Em relação à Química, sob o ponto de vista do pesquisador, consideramos que os principais assuntos presentes no filme são: os metais e suas propriedades, o processo de ferrugem, lixo eletrônico, a constituição química dos robôs e seu funcionamento.

pode ganhar ou perder elétrons, adquirindo uma carga. Quando ele adquire carga ele é chamado de eletrizado, sendo capaz de atrair ou repelir determinados materiais, dependendo da carga adquirida.

As propriedades dos metais, como já esperado foi um dos temas mais observados pelos estudantes, especialmente as características relacionadas ao brilho e a maleabilidade. A propriedade brilho foi observada por 6 estudantes, como na frase do estudante 3: “Você pode brilhar, não importa do que seja feito. É uma afirmação feita em um dos comerciais, mas como sabemos apenas os metais podem brilhar”. O comercial ao qual a estudante se refere é uma propaganda do Grande Soldador que incentiva a todos buscarem seus objetivos. A palavra brilho nesse comercial tem duplo sentido, brilhar no sentido de reluzente, como no sentido de brilhar em relação às conquistas.

A estudante 4 usou a mesma frase do filme, contudo ponderou que “uma das características dos metais é o brilho, quando são polidos”. Observamos que, apesar de muitos terem considerado o metal ter o brilho como uma propriedade geral, apenas uma estudante faz referência na maneira de como esse brilho irá aparecer. Em situações como essa é importante a inferência do professor em relação a essa propriedade dos materiais, seja levando exemplos de metais para sala de aula, discutindo, mostrando imagens ou demonstrando a diferença entre os robôs do filme, que são brilhantes para os que são chamados de enferrujados.

Sobre a propriedade de maleabilidade dos metais, 7 estudantes trouxeram algumas descrições, contudo não apresentaram a definição deste conceito. Essa propriedade aparece na fala do estudante 6: “Madame Junta está comandando os operários em uma indústria que derrete os metais, modificando-os ou jogando-os fora”. O estudante explica logo em seguida que pela diferença de temperatura pode haver uma modificação na estrutura da matéria. Assim como na cena descrita pelo estudante 8: “[...] o Grande Soldador está indo ser derretido iria ocorrer reação química porque seu ferro iria se derreter com o fogo”.

Essa última fala do estudante 8 traz um erro conceitual sobre reações químicas e transformações físicas, afinal nessa situação o metal (ferro) iria mudar de estado físico, passar do sólido para o líquido e não ocorrer uma reação química. Na concepção desse estudante, o ferro no estado líquido apresenta ligações diferentes de quando ele está no estado sólido, além de apresentar forma e cor diferente. E por causa dessas diferenças, o estudante acredita ter ocorrido uma reação química. Uma explicação plausível para esse erro pode ser pelo movimento de concepções alternativas, as quais são uma forma dos estudantes explicarem algum fenômeno ou preceito científico. Essas concepções alternativas, segundo Oliveira (2005, p. 236), são construídas desde o “[...] seu nascimento e o acompanham também em sala de aula, onde os conceitos científicos são inseridos sistematicamente no processo de ensino e aprendizagem”.

Por isso, é essencial a inferência do professor em relação à utilização do conceito, buscando a partir das concepções

alternativas dos estudantes sobre reações químicas construir conceitualmente a diferença entre transformações físicas e químicas, se possível buscar outras formas de exemplificação e até mesmo usar a cena do filme para demonstrar as diferenças entre essas transformações.

Uma cena em especial foi descrita por 6 estudantes. Nessa cena, Rodney fica preso em uma porta com detector de metais, contudo apenas um dos estudantes traz uma explicação que isso ocorreu devido ao magnetismo. Nessa situação, o estudante usou de conhecimentos adquiridos também na disciplina de Física para explicar os motivos que fizeram a porta com detector de metais ser acionada. Afinal, o detector de metais funciona de acordo com o princípio do eletromagnetismo, pois quando um objeto metálico se aproxima de um detector ocorre uma variação no fluxo magnético por meio do objeto, que geram um campo magnético. Pelo fato dos estudantes não terem trazido explicações mais detalhadas, tanto conceitualmente quanto no que tinham visto na cena, há pouco a se discutir sobre esse tema.

Outros conceitos químicos e físicos também foram abordados pelos estudantes, como velocidade, propagação do som, óptica, Leis de Newton, entre outros. Contudo, esses conceitos foram em menor proporção e optamos em não apresentá-los neste texto. Percebemos que os estudantes relacionaram também outras áreas do conhecimento com o filme e não apenas o que foi solicitado a eles, o que demonstra comprometimento dos mesmos também que são capazes de olhar através dos filmes e não somente para os filmes.

Observamos que ao direcionar o olhar dos estudantes para determinado foco durante a exibição do filme eles serão capazes de perceber muito além do que o filme está mostrando explicitamente, neste caso os conceitos científicos presentes tanto no seu contexto social quanto no filme.

Etapa 3

Nessa etapa, as descrições foram entregues aos estudantes e como em uma roda de conversa eles puderam expor aquilo que mais gostaram nos filmes e a opinião sobre a forma como a atividade foi conduzida. Os conceitos sobre os quais eles tinham ficado em dúvida foram discutidos e explicados, como a diferença entre fenômenos físicos e químicos, que foi novamente abordada conceitualmente, trazendo exemplos tanto do filme quanto do cotidiano, assim como os tipos de eletrização nas descrições. Por isso, algumas cenas do filme foram revistas e discutidas com os estudantes de maneira a esclarecer e auxiliar na compreensão do conceito.

A participação dos estudantes nessa etapa foi satisfatória, pois puderam discutir entre eles sobre as diferentes cenas nas quais perceberam conceitos. A discussão possibilitou a todos uma forma diferente de “olhar” para os filmes. Afinal, era essencial que os estudantes compreendessem que um filme é muito mais que uma imagem e/ou falas, traz diferentes aspectos que podem e devem ser discutidos em sala de aula.

Considerações Finais

O cinema é um importante instrumento para o ambiente escolar. Neste trabalho buscamos utilizá-lo como uma ferramenta para que os estudantes visualizassem conceitos científicos ao decorrer do filme. Para isso, foi preciso uma pesquisa inicial a fim de identificar o filme mais propício para a faixa etária dos estudantes e também que possibilitasse a exploração de diferentes conceitos. O filme *Robôs* proporcionou aos estudantes mais do que momentos de descontração e de lazer, afinal era preciso que os estudantes olhassem atentamente para o filme para conseguirem identificar o que lhes foi solicitado no início da atividade. Percebemos que houve envolvimento pela maioria dos estudantes e comprometimento na hora de descrever e de explicar o que estavam vendo no filme, até por isso foi possível uma diversidade de conceitos e de discussão após a exibição.

É importante destacar que levar filmes para a sala de aula possibilita aos estudantes conhecer a linguagem fílmica e os auxilia no processo de entendimento do filme, pois o professor se torna um mediador do conhecimento, auxiliando o estudante a olhar nas entrelinhas das imagens, das falas, das

cenas, entre outros. Permite olhar para além das cenas, pois a partir de uma única cena é possível diferentes discussões que levam a uma compreensão da relação entre a mídia cinematográfica e situações do cotidiano. Reiteramos que a função do filme não é ensinar, mas esse processo é feito a partir das discussões e observações feitas pelos estudantes com o auxílio do professor, durante o filme.

Com isso, consideramos que o cinema se mostra uma ferramenta importante nas aulas de Ciências, pois resgata diferentes aspectos e cria vínculos com os estudantes, que ao assistirem a essa mídia na sala de aula cunham uma nova forma de ver o cinema, ou seja, crítica e consciente, tornando-os capazes de fazer uma leitura do filme como um todo e o percebendo com várias possibilidades além de entretenimento.

Kathya Rogéria da Silva (kathyarsilva@gmail.com) é licenciada em Química e mestra em Educação na linha de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Atua como professora da rede básica de ensino pública e privada desde 2014. Cascavel, PR – BR. **Marcia Borin da Cunha** (borin.unioeste@gmail.com) é licenciada em Química e mestre em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), doutora em Educação pela Universidade de São Paulo (USP) e pós-doutora pela Universidade Federal de São João del-Rei. Atualmente é professora associada da Unioeste. Toledo, PR – BR.

Referências

ARROIO, A. e GIORDAN, M. Vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 8-11, 2006.

CARVALHO, M. G. e CASAGRANDE, L. S. Mulheres e ciência: desafios e conquistas. *Revista Interdisciplinar em Ciências Humanas*, v. 8, n. 2, p. 20-35, 2011.

CATTELI, R. E. Coleção de imagens: o cinema documentário na perspectiva da escola nova, entre os anos de 1920 e 1930. *Educação e Sociedade*, v. 31, n. 111, p. 605-624, 2010.

DUARTE, R. *Cinema e educação*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

_____ e ALEGRIA, J. Formação estética audiovisual: um

outro olhar para o cinema a partir da educação. *Revista Educação & Realidade*, n. 33, p. 59-80, 2008.

NAPOLITANO, M. *Como usar o cinema na sala de aula*. São Paulo: Contexto, 2009.

OLIVEIRA, B. J. Cinema e imaginário científico. *Revista História, Ciências, Saúde*, n. 13, p. 133-150, 2006.

OLIVEIRA, S. S. Concepções alternativas e ensino de biologia: como utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciados. *Revista Educar*, n. 26, p. 33-250, 2005.

VANOYE, F. *Ensaio sobre a análise fílmica*. 5ª ed. Campinas: Editora Papyrus, 2008.

VILAÇA, S. H. C. *Inclusão audiovisual através do cinema de animação*. Dissertação (Mestrado em Artes). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

Abstract: *Film Robots to Discuss Concepts Related to Science*. Movies are important forms of cultural, social and scientific expression. Often, they become a way for people to access different knowledge. Thinking about it, we chose the animation *Robots*, to discuss with students the different chemical concepts present in this film. The research was organized in three stages, the first was the analysis of the film, considering more relevant aspects in the plot of the film; the second step was to take this film to the classroom and analyze the descriptions of the concepts identified by the students, and the third step was to discuss the concepts raised with the students. We observed that many of the students watched the images of the film closely and highlighted different concepts, making relationships with other disciplines of the curriculum. We believe that films are a valuable tool for the teaching of Chemistry, because they make it possible to look beyond the films and learn to analyze the films from different perspectives.

Keywords: science teaching, cinema, filmic environment

Um Outro Olhar Sobre as Ligações Hidrogênio

Marcelo H. Herbst e Antônio R. M. Monteiro Filho

O artigo apresenta um levantamento histórico do surgimento do conceito de ligação hidrogênio, no qual se questionam as origens da definição corrente dos livros-textos de que essas ligações seriam interações intermoleculares do tipo eletrostático ou dipolo-dipolo. A partir de resultados experimentais e desenvolvimentos teóricos recentes reportados na literatura, argumenta-se que as ligações hidrogênio não devem ser tratadas como interações intermoleculares genuínas, mas devem integrar o contínuo das ligações covalentes deslocalizadas, e que o conceito de ressonância no domínio intermolecular pode ser aplicado no correto entendimento das ligações hidrogênio. Possibilidades para o ensino de química, em particular para a formação inicial e continuada de professores, são apresentadas e discutidas.

► ligação hidrogênio, interações intermoleculares, ressonância ◀

Recebido em 21/08/2018, aceito em 16/10/2018

10

No ensino de química, as interações intermoleculares são usadas como exemplos dos efeitos da geometria e da polaridade de moléculas, resultando em propriedades macroscópicas das substâncias e possibilitando a formação de misturas homogêneas, seja por miscibilidade de líquidos ou por solubilidade de gases ou de sólidos. Trata-se, portanto, de uma temática de grande relevância, capaz de aproximar os mundos microscópico, atômico-molecular, e macroscópico, acessível à observação direta. As interações intermoleculares são geralmente compreendidas no bojo das atrações e repulsões entre moléculas. Segundo Rocha (2001):

Uma interação química significa que as moléculas se atraem ou se repelem entre si, sem que ocorra a quebra ou formação de novas ligações químicas. Estas interações são frequentemente chamadas de interações não covalentes ou interações intermoleculares. Assim, existem as interações entre moléculas polares, chamadas de interações dipolo-dipolo, entre moléculas polares e apolares, chamadas de interações dipolo-permanente-dipolo induzido, entre moléculas apolares, chamadas de interações de dis-

persão. Em todos esses casos, é assumido o modelo eletrostático, no qual os dipolos (permanentes ou induzidos) constituem o racional das interações entre as moléculas.

Além das interações intermoleculares mencionadas acima, as chamadas ligações hidrogênio ocupam lugar de destaque, seja pelas exóticas propriedades que conferem à água, seja pelo exemplo das estruturas terciárias de proteínas, ou ainda o apelo da estabilização da dupla fita do ADN (Fraga, 2001; Rocha, 2001), todas atribuídas à formação das ligações hidrogênio. A cotidiana observação da imiscibilidade de óleo na água e da miscibilidade do etanol na água pode ser explicada pelo conceito de ligações de hidrogênio. De fato, as ligações de hidrogênio são comumente classificadas como “caso extremo de interações dipolo-dipolo” (Kotz e Treichel, 2005; Curi, 2006), ou “interações dipolo-dipolo especiais” (Mortimer e Machado, 2012; Reis e Santos Filho, 2010; Rocha, 2001). Um problema pedagógico e conceitual surge na explicação do modo de ação dessas peculiares interações, uma vez que, para explicar a larga faixa da força das ligações hidrogênio (entre 40 e 1 kcal mol⁻¹, segundo Rocha (2001)), recorre-se a argumentos como o tamanho atômico do hidrogênio e a diferença de eletronegatividade entre os átomos que interagem através da “ponte”, um doador (D) e

A seção “Conceitos Científicos em Destaque” tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

um receptor (A). Em outras palavras, o modelo atualmente aceito (e ensinado) das ligações hidrogênio é eminentemente eletrostático, baseado na baixa eletronegatividade do hidrogênio e na formação de uma carga parcial positiva sobre o hidrogênio quando ligado a átomos de alta eletronegatividade como F, O ou N. Argumenta-se que a atração desta carga positiva pelos pares eletrônicos de moléculas adjacentes as mantém “unidas” (Douglas *et al.*, 1993, p. 92). Essa “definição-padrão” encontra respaldo no IUPAC *Compendium of Chemical Terminology*, (IUPAC GOLD BOOK, 2019), no qual se pode encontrar não apenas uma, mas duas definições de ligação hidrogênio. A Definição 1 de ligação hidrogênio é:

Uma forma de associação entre um átomo eletronegativo e um átomo de hidrogênio ligado a um segundo átomo relativamente eletronegativo. É mais bem considerada como uma interação eletrostática, aumentada pelo tamanho pequeno do hidrogênio, que permite a proximidade dos dipolos ou cargas que interagem. Ambos os átomos eletronegativos são geralmente (mas não necessariamente) do primeiro período da Tabela Periódica, ou seja, N, O ou F. As ligações de hidrogênio podem ser intermoleculares ou intramoleculares. [...] (Tradução livre. Ênfase dos autores deste trabalho).

A Definição 2 de ligação hidrogênio está no contexto da química orgânica teórica:

Um tipo particular de multicentro (três centros-quatro elétrons) X–H ... Y, no qual o átomo de hidrogênio central ligado covalentemente a um átomo eletronegativo X (C, N, O, S...) forma uma ligação mais fraca com o átomo Y (N, O, S...) na direção do seu orbital que contém o par de elétrons isolado. A energia das ligações hidrogênio [...], resulta da interação eletrostática e também da interação orbital do OM antiligante $\sigma^(XH)$ da molécula atuando como o doador de hidrogênio e o par de elétrons isolado não-ligante MO_nY da molécula receptora do hidrogênio. (Tradução livre. Ênfase dos autores deste trabalho).*

Essa explicação é também compartilhada por veículos não acadêmicos. Por exemplo, na Wikipedia (2019) em português pode-se encontrar que

O hidrogênio faz ligações covalentes (ligação química em que há compartilhamento de elétrons) e ligações que não são químicas, apenas interações. A Ligação de Hidrogênio é uma interação entre átomos de hidrogênio de uma molécula com átomos de elementos altamente eletronegativos (oxigênio,

flúor e nitrogênio) de forma que o hidrogênio sirva como “elo” entre os átomos com os quais interage. Pensava-se anteriormente que o elétron fosse compartilhado pelas moléculas da interação, entretanto se fosse assim, seria uma ligação covalente (Ênfase dos autores deste trabalho).

[...] há um consenso entre os químicos de que as ligações hidrogênio não podem ser classificadas como ligações covalentes genuínas, uma vez que são “apenas interações”.

Dessa forma, apesar de sua peculiaridade entre as interações intermoleculares, há um consenso entre os químicos de que as ligações hidrogênio não podem ser classificadas como ligações covalentes genuínas, uma vez que são “apenas interações”. Esse

consenso começou a ser questionado internamente por uma força-tarefa da IUPAC (Arunan *et al.*, 2011), que publicou uma recomendação sobre a definição de ligação hidrogênio:

A ligação de hidrogênio é uma interação atrativa entre um átomo de hidrogênio de uma molécula ou um fragmento molecular X–H, no qual X é mais eletronegativo que H, e um átomo ou um grupo de átomos na mesma molécula ou em uma molécula diferente, na qual existe evidência de formação de ligação.

É interessante notar que, na definição acima, não há menção à natureza eletrostática anteriormente postulada. A recomendação insiste também que a evidência para a formação de uma ligação hidrogênio pode ser experimental ou teórica, ou, idealmente, uma combinação de ambas, com implicações consideráveis, como veremos.

O Surgimento do Conceito de Ligação Hidrogênio

Com a descoberta do elétron e a consolidação da teoria da dissociação eletrolítica no final do século XIX, as primeiras décadas do século XX foram pródigas em propostas para explicar a natureza da ligação química, das quais a mais frutífera foi a noção de ligação química pelo compartilhamento de pares eletrônicos, formulada por G. N. Lewis e tornada pública em 1916. A história do surgimento e da consolidação do conceito de ligação hidrogênio remonta ao final do século XIX, a partir das observações das propriedades “anômalas” da água e de suas misturas com outros solventes. O químico britânico Henry Edward Armstrong (1908) postulou que a água seria uma mistura complexa formada pela “associação” de unidades moleculares fundamentais chamadas *hidrona* (OH_2), as quais formariam vários polimorfos em função da temperatura, sendo essa a explicação para as propriedades “anômalas” da água. A Figura 1 ilustra alguns desses polimorfos.

Para Armstrong, a *hidrona* seria o componente volátil da água, e a pressão de vapor estaria relacionada à proporção de *hidrona* na água. A proporção de moléculas de *hidrona* na água comum deveria ser pequena, pois se a água fosse apenas

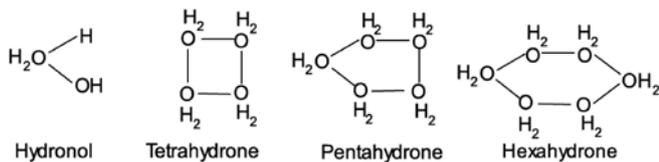


Figura 1: Polimorfos da unidade molecular fundamental *hidrona*, como postulado por Armstrong, para explicar as propriedades “anômalas” da água em função da temperatura. Reproduzido de Armstrong (1923), DOI: 10.1098/rspa.1923.0082. Copyright The Royal Society Publishing.

uma coleção de moléculas de *hidrona*, o ponto de ebulição do líquido seria muito menor, e seu ponto de congelamento também seria muito mais baixo. É importante destacar que, nos polimorfos postulados por Armstrong, as unidades moleculares de *hidrona* estão ligadas através dos átomos de oxigênio, os quais, em vários polimorfos, fazem não duas, mas quatro ligações, contrariando as noções de valência da época. Até os anos 1920, a teoria de Armstrong era aceita, como atesta seu artigo de 1923, do qual extraímos a Figura 1.

Como é usual para as descobertas científicas, o conceito de ligação hidrogênio tem pelo menos duas origens, a saber, os artigos de Moore e Winmill (1912) e de Latimer e Rodebush (1920). O primeiro, “The State of Amines in Aqueous Solution”, foi publicado no *Journal of the Chemical Society*, e o segundo, “Polarity and Ionization from the Standpoint of the Lewis Theory of Valence”, no *Journal of the American Chemical Society*. Ainda que o termo “ligação hidrogênio” propriamente dito não conste dos textos, a falta do nome não impede o reconhecimento do conceito, como atesta o capítulo 12 do clássico livro de Linus Pauling, *The Nature of the Chemical Bond* (1960). Sobre a recepção do artigo de Moore e Winmill, pouco sabemos, a não ser através de uma interessante nota pessoal de um editor da revista *Nature Chemistry* (Goymer, 2012).

Sobre o artigo de Latimer e Rodebush, sabemos um pouco mais. Como registra o artigo de Denis Quane (1990) sobre a história da recepção da ligação hidrogênio, ao contrário do que se poderia supor, a proposta das ligações hidrogênio, embora oferecesse uma explicação razoável para as propriedades da água, além de várias outras “anomalias” de solventes e compostos orgânicos, não foi bem recebida sequer pelos colegas de departamento de Latimer e Rodebush, incluindo o próprio G. N. Lewis. Uma questão interessante sobre a recepção do conceito de ligação hidrogênio pela comunidade química é levantada por Quane, ao se perguntar por que essa importante e útil ferramenta levou quase duas décadas para ser incorporada ao repertório dos químicos e se tornar rotineira nos livros didáticos. Duas explicações a essa questão são oferecidas pelo autor: (i) Citando o próprio Rodebush (1936), teria sido somente após cerca de vinte

anos que evidências definitivas da ligação hidrogênio se acumularam; (ii) A ligação do hidrogênio a dois átomos havia sido reconhecida e descrita sob diferentes termos, como valência parcial, forças secundárias, ligação hidrogênio, anel quelato, coordenação, associação, associação intermolecular, e efeito orto. Essa multiplicidade de nomes reflete o caráter amorfo do conceito e sua aparição dispersa na literatura nas duas décadas anteriores à sua assimilação. Cabe mencionar o proeminente papel de Thomas Lowry (Lowry e Burgess, 1923) e Nevil Sidgwick (Sidgwick e Callow, 1924) para a consolidação do conceito de ligação hidrogênio ao longo dos anos 1920, através de dados experimentais que evidenciavam as ligações hidrogênio, ainda que utilizando diferentes nomes, como “coordenação de hidrogênio” e “quelação”.

Quane sustenta também que os principais proponentes da ligação hidrogênio, Latimer, Rodebush, Huggins (que preferia o termo “ponte de hidrogênio”), e o próprio Lewis, (embora tardiamente) não dispunham de um programa de experimentação específico sobre a ligação hidrogênio, e desta forma não influenciaram a maioria dos químicos, que eram experimentalistas e não teóricos. Isso teria levado a

comunidade química de experimentalistas a continuar usando, embora acriticamente, a noção de “associação” proposta por Armstrong. Com o advento das técnicas analíticas de difração de raios-X e de espectroscopia no infravermelho, novas evidências experimentais puderam ser interpretadas em função das ligações hidrogênio, desbancando lentamente a noção de “associação”.

O fato é que, no final nos anos 1930, o conceito de ligação hidrogênio estava consolidado e incorporado pela comunidade dos químicos, ao ponto de não necessitar de referências bibliográficas nos livros didáticos.

Desde Quando Ligações Hidrogênio são Consideradas Interações Eletrostáticas?

De volta à questão que nos ocupa, é preciso retornar ao final dos anos 1920, quando os trabalhos pioneiros de Linus Pauling no desenvolvimento da teoria de ligação de valência e na ligação química pelo compartilhamento de par de elétrons traduziram aos químicos as estranhezas da mecânica quântica, sem, no entanto, perder o “senso químico” que nos distingue dos colegas da física. Foi também nesse período que as estruturas cristalinas do gelo, e dos sais de Na^+ e K^+ do ânion HF_2^- , foram determinadas. Sobre a estrutura do gelo, determinada por William Bragg (1922), ele a interpretou como de natureza iônica, formada por ânions O^{2-} no centro de arranjos tetraédricos de cátions H^+ . A natureza da “associação” de moléculas era ainda ativamente discutida na primeira metade dos anos 1930, e havia uma disputa entre a interpretação “química”, mais próxima das diferentes

A ligação do hidrogênio a dois átomos havia sido reconhecida e descrita sob diferentes termos, como valência parcial, forças secundárias, ligação hidrogênio, anel quelato, coordenação, associação, associação intermolecular, e efeito orto. Essa multiplicidade de nomes reflete o caráter amorfo do conceito e sua aparição dispersa na literatura nas duas décadas anteriores à sua assimilação.

propostas de ligação hidrogênio, e a interpretação “física”, baseada no modelo dipolar de Debye. Assim, as ligações hidrogênio foram paulatinamente elevadas à categoria de interações intermoleculares do tipo dipolo-dipolo, consenso que adquiriu o *status* de dogma para a comunidade dos químicos. É curioso notar que coube ao próprio Pauling, no início dos anos 1930, o reforço da interpretação puramente eletrostática das ligações hidrogênio, enquanto estudava as estruturas cristalinas de vários compostos inorgânicos, como, por exemplo, do hidrogenofluoreto de amônio, NH_4HF_2 (Pauling, 1933). Essa interpretação foi posteriormente abandonada (silenciosamente...) por Pauling, em favor de estruturas de ressonância, em maior acordo com a teoria de ligação de valência, quando iniciou seus estudos de cristalografia de compostos orgânicos.

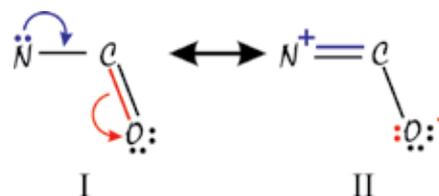
Assim, quase um século após o surgimento da definição da ligação hidrogênio, e mesmo considerando o formidável avanço nas técnicas espectroscópicas e da química quântica no período, os químicos continuam repetindo o mantra das “interações dipolo-dipolo”. Isso é tanto mais preocupante quando pensamos nas licenciaturas, das quais anualmente saem os futuros professores de química para o ensino fundamental e médio, num círculo vicioso que parece não ter fim.

O Que Aprendemos Sobre a Ligação Hidrogênio nas Últimas Décadas

A ortodoxia eletrostática tem sido fortemente atacada nas últimas duas décadas, principalmente a partir de evidências diretas, como por exemplo, acoplamentos entre núcleos ativos por RMN através de ligações hidrogênio (Dingley e Grzesiek, 1998) e imagens de microscopia de força atômica de ligações hidrogênio entre moléculas (Zhang *et al.*, 2013). No caso dos resultados de RMN, os acoplamentos exigem algum tipo de “comunicação” (*exchange type communication*) entre os núcleos que interagem através das ligações hidrogênio, algo impossível nos limites do modelo eletrostático clássico. Para compreender esses resultados, é necessário abandonar o modelo das interações dipolo-dipolo e lançar mão de noções que nos são familiares (porém não na discussão das ligações hidrogênio) quando discutimos ligações covalentes. Embora existam diferentes abordagens teóricas sobre as ligações químicas, entendemos que a teoria de ligação de valência, incluindo seus desenvolvimentos recentes, é mais adequada no contexto das licenciaturas. Não queremos com isso dizer que outras abordagens, como a teoria dos orbitais moleculares, ou mesmo a teoria quântica de átomos em moléculas, não devam ser ensinadas nas licenciaturas. No entanto, concordamos com Nascimento (2008), em que conceitos clássicos da química, como estrutura molecular e estrutura química, podem ser mais bem traduzidos para a mecânica quântica no contexto da teoria de ligação de valência. Em

Embora existam diferentes abordagens teóricas sobre as ligações químicas, entendemos que a teoria de ligação de valência, incluindo seus desenvolvimentos recentes, é mais adequada no contexto das licenciaturas.

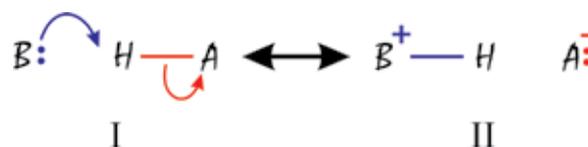
particular, a noção de ressonância pode ser incorporada à discussão. De um ponto de vista *intramolecular*, a ressonância implica em híbridos (ou formas canônicas) nos quais apenas a distribuição eletrônica difere, e que contribuem para a estrutura molecular. Por exemplo, nas amidas, temos dois híbridos de ressonância que potencialmente contribuem para a estrutura eletrônica das moléculas, como mostrado abaixo (Weinhold e Klein, 2014).



Ao computar as ordens de ligação a partir dos híbridos de ressonância da formamida, Weinhold obteve valores fracionários ($b_{\text{NC}} = 1,305$; $b_{\text{CO}} = 1,743$), atestando a deslocalização eletrônica, isto é, a ressonância (ou conjugação). No domínio intramolecular, a estabilização da ressonância contribui para aumentar a ordem de ligação da rede de ligações covalentes que constituem a estrutura da molécula.

As ligações hidrogênio podem ser compreendidas de modo semelhante, com a importante distinção de que, enquanto ligações intermoleculares, *não há rede de ligações covalentes para a qual contribuir para o aumento da ordem de ligação*, ou seja, a modalidade intermolecular das estruturas de ressonância apresentará valores fracionários e menores que a unidade para as ordens de ligação. Isso é o que Weinhold e Klein (2014) denominam de “ressonância intermolecular”, ao chamar a atenção para o fato de que as

ordens de ligação, em vez de discretas, apresentam um contínuo de possibilidades, e que o operador hamiltoniano não distingue entre interações eletrônicas “intramoleculares” ou “intermoleculares”. Assim, híbridos de ressonância podem ser postulados, como proposto por Pauling, para sistemas ligados através de ligações hidrogênio, num sistema do tipo $3c/4e$ (três centros e quatro elétrons):



Tal possibilidade reflete o fato de que, do ponto de vista quântico, as ligações diferem em grau, porém não em tipo. Aliás, é importante lembrar, esse argumento foi ferrenhamente defendido por Lewis (1923). Além disso, como destacado por Weinhold e Klein (2014), a crítica ao modelo eletrostático não deve ser usada no sentido de negar as contribuições das interações genuinamente não covalentes, como de carga

pontual, dipolo-dipolo, ou dispersão de London. Essas interações tornam-se dominantes quando o limite de separação intermolecular é ultrapassado, e os contatos de van der Waals e as contribuições do tipo interação de troca (*exchange type*) são negligenciáveis.

Possibilidades para o Ensino de Química

A partir da argumentação desenvolvida neste trabalho, e dos desenvolvimentos recentes no entendimento da natureza das ligações hidrogênio, consideramos que esse importante tópico – as interações intermoleculares – deva ser atualizado nos livros didáticos e na prática pedagógica dos cursos de Química – tanto nos bacharelados e licenciaturas quanto na formação continuada de professores. Como movimentos nesse sentido costumam ser lentos, entendemos que são necessários estudos e investigações relacionados principalmente às licenciaturas e aos mestrados profissionais em Química, como o PROFQUI. Nossa proposta implica na divisão do tópico das interações intermoleculares, com ênfase nas ligações hidrogênio, as quais devem ser abordadas *antes* das interações intermoleculares propriamente ditas, e imediatamente *após* as discussões sobre ligação química no contexto da teoria de ligação de valência. Essa sequência possibilitaria uma continuidade: (i) ligação química – (ii) estrutura molecular – (iii) ressonância intramolecular – (iv) ressonância intermolecular (ligação hidrogênio) – (v) interações intermoleculares propriamente ditas.

Para introduzir as noções de ligação química e ressonância (intra e intermolecular), concordamos com Feynman *et al.* (1963) quanto à necessidade de *abraçar a estranheza da mecânica quântica*. Ao afirmarmos isso, não estamos querendo apenas dizer que o formalismo matemático precise ser aprofundado, mas, simultaneamente, que resultados experimentais que mais bem ilustram a dualidade onda-partícula (ou, se possível, os próprios experimentos) devem ser apresentados aos estudantes e futuros professores de química, ou aos colegas em formação continuada. Ato contínuo, é necessário definir as ligações hidrogênio usando os conceitos de ressonância, transferência de carga, ligações de 3c/4e, e doador-receptor. Novamente, Weinhold e Klein (2014) nos oferecem algumas definições curtas de ligação hidrogênio: (i) uma ligação química fracionária devida à deslocalização por ressonância intermolecular entre $A-H \cdots B \leftrightarrow A^- \cdots H-B^+$ (compartilhamento parcial, do tipo 3c/4e, de um próton entre bases de Lewis), que surge geralmente da interação quanto-mecânica doador-receptor $n_B \rightarrow \sigma_{AH}^*$; (ii) uma atração do tipo ressonância associada ao compartilhamento de um próton (transferência parcial de próton) entre bases de Lewis competidoras $A: \cdots B:$, com ordens de ligação fracionárias b_{AH} , b_{BH} divididas entre padrões de ligação $A-H \cdots B$ vs. $A^- \cdots H-B^+$ da tríade $A: \cdots H \cdots B:$; e (iii) a mais fraca de duas ligações doador-receptor competidoras ($n_B \rightarrow \sigma_{AH}^*$ vs. $n_A \rightarrow \sigma_{BH}^*$) numa tríade genérica $A: \cdots H \cdots B:$. Weinhold enfatiza que os aspectos coletivos *tríade e ressonância* do fenômeno da ligação hidrogênio

podem servir para introduzir conceitos mais gerais de ressonância do tipo 3c/4e, importantes para a o estudo aprofundado da química estrutural e dos mecanismos de reação. Como já dito anteriormente, são necessários estudos sobre este tema nas licenciaturas em Química, de modo a preparar melhor os futuros professores. Da mesma forma, esse outro olhar sobre as ligações hidrogênio deve ser incorporado nas discussões com professores em cursos de formação continuada.

Epílogo: Ligações Químicas e a Estranheza da Mecânica Quântica

Um século de mecânica quântica não foi capaz de nos “explicar” o que é uma ligação química, muito menos nos convencer de que nem tudo pode ser compreendido/ensinado através de analogias com o mundo macroscópico. Citando o famoso físico Richard Feynman (Feynman *et al.*, 1963), é necessário aceitar o “mistério” do mundo quântico:

Escolhemos examinar um fenômeno que é impossível, absolutamente impossível, de explicar de qualquer modo clássico, e que tem nele o coração da mecânica quântica. Na realidade, contém o único mistério. Nós não podemos fazer o mistério desaparecer “explicando” como isso funciona. Nós apenas lhe diremos como funciona. Ao dizer-lhe como funciona, teremos falado sobre as peculiaridades básicas de toda a mecânica quântica.

Nessa passagem, Feynman estava se referindo aos bizarros resultados do (então) hipotético experimento da dupla fenda, esquematicamente mostrado na Figura 2, o qual, infelizmente, é praticamente desconhecido da maioria dos químicos.

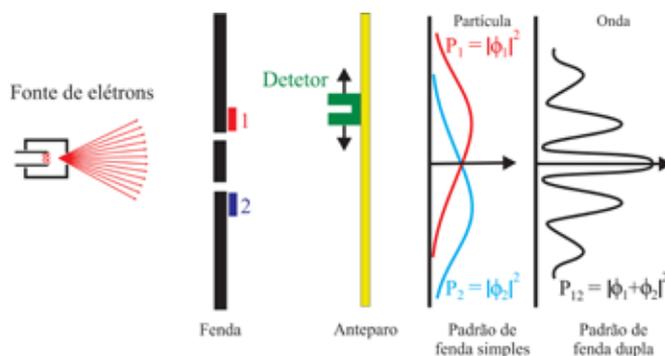


Figura 2: Esquema do experimento da dupla fenda. Reproduzido de <https://universe-review.ca/l12-21-twoslits.jpg>, e traduzido com a permissão de A Review of the Universe, Canadá.

Resumidamente, o experimento pode ser descrito da seguinte forma: se elétrons (ou fótons) da fonte são emitidos através da fenda 1 (com a fenda 2 fechada), a distribuição da intensidade de elétrons que chega aos diferentes pontos do anteparo (medida pelo detector móvel) é representada pela curva P_1 . Da mesma forma, a curva P_2 representa o resultado quando a fenda 2 é aberta, e a fenda 1 é fechada.

De um ponto de vista clássico, se o experimento for repetido com ambas as fendas abertas, a intensidade total deveria ser exatamente a soma $P_1 + P_2$. No entanto, não é esse o resultado observado, como mostra a curva P_{12} à direita da Figura 2. E mais, a distribuição P_{12} é obtida das curvas P_1 e P_2 pela adição das amplitudes (ϕ_1 e ϕ_2) para cada evento separado, e o resultado é dado por:

$$P_{12} = |\phi_1 + \phi_2|^2 = \phi_1^2 + \phi_2^2 + 2\phi_1 \phi_2 \quad (1)$$

onde os termos $\phi_1^2 + \phi_2^2$ representam o resultado clássico, enquanto o termo $2\phi_1 \phi_2$ é um efeito puramente quântico, sem análogo clássico, o “efeito de interferência”. Esse efeito é tanto mais intenso quanto mais próximas forem as energias dos elétrons, como é o caso de sistemas de elétrons confinados em átomos ou moléculas (Nascimento, 2008).

Recentemente, usando técnicas de nanofabricação, um experimento de difração de elétrons usando a dupla fenda foi realizado por Bach *et al.* (2013), ratificando os bizarros resultados previstos por Feynman. A Figura 3 ilustra a sequência de imagens da difração de elétrons observada em função do movimento de uma “máscara” sobre as fendas.

O resultado desse intrigante experimento tem sido recentemente estendido às ligações químicas e às ligações hidrogênio (Souza *et al.*, 2017; Fantuzzi *et al.*, 2017; Weinhold e Klein, 2014), mas, em termos gerais, pode-se afirmar que elétrons confinados em átomos e moléculas não se movem num sentido clássico, pois se o fizessem emitiriam radiação continuamente, e a estabilidade atômica e molecular (o mundo material como o conhecemos) seria impossível. Em outras palavras, elétrons em átomos e moléculas não estão aqui e depois lá; ao contrário, eles estão, ao mesmo tempo, aqui e lá. O elétron confinado está num estado atômico ou molecular estacionário, e está presente em todas as possíveis localizações (adequadamente ponderadas) em átomos e moléculas (Rioux, 2005).

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Marcelo Hawrylak Herbst (herbst@ufrj.br) é graduado em Química (1995) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e doutor em Ciências (2001) pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Desde 2006 é docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), lecionando química geral e inorgânica, e desenvolve pesquisas nas áreas de química inorgânica e materiais, e ensino de química. Seropédica, RJ – BR. **Antônio Ricardo Moutinho Monteiro Filho** (cadicodh@gmail.com) é licenciado em Química (2014) pela UFRRJ, e mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI). Desde 2015 leciona no ensino médio. Seropédica, RJ – BR.

Referências

ARMSTRONG, H. E. Hydrolysis, hydrolation and hydration

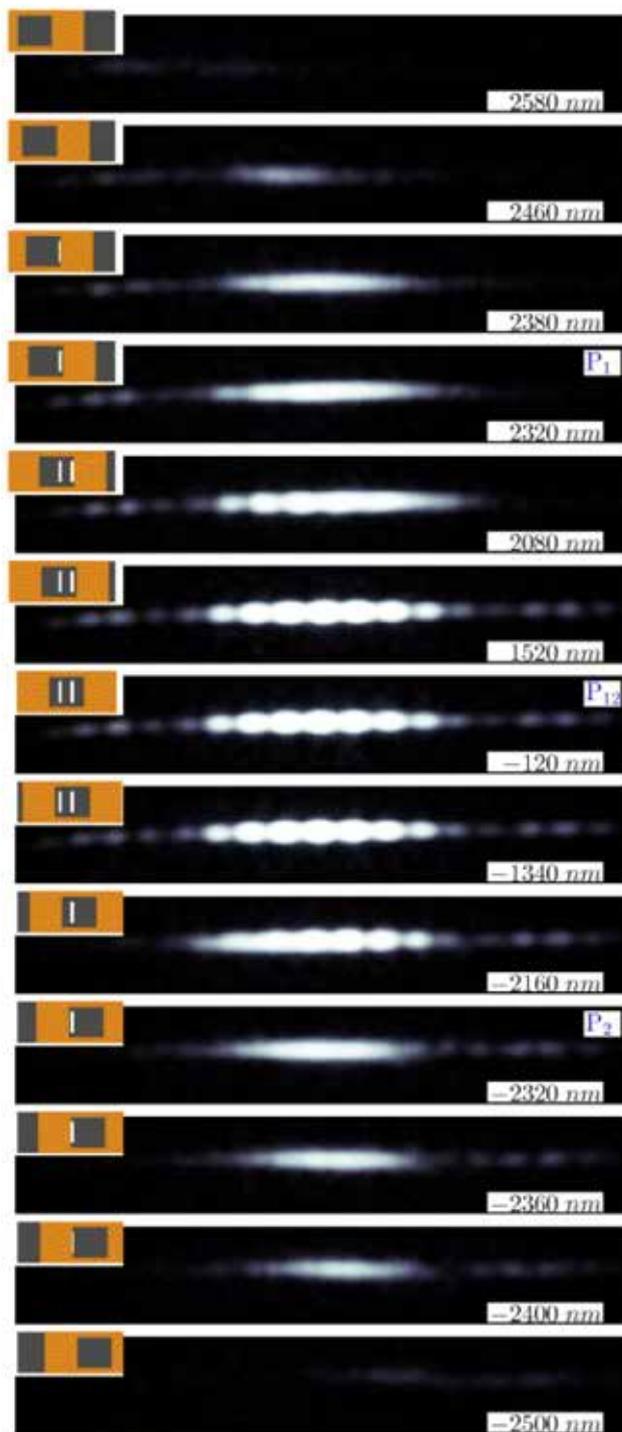


Figura 3: Resultados do experimento da dupla fenda (Bach, 2013). Uma “máscara” se move sobre uma dupla fenda e as distribuições de probabilidade resultantes são mostradas. A “máscara” possibilita o bloqueio de uma fenda, ambas as fendas, ou nenhuma fenda, de forma não destrutiva. As dimensões marcadas (nm) são as posições do centro da “máscara”. P_1 , P_2 e P_{12} são as distribuições de probabilidade mostradas na Figura 2. Reproduzido de Bach *et al.* (2013), DOI: 10.1088/1367-2630/15/3/033018.

as determinants of the properties of aqueous solutions. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, n. 81, p. 80-140, 1908.

_____. The origin of osmotic effects. IV. Hydronodynamic change in aqueous solutions. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, n. 103, p. 610-618, 1923.

ARUNAN, E.; DESIRAJU, G. R.; KLEIN, R. A.; SADLEJ, J.; SCHEINER, S.; ALKORTA, I.; CLARY, D. C.; CRABTREE, R. H.; DANNENBERG, J. J.; HOBZA, P.; KJAERGAARD, H. G.; LEGON, A. C.; MENNUCCI, B. e NESBITT, D. J. Defining the hydrogen bond: an account (IUPAC technical report). *Pure and Applied Chemistry*, n. 83, p. 1619-1636, 2011.

BACH, R.; POPE, D.; LIOU, S.-H. e BATELAAN, H. Controlled double-slit electron diffraction. *New Journal of Physics*, v. 15, 033018, 2013.

BRAGG, W. H. The crystal structure of ice. *Proceedings of the Physical Society, London*, n. 34, p. 98-103, 1922.

CURI, D. Polímeros e interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 19-22, 2006.

DINGLEY, A. J. e GRZESIEK, S. Direct observation of hydrogen bonds in nucleic acid base pairs by internucleotide $^2J_{NN}$ couplings. *Journal of the American Chemical Society*, n. 120, p. 8293-8297, 1998.

DOUGLAS, B. E.; McDANIEL, D. H. e ALEXANDER, J. J. *Concepts and models of inorganic chemistry*. New York: John Wiley, 1993, p. 92-99.

FANTUZZI, F.; SOUZA, D. W. O. e NASCIMENTO, M. A. C. The nature of the chemical bond from a quantum mechanical interference perspective. *Chemistry Select*, n. 2, p. 604-619, 2017.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B. e SANDS, M. *The Feynman lectures on physics*. Reading: Addison-Wesley, 1963, v. 3, p. 1-1.

FRAGA, C. A. M. Razões da atividade biológica: interações micro- e biomacro-moléculas. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 3, p. 33-42, 2001.

GOYMER, P. 100 years of the hydrogen bond. *Nature Chemistry*, n. 4, p. 863-864, 2012.

<http://goldbook.iupac.org/pdf/goldbook.pdf>, acessada em Janeiro 2019.

https://pt.wikipedia.org/wiki/Liga%C3%A7%C3%A3o_de_hidrog%C3%AAnio, acessada em Janeiro 2019.

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. M. *Química geral e reações químicas*. São Paulo: Thomson Learning, 2005, v. 1, p. 475-479.

LATIMER, W. M. e RODEBUSH, W.H. Polarity and ionization from the standpoint of the Lewis theory of valence. *Journal of the American Chemical Society*, n. 42, p. 1419-1433, 1920.

LEWIS, G. N. *Valence and the structure of atoms and molecules*. New York: Chemical Catalog Co., 1923.

LOWRY, T. e BURGESS, H. Studies of electrovalency. Part II. Co-ordinated hydrogen. *Journal of the Chemical Society, Transactions*, n. 123, p. 2111-2124, 1923.

MOORE, T. S. e WINMILL, T. F. The state of amines in aqueous solution. *Journal of the Chemical Society*, n. 101, p. 1635-1676, 1912.

MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química*. São Paulo:

Scipione, 2012, v. 1, p. 263-264.

NASCIMENTO, M. A. C. The nature of the chemical bond. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, n. 19, p. 245-256, 2008.

PAULING, L. The crystal structure of ammonium hydrogen fluoride, NH_4HF_2 . *Zeitschrift für Kristallographie*, n. 85, p. 380-391, 1933.

_____. *The nature of the chemical bond*. Ithaca: Cornell University Press, 1960, p. 450.

QUANE, D. The reception of hydrogen bonding by the chemical community: 1920-1937. *Bulletin for the History of Chemistry*, n. 7, p. 3-13, 1990.

REIS, A. S. e SANTOS FILHO, P. F. Ligação hidrogênio: uma contribuição para o ensino de química. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, n. 5, p. 9-16, 2010.

RIOUX, F. Illustrating the superposition principle with single-photon interference. *Chemical Educator*, n. 10, p. 424-426, 2005.

ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, p. 31-36, 2001.

RODEBUSH, W. H. The hydrogen bond and coordination. *Chemical Reviews*, n. 19, p. 59-65, 1936.

SIDGWICK, N. V. e CALLOW, R. K. Abnormal benzene derivatives. *Journal of the Chemical Society, Transactions*, n. 125, p. 527-538, 1924.

SOUZA, D. W. O. e NASCIMENTO, M. A. C. Are one-electron bonds any different from standard two-electron covalent bonds? *Accounts of Chemical Research*, n. 50, p. 2264-2272, 2017.

WEINHOLD, F. e KLEIN, R. A. What is a hydrogen bond? Resonance covalency in the supramolecular domain. *Chemistry Education Research and Practice*, n. 15, p. 276-285, 2014.

ZHANG, J.; CHEN, P.; YUAN, B.; JI, W.; CHENG, Z.; e QIU, X. Real-space identification of intermolecular bonding with atomic force microscopy. *Science*, n. 342, p. 611-614, 2013.

Para Saber Mais

OLIVEIRA, B. G. O estado da arte da ligação de hidrogênio. *Química Nova*, n. 38, p. 1313-1322, 2015. O excelente artigo de revisão do professor Boaz G. Oliveira, "O Estado da Arte da Ligação de Hidrogênio" publicado na revista *Química Nova* (2015) é recomendado aos leitores que possuem conhecimentos de química quântica e estão interessados em aprofundar seus conhecimentos sobre o tema. Nesse artigo há também uma reprodução dos resultados de Zhang *et al.* (2013), sobre a observação direta de ligações hidrogênio através de microscopia de força atômica (AFM).

No link <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/15/3/033018>, do periódico *New Journal of Physics*, estão disponíveis vídeos do experimento da dupla fenda realizado por Bach *et al.* (2013). Atualmente, ferramentas como o YouTube® estão repletas de animações, vídeo-aulas e experimentos a esse respeito, como, por exemplo, no link <http://www.youtube.com/watch?v=DfPeprQ7oGc>.

Abstract: *Another Look at Hydrogen Bonds.* A historical survey of the emergence of the concept of hydrogen bonding is presented, in which the origins of the current textbook definition that such bonds were intermolecular interactions of electrostatic or dipole-dipole type are questioned. From the experimental results and recent theoretical developments reported in the literature, it is argued that hydrogen bonds should not be considered as genuine intermolecular interactions, but as part of the continuum of delocalized covalent bonds, and that the concept of resonance in the intermolecular domain should be applied to the correct understanding of hydrogen bonds. Possibilities for the teaching of chemistry, in particular for initial and continuing teacher training, are presented and discussed.

Keywords: hydrogen bonds, intermolecular interactions, resonance

O Conceito de Substância Química e Seu Ensino

Renata R. D. Bellas, Indman R. L. Queiroz, Luiza R. F. C. Lima e José Luis P. B. Silva

Este artigo discute o conceito de substância química como material puro que apresenta composição constante em transições de fase, propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas e é representado por sua fórmula química. Com base nesta conceituação, analisamos suas abordagens nas coleções de livros didáticos de Química para o Ensino Médio aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2018. Concluímos que nenhuma das obras analisadas ensina o conceito de substância química de modo totalmente satisfatório e completo. Em vista de tais resultados, apresentamos sugestões de aprimoramento do ensino.

► substância química, ensino de química, ensino-aprendizagem de conceitos químicos ◀

Recebido em 17/09/2018, aceito em 17/12/2018

17

A concepção de que, na sociedade contemporânea, o desenvolvimento humano requer o domínio de conhecimentos científicos (Brasil, 2006), demanda uma reflexão sobre quais conteúdos são necessários para uma formação coerente com esta finalidade.

A Química é uma ciência da Natureza importante para a formação dos indivíduos, pois possibilita a compreensão dos materiais que nos rodeiam. O conceito de composição química é, como mostra a História da Química, um dos eixos de sistematização do pensamento químico. Com o desenvolvimento da noção de composição química surgiram conceitos como os de substância e mistura, átomos, moléculas e íons, a noção de níveis de complexidade, entre outros de menor generalidade (Silva *et al.*, 2007). A composição é uma das ideias estruturadoras do pensamento químico, pelas quais se entendem “aquelas que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece” (Lima e Barboza, 2005, p. 40).

Ao examinar propostas de ensino de Química e Ciências para a educação básica que tratavam a composição/constituição dos materiais como um conceito fundamental, Silva

et al. (2007) perceberam que a constituição da matéria era associada aos modelos submicroscópicos: modelos cinético-corpúsculares para gases, líquidos e sólidos, modelos atômicos, modelos de ligações químicas. De acordo com esses autores, a menor ênfase dada aos conceitos de substância química e mistura é um ponto questionável, porque é

na análise desse par de conceitos que se pode discutir melhor a ideia de pureza (e impureza) material, importante na compreensão do mundo moderno.

O conceito de substância faz parte do núcleo químico da Química, ou seja, das “partes características da Química que

podem ser conceitualmente distintas dos subcampos interdisciplinares, aplicados e especializados da Química e que podem ser denominados Química em um sentido estrito” (Schummer, 1998, p. 129). Por isso, o conceito de substância desempenha um papel fundamental na química, já que possibilita explicar vários aspectos dos materiais.

Entretanto, diversos problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem desse conceito, associados às definições simplistas oriundas dos livros didáticos dificultam a compreensão de sua complexidade (Tavares e Rogado, 2005; Bellas, 2018). Sobre a importância do conceito de

Com o desenvolvimento da noção de composição química surgiram conceitos como os de substância e mistura, átomos, moléculas e íons, a noção de níveis de complexidade, entre outros de menor generalidade (Silva *et al.*, 2007).

substância química para o ensino de ciências, concordamos que:

A ideia de uma substância é tão fundamental para a química que, como educadores, devemos nos perguntar se reconhecemos isto como uma ideia que precisa ser ensinada. Nós não podemos simplesmente detalhar propriedades como se o conceito de substância estivesse subentendido. Ao contrário, nós necessitamos mudar a direção e focalizar na ideia de como propriedades são usadas para definir o que uma substância é. Sem isso, as crianças não serão capazes sequer de reconhecer uma transformação química (Johnson, 2000, p. 735, grifo nosso).

Contudo, na prática, sabemos que boa parte dos conteúdos de Química relacionados ao conceito de substância é abordada sem uma preocupação com a explicitação de seu significado, o que pode dificultar a compreensão do seu sistema conceitual.

Este artigo tem como objetivo esclarecer o conceito químico de substância e analisar como o mesmo tem sido contemplado nos livros didáticos de Química para o Ensino Médio indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD de 2018.

Na próxima seção discutiremos o conceito de substância química conforme proposto pela União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC. Tal discussão será realizada por meio da elucidação das razões que fundamentam tal conceito. Nesse processo, ampliaremos o sistema do conceito de substância química e elaboraremos uma versão mais precisa da definição da IUPAC. O conteúdo dessa seção servirá como referencial teórico para a análise dos livros didáticos realizada na seção seguinte.

Os livros didáticos são os materiais aos quais os estudantes brasileiros possuem maior facilidade de acesso, uma vez que são distribuídos gratuitamente na rede pública escolar da Educação Básica pelo Ministério da Educação. Sendo assim, é de supor que constituam seus principais materiais de estudo, por meio dos quais os estudantes terão a possibilidade de aprender os conceitos ensinados na escola. Portanto, a análise dos livros didáticos de Química para o Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018 poderá nos informar, ao menos parcialmente, como o conceito de substância química está sendo estudado nas escolas brasileiras.

De início, analisaremos o modo de introduzir o conceito aos estudantes, no sentido de compreender a importância que é dada ao conceito nos vários materiais didáticos. Em seguida, analisaremos o emprego dos critérios que fazem com que um material possa ser classificado como substância química. Tais critérios serão retirados da versão da definição

de substância química que elaboraremos na próxima seção: substância como material puro e o conceito químico de pureza; caracterização de uma substância por suas propriedades; e caracterização de uma substância por seus constituintes.

O procedimento escolhido foi a análise de conteúdo (Bardin, 2002). Selecionamos os trechos dos livros didáticos referentes a cada critério e discutimo-los tendo como referencial teórico a discussão do conceito de substância que trataremos a seguir.

Substância Química: Um Conceito Fundamental da Química

Substância química é definida pela IUPAC como “Matéria de composição constante melhor caracterizada pelas entidades (moléculas, fórmulas unitárias, átomos) de que é composta. Propriedades físicas tais como densidade, índice de refração, condutividade elétrica, ponto de fusão etc., caracterizam a substância química” (IUPAC, 2014, tradução nossa).

Para atingir maior compreensão acerca do conceito, cabe esclarecer as razões para tal definição: por que a composição da substância é constante? Por que e como as propriedades físicas caracterizam uma substância? Por que e como os constituintes de uma substância caracterizam-na?

A ideia de que o mundo é composto por um conjunto reduzido de materiais simples (elementos) data de milênios antes de nossa era (Arjipsev, 1973). A história da Química (Brock, 2000) mostra que tal noção desenvolveu-se ao longo do tempo relacionada a técnicas laboratoriais de análise (separação) e síntese (combinação) dos materiais, vindo compor o arcabouço conceitual da Química contemporânea. Hoje, empre-

gam-se diversos métodos analíticos na determinação da composição de um material, desde os mais antigos – destilação, filtração, sublimação, cristalização, extração, etc. – até técnicas mais recentes, como a cromatografia e a eletroquímica.

A determinação da composição de um material requer que a análise seja levada até seu limite, ou seja: que o material seja submetido a sucessivas separações até que os produtos não sejam mais separáveis. A impossibilidade de separação do material obtido é interpretada como não havendo mais nada a separar, isto é: o material encontra-se puro, no sentido de ser apenas ele próprio, sem outro material misturado. Esse material puro recebe a denominação de *substância química*.

É importante salientar a relação entre separação e purificação dos materiais. Do ponto de vista da Química, quando submetemos um material a um processo de separação, estamos purificando seus componentes, pois purificar um material significa obtê-lo em separado, isoladamente. A separação dos componentes de um material conduz, no limite, ao isolamento de cada componente em estado puro. Portanto, em primeira aproximação, definimos *substância*

Para atingir maior compreensão acerca do conceito, cabe esclarecer as razões para tal definição: por que a composição da substância é constante? Por que e como as propriedades físicas caracterizam uma substância? Por que e como os constituintes de uma substância caracterizam-na?

como material puro, cuja composição é constante. Sendo assim, *mistura é material impuro*, ou seja: *uma mistura é um material composto por mais de uma substância*.

A compreensão das relações entre o conceito de substância, processo de purificação, pureza química, propriedades físicas e a composição constante pode ser melhor alcançada examinando o exemplo da destilação de uma mistura líquida. Considere uma solução líquida composta por duas substâncias, as quais apresentam diferentes temperaturas de ebulição e diferentes volatilidades. Ao aquecer o material, ambas as substâncias sofrerão vaporização seguida de condensação, e o destilado ainda será uma mistura. Como a quantidade de energia necessária para vaporizar a substância mais volátil é menor, no início da destilação esta vaporizará em maior quantidade que a

outra substância, de modo que as frações iniciais da mistura obtida como destilado terão uma composição mais rica na substância mais volátil que a mistura original. Sucessivas destilações das frações iniciais dos destilados tornarão o líquido obtido cada vez mais rico em relação à substância mais volátil. Quanto maior o número de etapas de separação pelas quais o líquido passar, maior será o seu grau de pureza.

Uma vez que o destilado é mais rico na substância mais volátil, o líquido residual aumenta sua composição na substância menos volátil. Por isso, a quantidade de energia para fazer o líquido entrar em ebulição é cada vez maior e sua temperatura de ebulição vai variando (aumentando) durante a destilação. Desse modo, uma solução líquida na qual a quantidade da substância mais volátil seja maior apresenta uma variação da temperatura de ebulição menor durante a destilação. Assim, à medida que o destilado obtido aumenta sua quantidade na substância mais volátil, sua variação da temperatura de ebulição torna-se cada vez menor, e tende a se reduzir a um valor único após sucessivas destilações, até o ponto em que a temperatura de ebulição se mantém constante.

Ora, se a variação da temperatura de ebulição durante a destilação é característica de uma mistura e da variação de sua composição durante tal processo, a constância da temperatura durante a destilação é interpretada como uma indicação de que o material que está sendo destilado não é mais uma mistura e que apresenta composição constante durante a destilação. Portanto, o material que está sendo destilado a temperatura constante se encontra puro, é uma substância. Desse modo, é possível compreender porque se define substância como material de composição constante e porque uma propriedade física, como a temperatura de ebulição – a temperatura constante na qual a substância destila – é considerada como uma de suas características.

É possível construir raciocínios análogos ao aplicado à destilação com a solidificação e a sublimação, e estabelecer relações entre constância de composição durante uma mudança de fase e temperatura característica na qual o processo

ocorre. Em termos gerais, admite-se que *a composição de uma substância permanece constante durante um processo de purificação*. Este pressuposto constitui um dos fundamentos da Química.

Do ponto de vista da Química, um material é considerado puro quando passa por testes de pureza, ou seja, quando é submetido a tentativas de purificação que não produzem resultados diferentes, a exemplo da constância da temperatura de ebulição citada acima. Uma vez que operações empíricas possuem limitações definidas pelos instrumentos com as quais são realizadas, conclui-se que a pureza de um material fica determinada pelos limites dos meios de detecção utilizados nas operações de purificação (Schummer, 1998). Técnicas diferentes de separação determinam diferentes padrões de

pureza. Ao longo do tempo ocorreram avanços consideráveis nos métodos de purificar as substâncias, de modo que o que antes era considerado como um material puro pode, hoje, ser caracterizado como uma amostra impura (Schummer, 2002).

A extrapolação desse critério operacional de pureza ao plano ideal conduz ao conceito de substância como um material que passa por processos de purificação que separam completamente todos os componentes da mistura original, sem deixar quaisquer resquícios (Schummer, 1998). Isso nos possibilita compreender as substâncias como uma idealização que representa um modelo químico dos materiais, uma vez que, na prática, não é possível a obtenção de materiais com a garantia de serem 100% puros, em razão do fato que os métodos de separação atuais não são capazes de identificar as partes mais ínfimas constituintes dos materiais.

Quando decomposmos completamente uma mistura obtemos um conjunto de substâncias isoladas que podem ser simples ou compostas. As substâncias que podem ser decompostas por métodos mais energéticos que aqueles empregados na sua separação são consideradas compostas.

Uma vez que os valores das propriedades das substâncias não são exclusivos – duas substâncias podem apresentar mesmo valor de temperatura de ebulição, por exemplo – costuma-se empregar um conjunto de valores de propriedades para caracterizar cada substância.

No período de 1900 a 1950, a forma canônica de caracterização de uma substância consistia em seis tipos de informações: descrição detalhada de sua preparação, purificação e rendimento; análise elementar e fórmula empírica; temperaturas de fusão e de ebulição; cor e forma cristalina; solubilidade em vários solventes; reações tipicamente exemplares (Schummer, 2002). Os manuais de dados químicos atuais (Lide, 2005) identificam cada substância química por: nome; fórmula; massa molar; estado físico; temperaturas de fusão e de ebulição; densidade; índice de refração; solubilidade.

É importante salientar que as propriedades físicas dos materiais dependem da composição e dos valores de outras propriedades às quais estão submetidos. No caso das

Em termos gerais, admite-se que a *composição de uma substância permanece constante durante um processo de purificação*. Este pressuposto constitui um dos fundamentos da Química.

substâncias, cuja composição é constante, dependem das condições de medição. Por exemplo: o valor da densidade é influenciado pela temperatura da substância; as temperaturas de fusão e de ebulição dependem da pressão, etc. Por isso, ao informar os valores das propriedades que caracterizam as substâncias, é necessário especificar as condições nas quais foram medidas.

A caracterização de uma substância por suas entidades constituintes – moléculas, fórmulas unitárias e átomos – pode ser compreendida por meio do conceito de pureza: se um material é constituído apenas de si, seus constituintes devem ser de um mesmo tipo. Admite-se teoricamente que as entidades constituintes de uma substância não são estáticas, que se encontram em constante movimento, interação e transformação, o que pode originar estruturas e conformações com diferentes estabilidades, sendo predominante aquela que apresentar um nível energético mais baixo. Por exemplo, utilizamos a fórmula química H_2O para representar a substância água. Contudo, isso não significa que teremos apenas moléculas de H_2O na água líquida, pois reconhecemos que também se encontram presentes, em pequenas quantidades, íons H_3O^+ e íons OH^- , devido ao processo de autoionização:



Também se formam agregados moleculares:



Equilíbrios químicos vinculam H_3O^+ , OH^- , $(H_2O)_n$ e H_2O , de modo que, ao definir o valor de uma das espécies químicas, estamos definindo os valores das demais. Por isso, referir-se à molécula H_2O é referir-se implicitamente às espécies iônicas H_3O^+ e OH^- e aos agregados $(H_2O)_n$ em proporções determinadas.

Por uma questão de economia expressiva, apesar da pluralidade de constituintes coexistentes, é usual que a substância seja representada por sua fórmula empírica obtida pela decomposição no processo de análise elementar. Esta é formada pela “justaposição dos símbolos atômicos com subíndices apropriados (inteiros) para dar a fórmula mais simples possível que expresse a composição” (IUPAC, 2005, p. 54). Ao utilizarmos a fórmula empírica para caracterizar uma substância, não queremos significar que esta é constituída por um único tipo de entidade química ou que tal fórmula corresponda ao constituinte predominante, mas sim que este é o modo mais simples de representá-la.

A fórmula empírica designa um dos constituintes, do qual podemos derivar os demais por processos de decomposição e agregação em equilíbrio. A interdependência de todos os constituintes de uma substância possibilita que se comportem

como se fossem apenas um. Desse modo, podemos entender porque as temperaturas de transições de fases são constantes. Quando uma substância muda de fase, separam-se os constituintes que são mais estáveis na fase que está se formando. Então, os equilíbrios químicos atuantes na fase original recompõem os constituintes que passaram para a outra fase. Desse modo, as quantidades dos constituintes da fase original permanecem sempre nas mesmas proporções e as interações entre os constituintes são sempre, em média, da mesma ordem de grandeza. Por isso, a quantidade de energia necessária para separar os constituintes para a outra fase é, também, da mesma ordem de grandeza, o que se reflete numa temperatura de transição constante.

Em vista do exposto, propomos uma conceituação de substância que consideramos mais coerente com nossa argumentação, a qual concilia a definição de substância como material puro caracterizado por propriedades específicas (aspecto macroscópico) e por seus constituintes (aspecto submicroscópico): *substância química é um material puro que apresenta composição constante em transições de fase e propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas, cuja representação é feita por sua fórmula química.* Vale destacar que a substância pode apresentar, em sua composição, constituintes relacionados entre si por equilíbrios químicos.

Partindo da premissa de que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema, consideramos que, do ponto de vista filosófico e psicológico, compreender a natureza do conceito requer o conhecimento das relações conceituais que compõem o seu sistema (Vigotski, 2009; Hardy-Vallée, 2013). Nesse sentido, para conceituar substância nos remetemos ao conceito de pureza, de material puro, às propriedades físicas, aos constituintes/composição, aos tipos de substâncias (simples ou composta), aos processos de purificação, entre outros. A seguir, apresentamos um mapa conceitual (Figura 1) que expressa a nossa maneira de conceituar a substância do ponto de vista químico e de relacioná-la com os demais conceitos que compõem o seu sistema.

O Conceito de Substância em Livros Didáticos de Química para o Ensino Médio

Foram analisadas as seis coleções constantes do *Guia de Livros Didáticos – Ensino Médio – Química*, as quais foram codificadas como: LD1 (Santos e Mól, 2016), LD2 (Ciscato *et al.*, 2016), LD3 (Novais e Tissoni, 2016), LD4 (Mortimer e Machado, 2016), LD5 (Fonseca, 2017) e LD6 (Lisboa *et al.*, 2016).

Em todas as obras, o conceito de substância é discutido no primeiro volume da coleção, cujo texto foi submetido à análise com base em quatro critérios extraídos da nossa discussão

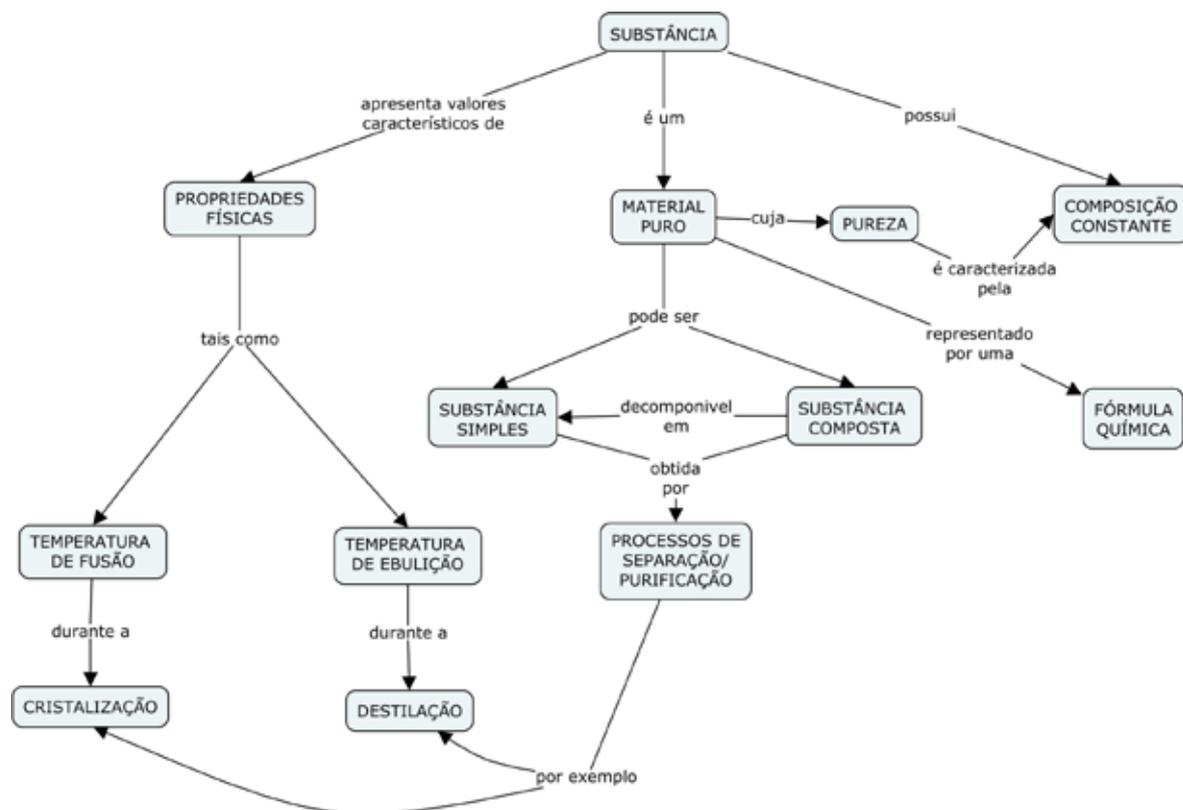


Figura 1: Um mapa conceitual para o conceito químico de substância. Fonte: os autores.

acerca do conceito de substância: (i) Como o conceito de substância é introduzido no texto, ou seja: qual o modo de apresentá-lo ao estudante? (ii) Substância como material puro e o conceito químico de pureza; (iii) Caracterização de uma substância por suas propriedades; (iv) Caracterização de uma substância por seus constituintes.

A análise dos capítulos iniciais do primeiro volume de todas as coleções revela que é dada maior ênfase ao conceito de *material* (ou *matéria*) nesses textos. O conceito de substância desempenha um papel bem menor nas exposições, de modo que não se configura como um conceito estruturador do pensamento químico que se deseja ensinar. Tais capítulos discutem o que é Química, propriedades dos materiais, separação e purificação de materiais, sendo adequados para a introdução do conceito de substância. Excetuando-se o LD6, as demais obras introduzem o termo *substância* sem conceito explícito e de modo disperso. Em alguns trechos, substância e material aparecem juntos, sugerindo uma aproximação conceitual; em outros, encontram-se separados, criando um distanciamento semântico. De modo geral, não fica clara a necessidade de emprego do conceito de substância em determinados contextos, deixando a desejar esclarecimentos acerca da distinção entre os conceitos de substância e material.

Em lugar do termo substância, são empregadas expressões como: material, produto, componente, ou os nomes de substâncias (água, álcool, açúcar, sal, etc.) e misturas (gasolina, vinho, etc.).

No LD6, o termo substância é introduzido no primeiro capítulo, dentro de um conjunto de conceitos dicionarizados para o termo matéria, p. ex.: matéria é “a substância de

que os corpos são formados”; “qualquer substância sólida, líquida ou gasosa que ocupa lugar no espaço” (Lisboa *et al.*, 2016, p. 11). Portanto, o leitor parte do conhecimento de que substância é matéria e é plural. Entretanto, tal definição não é empregada no texto, de modo que, como nos demais livros, o conceito dominante nos trechos iniciais da obra é material ou matéria.

A pouca importância dada à substância nos trechos iniciais dos livros, a ausência de conceituação química explícita e a dispersão do seu emprego não contribuem para a aprendizagem do seu conceito. Como não há uma chamada à atenção do leitor (um grifo do termo, por exemplo), a introdução do conceito de substância pode, inclusive, passar despercebida. O fato mais grave é que a substância é introduzida de modo secundário, o que minimiza seu papel como um conceito fundamental da Química.

Quatro dos seis livros analisados apresentam conceitos explícitos de substância em algum trecho:

LD1: “Em alguns materiais, as propriedades físicas são constantes; em outros, não. [...] Somente têm propriedades específicas definidas os materiais puros, ou seja, formados por um mesmo tipo de constituinte. Esses materiais puros são denominados **substâncias**” (Santos e Mól, 2016, p. 34, grifo dos autores).

LD2: “Quando um material constituído apenas por um componente apresenta densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade definidas ele é classificado como uma **substância**. São essas propriedades específicas que permitem identificá-la” (Ciscato *et al.*, 2016, p. 60, grifo dos autores).

LD6: “**Substância química** (ou apenas **substância**) é um material que apresenta um conjunto de propriedades bem definido e constante e tem composição fixa, independentemente da origem ou forma de obtenção” (Lisboa *et al.*, 2016, p. 41, grifo dos autores).

LD5: “Um material qualquer é considerado uma **substância** quando observamos que suas propriedades químicas, de grupo e físicas, como densidade, solubilidade e temperatura de fusão e de ebulição apresentam valores que praticamente não variam de uma amostra para outra, quando medidos nas mesmas condições de temperatura” (Fonseca, 2017, p. 48, grifo da autora).

Nota-se que os critérios de conceituação variam de livro para livro. O critério comum é a definição (ou constância) dos valores de propriedades físicas do material. Devemos notar que as misturas também possuem propriedades físicas bem definidas: se medirmos a densidade ou a solubilidade de várias amostras da mesma mistura e em condições idênticas, os valores se repetirão. No caso das temperaturas de mudança de fase, as faixas de variação dos valores se repetirão. Então, a definição de valores de propriedades físicas não é um critério adequado para conceituar substância, embora seja empregado para caracterizar uma substância.

O que distingue substância de mistura, em termos de propriedades físicas, é o modo como a temperatura se comporta durante as mudanças de fase: substâncias mudam de fase com temperatura constante; misturas mudam de fase com temperatura variável.¹ De fato, todos os livros (inclusive LD3 e LD4) utilizam tal critério de distinção, apresentado por meio de curvas de aquecimento ou resfriamento de substâncias e misturas. Porém, o fato é apenas constatado e nunca explicado.

O emprego de um conjunto de propriedades físicas para caracterizar uma substância se deve ao fato de que pode haver coincidência dos valores de algumas delas, mas não de todas, conforme verificado na longa prática de manuseio e identificação dos materiais. Nem sempre isso é claro nos livros analisados.

Outro critério aplicado na conceituação de substância foi a composição fixa (LD6), ao qual está faltando acrescentar que a fixidez (ou constância, segundo a IUPAC) ocorre durante as mudanças de fase. Tal complemento é importante porque toda mistura também tem composição fixa (ou constante) quando se encontra em equilíbrio. Porém, quando submetidas às transições de fase, as misturas mudam de composição, ao passo que as substâncias a conservam. *O pressuposto de que as substâncias se conservam durante as mudanças de fase é fundamental para a Química.*

Devido à conservação da substância durante as mudanças de fase, conforme mencionamos acima, consideramos o critério de pureza química indispensável para a compreensão do significado de substância como material puro. Entretanto, a pureza foi empregada na conceituação de substância apenas pelo LD1, o qual, em outro trecho do livro, realiza uma discussão considerando o senso comum da pureza e a relatividade desse conceito conforme o contexto, para concluir

que “[...] o conceito de substância é um conceito ideal. É possível obter graus de pureza maiores do que 99,99%, mas nunca teremos 100% de pureza” (Santos e Mól, 2016, p. 49).

Efetivamente, a caracterização da substância como material puro deixa a desejar nos outros cinco livros didáticos. De modo geral, a qualidade de pureza das substâncias é introduzida sem explicação do seu significado químico, vinculada à constância das temperaturas nas suas transições de fases – fusão e ebulição – em oposição às misturas, cujas temperaturas variam durante tais processos.

O terceiro critério de conceituação de substância empregado foi a composição por um único tipo de constituinte (LD1). Verificamos que o conceito de constituinte vai ser apresentado no texto 60 páginas adiante da definição de substância, deixando-a vaga, portanto.

O LD2 conceitua substância como constituída por apenas um componente. Este termo já havia sido empregado anteriormente no texto no sentido usual de material que entra na composição de outro material {p. ex.: “[...] Lavoisier denominou esse componente do ar atmosférico como gás oxigênio” (Ciscato *et al.*, 2016, p. 27)}. Dado o amplo significado do termo, a conceituação de substância permanece vaga.

A constituição da matéria é discutida, em quatro dos seis livros analisados, a partir do modelo atômico de Dalton. O LD1 e LD4 desenvolvem a noção de partícula material antes de introduzir o modelo atômico.

Sentimos falta da discussão da relação entre constituição e pureza material em todos os livros analisados. Como discutimos no caso da água, acima, supor que um material puro seja formado por um único constituinte é um equívoco. O mesmo se dá com outros materiais que se dissociam ou formam agregados, bem como com as redes covalentes e iônicas.

Também não localizamos, nos livros didáticos, explicações acerca da constância das temperaturas de mudança de fase com base nas interações dos constituintes de uma substância. Contudo, todos os textos trazem seções acerca de interações moleculares.

Considerações Finais

Em nosso entender, nenhum dos livros didáticos apresenta o conceito de substância de modo totalmente satisfatório e completo.

A pureza não foi empregada como um critério fundamental na conceituação da substância, dificultando sua distinção da mistura enquanto tipos de materiais puro e impuro. Decorre dessa ausência a falta de discussão clara acerca de como os métodos de separação de misturas chegam ao material puro. Nesse sentido, os métodos de separação não são reconhecidos como métodos de purificação dos materiais, ou seja, como processos de obtenção das substâncias. As explicações relativas à purificação por destilação fracionada e cristalização fracionada são superficiais e obscuras.

O critério preponderante nos livros analisados – a definição de valores de propriedades físicas – contém equívocos, conforme demonstramos acima. Ademais, trata-se um critério totalmente empírico, apresentado sem um suporte teórico que o explique.

A discussão acerca dos constituintes de uma substância também deixa a desejar quanto à articulação entre a pureza e a constância das temperaturas de transições de fases. A compreensão da complexidade do conceito de substância passa pela explicação teórica da pureza e das mudanças de fases em termos dos constituintes materiais e suas interações.

Sugerimos que o ensino de Química possa ser aprimorado nos livros didáticos na medida em que o conceito de substância química for admitido como fundamental na Química. Material pode ser aceito como o conceito dominante no cotidiano dos estudantes; porém, se quisermos que vejam e compreendam o mundo do ponto de vista da Química, teremos de discutir os materiais em termos de substâncias, como os químicos fazem há mais de dois séculos.

Em segundo lugar, há que se considerar a característica fundamental da substância: a pureza química. Para tanto, faz-se necessário explicar como se alcança a pureza por métodos de separação, estabelecendo a relação entre separação e purificação. O ensino desse aspecto pode ser desenvolvido com o auxílio de experiências de laboratório, numa abordagem empírica da substância. Aqui, o princípio fundamental é a ideia teórica, sustentada experimentalmente, de conservação da substância durante as transições de fases. Esse ponto não pode ser completamente abordado no início do ensino, pois requer o conhecimento das transições de fases de soluções.

Após trabalhar o método de separação/purificação como um processo de obtenção das substâncias, haverá a

necessidade de uma articulação entre os aspectos empíricos e os aspectos teóricos do material e, nesse sentido, será necessário explicar a pureza e a constância da temperatura nas transições de fases com base nos constituintes. Então, o conceito de substância precisará ser retomado quando da introdução de modelos atômico-moleculares para os constituintes dos materiais. Com base nos constituintes será possível explicar a pureza da substância e a constância da temperatura durante as transições de fases, consolidando um conceito mais completo.

Nota

¹As denominadas misturas eutéticas e azeotrópicas, que fundem e entram em ebulição a temperatura constante, respectivamente, são exceções. Sua discussão, entretanto, foge ao escopo deste trabalho.

Renata Rosa Dotto Bellas (renatarosadotto@hotmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre e doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas UFBA/Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Atualmente é professora do Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus I. Salvador, BA – BR. **Indman Ruana Lima Queiroz** (indmam_ruana@hotmail.com) é licenciada em Química e mestre em Educação em Ciências pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e doutoranda em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas UFBA/UEFS. Atualmente é professora do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET) da UESC. Ilhéus, BA – BR. **Luiza Renata Felix de Carvalho Lima** (luiza_renata_felix@hotmail.com) é licenciada em Química e mestre em Educação em Ciências pela UESC, e doutoranda em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas UFBA/UEFS. Ilhéus, BA – BR. **José Luis de Paula Barros Silva** (joseluis@ufba.br) é bacharel em Química, mestre em Física e doutor em Química pela UFBA. Atualmente é professor do Instituto de Química da UFBA, Campus de Ondina. Salvador, BA – BR.

Referências

ARJIPSEV, F. T. *A matéria como categoria filosófica*. Lisboa: Estampa, 1973.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2002.

BELLAS, R. R. D. *Conceitos de substância atribuídos por licenciandos em química: uma análise histórico-cultural*. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador/Feira de Santana, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio, v. 2 – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 2006.

BROCK, W. H. *The chemical tree: a history of chemistry*. New York: W. W. Norton, 2000.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. e PROTI, P. B. *Química*. São Paulo: Moderna, 2016.

FONSECA, M. R. M. *Química: ensino médio*. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2017.

HARDY-VALLÉE, B. *O que é um conceito?* São Paulo: Parábola, 2013.

IUPAC. *Compendium of chemical terminology (gold book)*. Version 2.3.3, 2014-02-24. Disponível em <https://goldbook.iupac.org/html/C/C01039.html>, acessada em Fevereiro 2019.

_____. *Nomenclature of inorganic chemistry*. Cambridge:

IUPAC/RSC, 2005. Disponível em https://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf, acessada em Fevereiro 2019.

JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 719-737, 2000.

LIDE, D. R. (Ed.) *CRC handbook of chemistry and physics*. Boca Raton: CRC Press, 2005.

LIMA, M. E. C. C. e BARBOZA, L. C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 39-43, 2005.

LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; BIANCO, A. A. G.; RODRIGUES, H.; SANTINA, K.; LIEGEL, R. M. e AOKI, V. L. M. *Ser protagonista: química*. 3ª ed. São Paulo: SM, 2016.

MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química: ensino médio*. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

NOVAIS, V. L. D. e TISSONI, M. T. *Vivá: química*. Curitiba: Positivo, 2016.

SANTOS, W. L. P. e MÓL, G. S. *Química cidadã*. 3ª ed. São Paulo: AJS, 2016.

SCHUMMER, J. The chemical core of chemistry I. *HYLE – An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, v. 4, n. 2, p. 129-162, 1998.

_____. The impact of instrumentation on chemical species

identity from chemical substances to molecular species. In: MORRIS, P. J. T. (Ed.). *From classical to modern chemistry*. London: The Royal Society of Chemistry, 2002. p. 188-211.

SILVA, J. L. P. B.; MORADILLO, E. F.; CUNHA, M. B. M.; DOTTO, R. R. e DOURADO, P. V. A composição no ensino de química. In: *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2007.

TAVARES, L. e ROGADO, J. A história das ciências e os seus fundamentos históricos, epistemológicos e culturais no livro didático de química: o conceito de substância. In: *Anais do XIII Congresso de Iniciação Científica da Unimep*, v. 1. Piracicaba: Unimep, 2005.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2a ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

Para Saber Mais

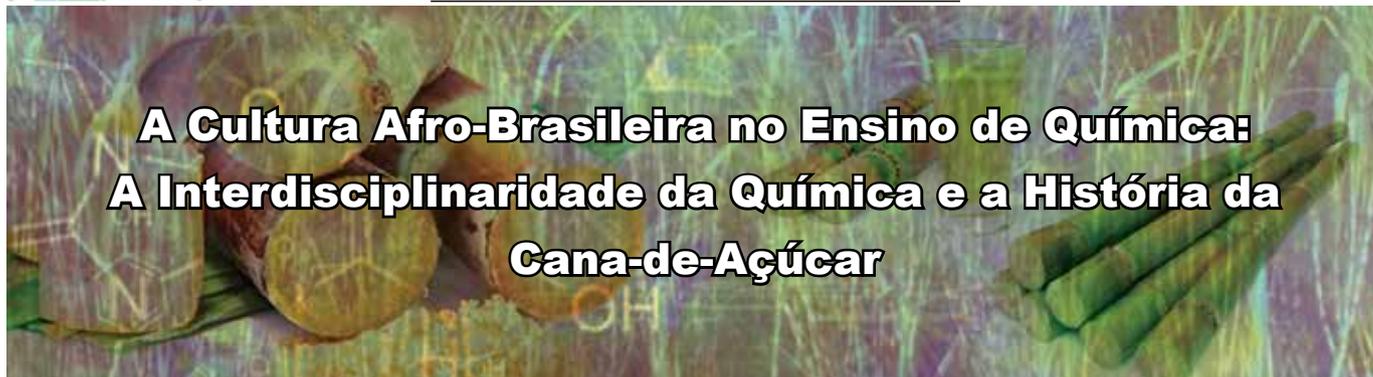
SILVA, J. R. R. T. *Substância química: a história de um devir*. Curitiba: Appris, 2017.

_____ e AMARAL, E. M. R. Concepções sobre substância: relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 70-78, 2016.

OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 8-11, 1995.

Abstract: *The Concept of Chemical Substance and Its Teaching*. This article discusses the concept of chemical substance as pure material that has constant composition during phase transitions, physical properties with characteristic values under specified conditions and is represented by its chemical formula. Based on this conceptualization, we analyzed its approach in collections of secondary school Chemistry textbooks approved by the National Program of Textbooks – PNLD 2018. We concluded that none of the analyzed textbooks teaches the concept of chemical substance in a complete and wholly satisfactory way. In view of these results, we present suggestions for teaching improvement.

Keywords: chemical substance, chemistry teaching, teaching and learning of chemical concepts



A Cultura Afro-Brasileira no Ensino de Química: A Interdisciplinaridade da Química e a História da Cana-de-Açúcar

Rhaysa T. Gonzaga, Malu A. Santander e Anelise M. Regiani

Considerando a importância da inserção e da valorização da cultura afro-brasileira na sociedade, o presente artigo traz o relato de experiência da execução de uma oficina sobre a química e a cana-de-açúcar, com destaque para a contribuição da cultura dos escravos africanos que trabalhavam nas plantações. A química envolvida no beneficiamento desta matéria prima para a obtenção de açúcar e álcool foi discutida considerando aspectos da história do Brasil. A oficina foi realizada em uma escola pública de ensino médio na data comemorativa do Dia da Consciência Negra. Argumenta-se que o olhar socioeconômico do contexto histórico permite uma abordagem de conteúdos de química mais interessante e alinhada com o preconizado na lei nº 11.645/2008.

► cana-de-açúcar, interdisciplinaridade, escravidão, lei 10.639/2003, lei 11.645/2008 ◀

Recebido em 30/08/2018, aceito em 15/11/2018

25

A história do Brasil e da constituição do povo brasileiro é marcada pela grande diversidade cultural, com contribuições de uma tríade central: as culturas europeia, africana e indígena. Conteúdos que trabalhem essas culturas podem ser bastante explorados para as diversas áreas do conhecimento, tendo em vista que fazem parte do cotidiano dos alunos, colaborando com a possibilidade de atividades interdisciplinares.

Segundo Ribeiro, pode-se entender por cultura:

[...] um conjunto de hábitos, comportamentos, valores morais, crenças e símbolos, dentre outros aspectos mais gerais, como forma de organização social, política e econômica que caracterizam uma sociedade. Além disso, os processos históricos são em grande parte responsáveis pelas diferenças culturais (Ribeiro, 2019, p. 1).

É indispensável que a escola seja um espaço para a não exclusão de grupos e culturas já marginalizados pela sociedade, pois a cidadania se forma através de valores, símbolos e crenças, assim como com a abertura da estrutura social

àqueles que estão sendo atual e historicamente segregados. Porém,

[...] a escola brasileira tem sido também programada para atuar como agência assimilacionista, de forma implícita, aparentemente não deliberada, ao escamotear, invisibilizar, omitir ou desqualificar as contribuições culturais, sociais e biológicas de povos que ajudaram a construir a nação, como ocorre com os índios e os negros (Pereira, 2001, p. 175).

É importante superar a antiga ideia do relativismo cultural, proposta por E. Tylor em 1871 (Laraia, 1986), segundo a qual a diversidade cultural é resultado da desigualdade de estágios evolutivos das sociedades. É preciso trabalhar uma visão de mundo de que não existem culturas superiores ou inferiores umas às outras: a diversidade existe porque diferentes povos, em diversas partes do mundo, desenvolveram maneiras de sobreviver e aproveitar da melhor forma que lhes era possível os ambientes que ocupavam (Feyerabend, 2007). Advoga-se a promoção de um diálogo intercultural, pois, do contrário, será incentivado o racismo para com as culturas historicamente nominadas como inferiores segundo valores ocidentais.

O racismo existente atualmente no Brasil, de forma aberta ou sutil e mascarada, precisa ser combatido para que ocorra um desenvolvimento social de forma mais igualitária

A seção "Relatos de Sala de Aula" socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

e homogênea. Uma ação afirmativa que colabora com o combate ao racismo foi a promulgação da Lei nº 10.639/2003 (Brasil, 2003), que determina que a História da África seja tratada em perspectiva positiva e que o dia 20 de novembro esteja incluído no currículo escolar como *Dia da Consciência Negra*, sendo uma data para lembrar a luta e a resistência do povo negro no Brasil. Essa lei foi modificada pela Lei nº 11.645/2008 (Brasil, 2008), a qual determina que nos estabelecimentos de Ensino Fundamental e de Ensino Médio, públicos e privados, é obrigatório o estudo da história e cultura afro-brasileira e indígena. A legislação orienta que os referidos conteúdos sejam ministrados no âmbito de todo o currículo escolar, em especial nas áreas de educação artística e de literatura e história brasileira.

Encontra-se no texto das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana a importância do comprometimento de toda comunidade escolar para a efetivação e cumprimento da lei:

Cumprir a lei é, pois, responsabilidade de todos e não apenas do professor em sala de aula. Exige-se, assim, um comprometimento solidário dos vários elos do sistema de ensino brasileiro, tendo-se como ponto de partida o presente parecer que, junto com outras diretrizes e pareceres e resoluções, têm o papel articulador e coordenador da organização da educação nacional (Brasil, 2004, p. 16).

Em conformidade com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN/1996), que preconiza levar em consideração a diversidade étnico-racial, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) orientam uma ampliação do foco do currículo escolar, para que o ensino de cultura e história afro-brasileira não seja ministrado somente na semana da consciência negra ou somente nas disciplinas de história e artes, permitindo que os educandos tenham mais consciência histórica e política sobre os ancestrais negros e que ocorra efetivamente um fortalecimento de identidades e direitos. Assim, para a promoção de igualdade étnico-racial é importante que essas referências estejam presentes em todas as disciplinas. Em relação à disciplina de química, os PCN+ estabelecem:

[...] a Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (Brasil, 2002, p. 87).

Com o intuito de colaborar para melhor compreensão dos educandos acerca dos preconceitos arraigados no imaginário

social, as relações de poder durante o período escravocrata, assim como as lutas de resistência ao sistema e a colaboração do povo africano na cultura e economia brasileiras, foi elaborada uma oficina abordando aspectos da história do Brasil Colônia sob uma ótica científico-tecnológica que inclui conteúdos escolares de química.

Percurso Metodológico

A atividade foi realizada em uma escola da rede pública de ensino básico da cidade de Florianópolis, em Santa Catarina, escolhida por já possuir vínculo com as autoras através do subprojeto PIBID/Química da Universidade Federal de Santa Catarina. A escola atende 1.040 alunos do ensino fundamental e médio de uma comunidade periférica. A oficina foi ministrada no dia 20 de novembro de 2017, data em que a escola trabalhou atividades extraclasse com todas as turmas a respeito do Dia da Consciência Negra. Participaram 21 alunos de duas turmas do primeiro ano do ensino médio no período de duas aulas de 45 minutos. A oficina foi baseada na abordagem interdisciplinar de Braibante *et al.* (2013), e organizada em três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização/explicação do conteúdo e aplicação do conhecimento (Delizoicov *et al.*, 2009).

Resultados e Discussão

Em um primeiro momento da atividade interdisciplinar, as bolsistas apresentaram a si mesmas e o tema que seria abordado ao longo das aulas. A problematização com os alunos foi iniciada com questões sobre o ciclo da cana-de-açúcar no Brasil, incluindo as relações de trabalho do período colonial e o que os estudantes entendiam por trabalho escravo. As poucas manifestações mostraram a percepção comum da sociedade sobre o período em questão, como ciclo econômico “*movido pela mão de obra escrava*”, “*trabalho escravo é ser obrigada a trabalhar de graça*”, “*foram os negros que vieram da África*”. Esta última afirmativa é bastante preocupante, pois mostra uma concepção equivocada: os negros não “vieram”, mas foram trazidos da África em condições subjulgantes. São concepções como esta que necessitam ser problematizadas e superadas na educação escolar, pois assim haverá reflexões sobre questões esquecidas ou distorcidas da história da nossa sociedade, mas que têm grandes consequências nos dias atuais.

Posteriormente, foi reproduzido o episódio “Cana de mel preço de fel” da série *500 anos: o Brasil colônia na TV*, da TV Escola, e novas questões foram propostas sobre a forma com que os negros eram trazidos ao Brasil, como eram suas condições de trabalho e também sobre os outros atores desse período do Brasil Colônia. Após novo silêncio da turma em relação às questões levantadas, uma aluna se mostrou questionadora, ao dizer que “*Os negros foram escravizados porque eles vendiam seu próprio povo na África*”. Este é um pensamento que faz parte do senso comum em nossa sociedade, cuja desconstrução precisa ser trabalhada em sala

de aula. Assim, as bolsistas colaboraram ao explicar para os alunos que esse período histórico também era influenciado diretamente por atritos que ocorriam na África, assim como em todo o mundo.

[...] Quando se fala em superar velhas visões sobre África inevitavelmente vem à tona o apelo para que, antes de mais nada, a consideremos em toda a sua diversidade e complexidade, tanto natural quanto cultural. Mas acontece que em matéria de complexidade, é provável que aos olhos do senso comum os conflitos étnicos africanos pareçam bem menos compreensíveis do que a diversidade natural (Martins, 2008, p. 1).

A complexidade dos conflitos africanos foi abordada em consonância com a visão de Casagrande (2016). Segundo esse autor, os negros nesse período espalhavam-se em um grande continente, com muitos povos, tribos, línguas, etnias, costumes, culturas e religiões, sendo que muitas dessas culturas existem até hoje. Dessa forma, ocorriam – como em quase todo o mundo – atritos decorrentes dessas diferenças, que podiam resultar na conquista de um povo por outro. Os conquistados se tornavam propriedade do conquistador, que muitas vezes os escravizavam: “[...] eram somente vítimas de guerras tribais e isso era melhor do que acontecia mundo afora, onde a nenhum inimigo era permitido continuar vivo” (Casagrande, 2016, p. 1). Também foi exposto que, com a chegada dos brancos ao continente africano e a dificuldade da comunicação, por não entenderem a língua, alguns líderes acharam interessante enviar pessoas para aprenderem o idioma e facilitar as negociações comerciais; e também trocaram criminosos por mercadorias, para que servissem aos homens brancos.

Os alunos também foram questionados sobre o porquê dos negros serem escolhidos como mão de obra. Foi possível ouvir algumas respostas de senso comum, como o fato de “os negros serem mais fortes do que os indígenas” ou “os indígenas serem nativos da terra e conseguirem fugir com mais facilidade”. Porém,

Mesmo sendo mais acessível, a escravização dos indígenas mostrava-se problemática por uma série de fatores conjunturais. Primeiramente, devemos destacar que os índios não eram acostumados a uma rotina de trabalho extensa, tendo em vista que privilegiavam uma economia de subsistência. [...] [D]evemos salientar que a Igreja também teve enorme peso para que a escravidão indígena não ganhasse força no espaço colonial. Tal influência explica-se pelo fato de a Igreja ter o claro interesse em converter os índios à crença católica. Naturalmente, se esses índios fossem submetidos à escravidão, logo demonstrariam uma resistência maior em aceitar a religião do colonizador. Por fim, vemos que o próprio governo de Portugal expediu várias leis proibindo o apresamento indígena. [...] Para os colonizadores, principalmente os senho-

res de engenho, o escravo africano apresentava um melhor desempenho no trabalho com a lavoura, e o investimento em sua aquisição mostrava-se bastante rentável (Sousa, 2019, p. 1).

Devido ao tempo escasso da aula, os argumentos expostos foram apenas citados de maneira expositiva na tentativa de desconstruir a resposta dada pela aluna. Para que os estudantes pudessem realizar uma reflexão posterior e mais aprofundada, foi entregue aos educandos um texto (Quadro 1) que aborda as questões de problematização e traz informações desde o período histórico em que aconteceu o ciclo da cana-de-açúcar no Brasil. No texto é destacado que a produção do açúcar era monopólio do Oriente Médio e que, para romper esse monopólio, a coroa portuguesa decidiu iniciar essa atividade em solo brasileiro. Os negros eram considerados a mão de obra mais qualificada para o plantio e a colheita da cana-de-açúcar devido ao fato de já terem sido escravizados na atividade açucareira na Península Ibérica, onde o plantio já ocorria há cerca de 100 anos.

Em seguida, foi iniciado um momento expositivo do conteúdo para a abordagem das etapas de fabricação do açúcar mascavo, desde a colheita da cana-de-açúcar, a extração do seu caldo, a filtração, o aquecimento e a cristalização do açúcar. Além dessas etapas foi apresentado o processo de feitiço da cachaça, que parte da fermentação do caldo de cana. Foi possível falar de processos físicos (corte, moagem, filtração, evaporação, condensação) e químicos (fermentação, refino) pelo qual passa a cana-de-açúcar para se tornar o açúcar e a cachaça. Mostraram-se imagens e discutiram-se também as diferenças entre os tipos de açúcar. O açúcar mascavo não passa por processo de refino e por isso é um açúcar mais escuro, com mais vitaminas e nutrientes. Já o açúcar refinado, o que mais se vê no mercado e é mais utilizado, passa por um processo de refino com aditivos químicos, que tiram as impurezas e também vitaminas e minerais, e por isso é branco, pois resta apenas a sacarose. Outro tipo de açúcar também apresentado é o açúcar demerara, que é um açúcar intermediário entre o refinado e o mascavo, porque os processos de refino pelo qual passa são mais brandos do que os do açúcar refinado, mantendo mais nutrientes que este.

Foi levantado também o tema da “descoberta” da cachaça, fundamentando-se em uma história contada no Museu do Homem do Nordeste (Silva, 2010), localizado no Recife, que traz também curiosidades sobre a cachaça e a origem das palavras “pinga” e “aguardente”, o que contextualiza as relações sociais desse período histórico. O nome pinga seria derivado da situação em que, ao colocar o caldo de cana fermentado no tacho, os vapores que saíam do líquido se condensavam no teto das casas de fornalhas e formavam gotas que pingavam sobre os escravos que ali trabalhavam e, ao escorrer por seus corpos, muitas vezes machucados por castigos, ardiavam ao entrar em contato com as feridas. Nesta situação é possível, nas palavras dos estudantes, “ver” a química acontecendo: o etanol, um líquido com ponto de ebulição menor, evapora primeiro do tacho e se separa do resto do caldo. Aqui se tem

A química e a história da cana-de-açúcar no Brasil

A história da cana-de-açúcar e a sua ligação com o trabalho escravo nos remetem a meados do século XIV, mais especificamente na ilha de Chipre (localizada no Mar Mediterrâneo, ao sul da Turquia), em Creta (Grécia) e no norte da África. Nessas localidades, a economia era baseada na produção açucareira. Essa atividade era caracterizada pelo trabalho escravo e forçado em propriedades relativamente extensas, com um comércio de longo alcance e bem desenvolvido. Esse modelo influenciou a introdução e comercialização do açúcar em Portugal, que posteriormente transferiu seus métodos comerciais e técnicas tradicionais para o Brasil Colônia.

A entrada do açúcar no sul da Península Ibérica estimulou a escravidão, sendo que, na década de 1440, começou a produzir seu impacto na economia de Portugal. Isso ocorreu devido à expansão portuguesa pela costa ocidental da África à procura de ouro e especiarias, originando o tráfico de escravos africanos. Para romper com o monopólio da produção de açúcar exercido pelo Oriente Médio, os portugueses encontraram no Brasil Colônia uma alternativa para ingressarem definitivamente nesse mercado e estimularem seu crescimento econômico.

O clima tropical e as boas condições do solo pareciam ideais para o cultivo da cana-de-açúcar. Essa planta é a matéria-prima da sacarose, comumente conhecida como açúcar comum, substância classificada como carboidrato. A molécula de sacarose é formada a partir da união de uma molécula de frutose com uma de glicose, gerando a sacarose e uma molécula de água. A produção açucareira no Brasil se estabeleceu nas décadas de 1530 e 1540 e tinha como características engenhos pequenos, sendo a maioria movida por cavalos ou bois, e alguns usavam força hidráulica. Em relação à mão-de-obra, o cultivo da cana-de-açúcar iniciou-se com o uso extensivo de trabalhadores indígenas, população nativa do Novo Mundo. Entretanto, devido à grande demanda de trabalho exigido na lavoura açucareira, consequência da expansão das terras cultivadas, houve uma transição para o trabalho africano, que dependeu parcialmente da percepção dos colonizadores quanto às habilidades relativas de africanos e indígenas.

Milhares de africanos foram trazidos para o Brasil Colônia, devido à necessidade de uma mão-de-obra mais especializada, já que possuíam uma larga experiência com a atividade açucareira na Península Ibérica. Dessa forma, o açúcar se manteve como uma importante atividade econômica no Brasil Colônia, que foi uma sociedade escravista não simplesmente pelo trabalho forçado, mas também pelas distinções jurídicas entre escravos e livres, baseadas em princípios hierárquicos e na raça.

A produção de açúcar necessita de técnicas e cuidados durante todas suas etapas: desde a plantação, o cultivo, a colheita, até o refinamento. Nesse sentido, é importante ressaltar que a principal mão-de-obra dos engenhos era escrava, mas havia trabalhadores especializados e remunerados que supervisionavam todas as etapas desse processo. A partir do caldo da cana, além do açúcar, pode ser obtido o etanol, por meio de um processo químico conhecido como fermentação alcoólica.

Ainda hoje, a produção da cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas brasileiras. Dependente dessa produção, o setor de álcool combustível é essencial para consolidar a presença brasileira no mercado energético mundial. Apesar de o setor movimentar milhões de reais por ano, esse ainda é um dos que mais emprega mão-de-obra análoga à escrava no Brasil. Atualmente se observa condições precárias no trabalho empregado na produção da cana-de-açúcar no Brasil, tais como: ausência de equipamentos de proteção no campo, moradias sem higiene, pagamento de salários inferiores ao mínimo, além de transporte para o trabalho sem as mínimas condições de segurança e eventuais mortes por excesso de esforço. Assim, é importante ressaltar que esse tipo de trabalho se diferencia do utilizado no passado quando a escravidão era aceita perante a lei.

Fonte: Adaptado de Silva, 2010.

um exemplo de um processo de separação, a destilação, conteúdo já familiar às turmas de primeiro ano, da qual faziam parte os alunos presentes na oficina.

Nesse momento, os alunos receberam um infográfico (Figura 1), produzido pelas bolsistas, que aborda as etapas de produção da cachaça.

Após essas etapas, foram apresentadas as estruturas químicas da sacarose, frutose e glicose. Sabendo-se que as turmas eram do primeiro ano de ensino médio e ainda não haviam abordado esse conteúdo em aula, as estruturas foram apenas mostradas através do projetor digital, para que os alunos pudessem ver os elementos que as compõem e como os átomos se configuram nas moléculas. Foram explicadas também as reações químicas envolvidas no processo de fermentação, no qual a sacarose é inicialmente convertida em frutose e glicose. Para falar sobre a produção da cachaça e as diferenças entre as nomenclaturas *álcool* e *etanol*, os alunos foram questionados sobre o assunto, com questões como: “Cachaça e álcool são a mesma coisa?” e “Como são



Figura 1: Infográfico sobre a produção da cachaça.

A produção de cachaça e de álcool

O caldo de cana-de-açúcar é uma mistura rica em açúcar. Para a produção de cachaça ou álcool, é necessário fermentá-lo, ou seja, transformar quimicamente parte do açúcar contido na mistura em etanol e outras substâncias de baixa massa molar. Isso é feito por um microrganismo, que é um ser vivo. Assim, esse processo é dito bioquímico, pois ocorre uma transformação química provocada por um sistema vivo.

Normalmente, introduz-se esse microrganismo no caldo e permite-se que ele atue por um determinado tempo. Após esse período, a mistura passa a conter, além de açúcar e água, etanol, metanol, isopropanol, ésteres e outras substâncias. Essa mistura, chamada de mosto, é filtrada e passa por um processo de destilação, que pode ser simples ou fracionada, dependendo se o objetivo é produzir álcool ou cachaça.

O processo de destilação consiste basicamente em aquecer a amostra (mosto filtrado) até que ele entre em ebulição. Os vapores produzidos são direcionados para um condensador (tubo resfriado), no qual esses vapores são transformados em líquido e coletados. Esse líquido coletado, no nosso caso, é chamado de cachaça ou álcool etílico destilado, dependendo do tipo de destilação realizada. Para a produção de cachaça, é feita uma destilação simples, geralmente num alambique, e obtém-se uma mistura aquosa contendo principalmente etanol e outras substâncias em menor quantidade, mas que são responsáveis pelo odor e sabor da cachaça. Alguns produtores costumam envelhecer sua cachaça em barris de carvalho. Esse procedimento faz com que a cachaça extraia da madeira alguns componentes, que mudarão sua apresentação (cor) e sabor, valorizando o produto.

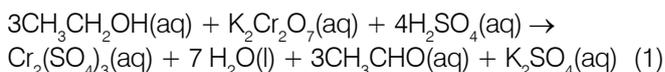
Se o objetivo é produzir etanol com alto grau de pureza, deve-se fazer uma destilação fracionada. Para isso, utiliza-se uma coluna de destilação mais extensa, fazendo com que apenas o etanol seja coletado ao final do processo. A coluna de destilação, no nosso caso, é um tubo vertical que é colocado antes do condensador.

A produção de cachaça e de álcool são processos bioquímicos, que envolvem a transformação de açúcar em moléculas menores por conta da atuação de um microrganismo. A diferença na obtenção de cachaça ou de álcool está na forma como a mistura produzida pelo microrganismo é destilada.

Fonte: Adaptado de Silva, 2010.

produzidos?”. Em seguida, receberam um texto previamente produzido pelas bolsistas (Quadro 2) para leitura posterior, que aborda os processos de fabricação da cachaça e do etanol, incluindo explicações acerca da destilação simples e da destilação fracionada.

Como forma de ilustrar o processo de produção da cachaça, foi realizado um procedimento experimental demonstrativo durante a oficina, utilizando um equipamento de destilação simples e caldo de cana fresco. Em um primeiro momento, foi adicionado ao caldo de cana um pacote de fermento biológico para que ocorresse a fermentação e se formasse o mosto. Depois de 30 minutos aguardando para que ocorresse a fermentação, o mosto foi colocado dentro de um balão de fundo redondo de 50 mL em banho-maria e acoplado ao equipamento de destilação simples. O mosto foi aquecido para que então atingisse aproximadamente a temperatura de ebulição do álcool etílico (78 °C), que seria acompanhada por um termômetro. Porém, não foi possível realizar o processo de destilação até o final, devido ao reduzido tempo de aula. Mesmo assim, os alunos puderam ver algumas gotas do destilado, porém este não foi suficiente para realizar o teste de caracterização do álcool. Em decorrência do fato da destilação não ser completa, o teste foi realizado com álcool de cozinha, utilizando mistura de dicromato de potássio e ácido sulfúrico. Foi possível observar a coloração mudar de laranja para verde, provocada pela oxidação do álcool para aldeído (Equação 1). Este é o mesmo princípio de funcionamento do bafômetro.



A avaliação da atividade desenvolvida foi dividida em duas categorias principais: (i) conhecimentos que os alunos adquiriram durante a oficina, utilizando um questionário (Quadro 3), entregue aos alunos no início da oficina para que respondessem em duplas ou trios no decorrer da aula, e (ii) produção de fanzines. As respostas dos questionários foram analisadas através da análise de conteúdo (Bardin, 1977). Para resguardar a identidade dos estudantes será utilizada a letra G seguida de um número que foi atribuído para cada grupo de alunos.

Quadro 3: Questionário respondido pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da oficina

1. De acordo com o que foi visto no vídeo “Cana de mel, preço de Fel” e discutido em sala, responda com suas palavras: o que a produção de açúcar proporcionou ao Brasil?
2. Dê a sua opinião em relação à escravidão dos negros no Brasil, e as consequências desse fato nos dias de hoje.
3. O que você aprendeu com o vídeo sobre a produção do açúcar?
4. Sobre o experimento, descreva os materiais e reagentes utilizados.
5. O que você aprendeu no desenvolvimento da oficina?

Na questão 1, sobre o que a produção da cana-de-açúcar proporcionou ao Brasil, algumas duplas focalizaram somente a parte econômica:

Proporcionou melhora na economia e muito dinheiro para o país (G9);

Com o sucesso na produção, os senhores de engenho lucraram muito, assim como a coroa portuguesa (G4).

Outras duplas conseguiram também estabelecer relações com a problemática apresentada:

Um ciclo econômico maior. Mas, com mais escravidão e desmatamento das áreas de plantação da cana (G2);

Proporcionou a riqueza dos senhores de engenho e também a compra e venda de negros, o trabalho braçal e a exploração dos recursos naturais (G7).

Com a análise, foi possível observar que, de todos os grupos, quase a metade conseguiu expressar nas respostas a relação sobre o ciclo econômico da cana-de-açúcar com a escravidão no Brasil. As respostas curtas e diretas também permitem inferir que os alunos não encontraram facilidade para expressar a parte que era um pouco mais complexa do conteúdo.

Em relação à escravidão e aos impactos dela nos dias atuais, foi unânime entre as duplas o fato de os negros sofrerem ainda hoje com as consequências desse período:

Foi um período muito difícil e as consequências são que os negros sofrem muito preconceito ainda e a desigualdade social (G2);

A escravidão dos negros no Brasil foi uma coisa absurda e as consequências deste fato nos dias de hoje são o preconceito, a desigualdade e muitos não conseguem um emprego adequado (G7);

Atualmente pessoas negras sofrem preconceito por sua cor, às vezes com piadas ofensivas ou inferiorizando a pessoa dizendo que ela não tem capacidade para devidas coisas (G5).

Analisando as respostas, vê-se que os alunos conseguem compreender o quanto a escravidão dos africanos repercute ainda hoje na vida dos afro-brasileiros, seja na discriminação ou na desigualdade social. Apesar de nos dias atuais existirem muitos argumentos sobre o fato de que não apenas negros foram escravizados ao longo da história, a população negra é a que mais sofre discriminação em decorrência da cor de sua pele. Nas relações sociais do Brasil escravocrata, a cor era um divisor entre os senhores da elite e escravos. Segundo Machado (2007),

[...] no Brasil o uso social da cor, e não da raça, se deve ao fato de que a primeira funcionava melhor para marcar diferenças no interior da enorme população que não pertencia à elite, mas que também não era escrava – embora a maior parte dela fosse de origem africana, ameríndia ou, principalmente,

Analisando as respostas dos alunos, pode-se observar que os mesmos conseguiram compreender os pontos centrais que o vídeo trouxe para enriquecer a discussão na oficina, ou seja, a monocultura da cana-de-açúcar estabelecida em Pernambuco e também a importância da mão de obra escrava durante esse ciclo econômico, assim como as relações de trabalho e a comercialização de especiarias.

mestiça. E em algumas localidades a produção social do “liberto”, do negro livre”, do “mulato”, do “pardo” e do “branco” é mesmo concomitante à produção social do “escravo” (Machado, 2007, p. 431).

Na educação, no mercado de trabalho, na política e em outras importantes esferas da sociedade

brasileira, a população negra tem menos oportunidades que a população branca. Esse fato é estrutural, estruturante e histórico em nosso país. Sob o manto do país mestiço, o racismo no Brasil se faz presente de maneira particular e, na maior parte das vezes, de forma velada (Manfredo, 2012). Essa desigualdade acontece historicamente, devido à falta de políticas de integração desde o período pós-abolição. O negro pós-abolição percebeu-se com a vida cerceada, desprovido de terra, do acesso à educação e, em muitos casos, de qualificação profissional. Nas palavras de L. J. Daronco: “Restou àqueles milhões de africanos e afro-brasileiros ‘sem sobrenome’ buscar as periferias urbanas como local de moradia, o trabalho nas estradas de ferro, nas docas, ou permanecer junto a seus antigos senhores em situação muito semelhante à vida dos tempos de escravidão” (Daronco apud Manfredo, 2012, p. 1).

Sobre o vídeo visto na oficina, foi possível identificar respostas variadas:

Aprendemos como era feita a cana e como os escravos sofriam por trabalhar demais e sofrerem maus tratos (G5);

Um pouco mais do pensamento europeu quanto à escravidão, o complicado processo da escravidão e o sofrimento dos negros (G4).

Analisando as respostas dos alunos, pode-se observar que os mesmos conseguiram compreender os pontos centrais que o vídeo trouxe para enriquecer a discussão na oficina, ou seja, a monocultura da cana-de-açúcar estabelecida em Pernambuco e também a importância da mão de obra escrava durante esse ciclo econômico, assim como as relações de trabalho e a comercialização de especiarias.

Na última questão, a intenção era que os educandos pudessem escrever livremente sobre a oficina e o que foi possível acrescentar em sua compreensão dos conteúdos químicos apresentados, e a relação destes com a contextualização histórica e a problematização também expostas. Porém, devido ao curto tempo da oficina os alunos tiveram também pouco tempo para responder ao questionário. De forma geral, foram observadas apenas respostas diretas e objetivas a respeito. Alguns exemplos são:

Aprendemos sobre a produção da cana-de-açúcar, sobre os prisioneiros de guerra (da África), sobre a pinga, a mão-de-obra dos escravos e como foi descoberta a cachaça (G1);

Eu aprendi sobre a escravidão e também como se faz o caldo-de-cana. E que o Brasil usava mão-de-obra escrava para o plantio da cana. Aprendi também as formas e processos para fazer etanol a partir do caldo de cana (G3).

Devido ao tempo de aula que foi reduzido, os alunos foram orientados para produzir os fanzines em casa, os quais foram entregues na semana seguinte às bolsistas. Essa atividade possibilitou aos discentes trabalhar em grupos, assim como usar sua criatividade e discutir posteriormente acerca dos conteúdos trabalhados durante a oficina. Na Figura 2 é possível observar alguns fanzines produzidos, que mostram imagens sobre os processos de produção da cachaça, assim como partes dos textos disponibilizados sobre a mão de obra utilizada durante esse ciclo econômico do Brasil.

Considerações Finais

Esse relato se propôs, como objetivo final, a expor uma diferente forma de trabalhar com os alunos a cultura e história afro-brasileiras com conteúdos e conceitos químicos,

A oficina realizada proporcionou a discussão de temas que comumente não são debatidos nas aulas de química e, em contrapartida, o conteúdo e os conceitos de química puderam ser trabalhados de maneira significativa, apesar do intervalo de tempo ter sido escasso para a sua realização.

e como a ciência e a história da sociedade estão diretamente interligadas, assim como o seu cotidiano. Através do desenvolvimento da oficina foi possível identificar, inicialmente, uma resistência dos alunos em relação ao tema da escravidão, e isso nos mostra a importância da maneira como deve ser trabalhado esse

tema, de forma que seja baseado nas lutas e resistência do povo negro e sua força ao se opor ao regime escravocrata desse período. Esse tipo de atividade interdisciplinar exige preparação e muita dedicação do docente, de forma a se distanciar da sua zona de conforto e contextualizar os conteúdos com temas interdisciplinares e transversais, podendo assim trazer a química à realidade e ao cotidiano do discente, além de valorizar o legado africano à ciência e tecnologia (Bastos e Benite, 2017).

A oficina realizada proporcionou a discussão de temas que comumente não são debatidos nas aulas de química e, em contrapartida, o conteúdo e os conceitos de química puderam ser trabalhados de maneira significativa, apesar do intervalo de tempo ter sido escasso para a sua realização. Espera-se que, em uma nova oportunidade, seja possível realizar as



Figura 2: Fanzines elaborados pelos alunos.

etapas propostas com maior profundidade nas discussões científicas e sócio-históricas.

As bolsistas adquiriram aprendizados com esta oficina, tanto nos estudos para a sua montagem, sobre história e a nossa sociedade, quanto a respeito do posicionamento dos alunos com a história da escravidão, visto que são ainda muito presentes pensamentos do senso comum relacionados aos negros. Isso mostra como é necessário trabalhar sobre esse tema em sala de aula, para colaborar com a diminuição de preconceitos e para que a escola não reforce a reprodução do racismo na sociedade.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 – através do Programa de Iniciação à Docência, PIBID.

Rhaysa Terezinha Gonzaga (rhaysa.gonzaga@gmail.com) é estudante de Licenciatura em Química na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e bolsista PIBID. Florianópolis, SC – BR. **Malu Abreu Santander** (maluasantander@gmail.com) é estudante de Licenciatura em Química UFSC e bolsista PIBID. Florianópolis, SC – BR. **Anelise Maria Regiani** (anelise.regiani@ufsc.br) é bacharel em Química com habilitação tecnológica, mestre e doutora em Físico-Química pelo Instituto de Química de São Carlos/Universidade de São Paulo. Também é licenciada em Química pelo Centro Universitário Claretiano. Tem pós-doutorado em Educação Científica e Tecnológica pelo Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica/UFSC. Foi docente e pesquisadora na Universidade Federal do Acre e desde 2016 é docente e pesquisadora na UFSC. Florianópolis, SC – BR.

Referências

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASTOS, M. A. e BENITE, A. M. C. Cultura africana e ensino de química: estudo sobre a formação docente. *Revista ABPN*, v. 9, n. 2, p. 64-80, 2017.

BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S.; ROCHA, T. R.; FRIEDRICH, L. S. e NARDY, F. C. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *Diretrizes curriculares nacionais para a educação das relações étnico-raciais e para o ensino de história e cultura afro-brasileira e africana*. Brasília: MEC, 2004, p. 16.

_____. *Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio*. Brasília: MEC, 2002, p. 87.

_____. Presidência da República. *Lei nº 10.639 de 9 de janeiro de 2003*. Brasília: Diário Oficial da União, 10 de janeiro de 2003.

_____. *Lei nº 11.645 de 10 de março de 2008*. Brasília: Diário Oficial da União, 11 de março de 2008.

CASAGRANDE, L. Africanos não venderam seu próprio povo para a escravidão. *Forum*, 9 de junho de 2016. Disponível em <https://www.revistaforum.com.br/osentendidos/2016/06/09/africanos-nao-venderam-seu-proprio-povo-para-escravidao/>, acessada em janeiro 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2009.

FEYERABEND, P. K. *Contra o método*. Trad. C. A. Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

LARAIA, R. B. *Cultura: um conceito antropológico*. Rio de Janeiro: Zahar, 1986.

MACHADO, C. A escravidão e a cor dos escravos e dos livres (Freguesia de São José dos Pinhais – PR, passagem do XVIII para o XIX). *Temas Setecentistas – VII Jornada Setecentista*, 2007, p. 429-442. Disponível em <http://www.humanas.ufpr.br/portal/cedope/files/2011/12/A-escravid%C3%A3o-e-a-cordos-escravos-e-dos-livres-Cacilda-Machado.pdf>, acessada em janeiro 2019.

MANFREDO, M. T. Desigualdade como legado da escravidão no Brasil. *Geledés*, 20 de setembro de 2012. Disponível em <https://www.geledes.org.br/desigualdade-como-legado-da-escravidao-brasil/>, acessada em janeiro 2019.

MARTINS, A. Conflitos étnicos africanos; rivalidades africanas no tráfico escravista. *Algo a Dizer*, junho de 2008. Disponível em <http://www.algoadizer.com.br/edicoes/materia.php?MaterialID=106>, acessada em janeiro 2019.

PEREIRA, J. B. B. Diversidade, racismo e educação. *Revista USP*, n. 50, p. 175, 2001.

RIBEIRO, P. S. Cultura brasileira: da diversidade à desigualdade. *Brasil Escola*. Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/sociologia/cultura-brasileira-diversidade-desigualdade.htm>, acessada em janeiro 2019.

SILVA, R. O. Cana de mel, sabor de fel – capitania de Pernambuco: uma intervenção pedagógica com caráter multi e interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, n. 32, p. 90-94, 2010.

SOUSA, R. G. Escravidão indígena × escravidão africana. *Mundo Educação*. Disponível em <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiadobrasil/escravidao-indigena-x-escravidao-africana.htm>, acessada em janeiro 2019.

Abstract: *The Afro-Brazilian Culture in Chemistry: Chemistry and History of Sugarcane as an Interdisciplinary Classroom.* Considering the social importance of the insertion and valorization of Afro-Brazilian culture, it is reported the experience of a workshop on the chemistry of sugarcane, with emphasis on the contribution of African slaves who worked in the plantations. Chemistry involved in the processing of this raw material to obtain sugar and alcohol was discussed considering the historic background. The workshop was held at a public high school on the date of commemoration of Black Consciousness Day. It is argued that the socioeconomic view of the historical context allows a more interesting and aligned approach of chemical contents with the one recommended in Brazilian law nº 11.645/2008.

Keywords: sugarcane, interdisciplinary, slavery, law 10.639/2003, law 11645/2008

A Dinâmica do Contrato Didático no Ensino de Calorimetria por Resolução de Situações-Problema: A Simultaneidade de Duas Relações Contratuais

Larissa O. Souza, José Euzebio Simões Neto e Anna Paula A. B. Lima

Neste estudo buscamos analisar o Contrato Didático na elaboração e aplicação de uma intervenção didática centrada na resolução de situações-problema. A metodologia proposta foi composta por um minicurso para professores de química em exercício e bolsistas do PIBID atuando no 2º ano do Ensino Médio, com o objetivo de instrumentalizá-los para a construção e aplicação de intervenções didáticas baseadas na resolução de Situações-Problema com o conteúdo químico que estariam trabalhando em sala de aula. Posteriormente acompanhamos a professora Luiza na aplicação da sua intervenção didática. Neste artigo trazemos uma das três situações de análise que realizamos: a simultaneidade de duas relações contratuais existente quando a professora aplica a intervenção em sala de aula. Os dados revelaram a manutenção do Contrato Didático instituído no minicurso, que continua válido paralelamente à relação didática que a professora estabelece com seus alunos em sala de aula.

► contrato didático, situação-problema, calorimetria ◀

Recebido em 22/08/2018, aceito em 05/12/2018

33

As relações existentes na sala de aula ocorrem de forma dinâmica e encadeada e para entendê-las devemos articular uma série de conceitos que estão entrelaçados de modo complexo. Para Brito Menezes (2006) a sala de aula é o meio em que se instaura o sistema didático, e devemos considerar que nesse sistema alguém tem a intenção de modificar o conhecimento de outrem. O sistema é composto de três elementos principais: dois humanos, que são o professor e o aluno; polo pedagógico, que propõe e negocia situações didáticas; polo psicológico, para quem devem ser direcionadas as situações de ensino; e outro, dito não humano, o saber, polo epistemológico, determinante no estabelecimento das relações didáticas.

Brousseau (1986) estabelece que na sala de aula existem *fenômenos didáticos* e que a análise do sistema didático, do seu funcionamento, é importante, pois a partir dela podemos entender as relações estabelecidas entre professor, seus alunos e determinado saber a ser ensinado e

aprendido. A relação oriunda dessa tríade é denominada de relação didática e pode ser entendida como um conjunto de relações estabelecidas explicitamente e/ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos, em um certo meio,

compreendendo eventualmente instrumentos e objetos, e um sistema educativo, o professor, com a finalidade de possibilitar um saber constituído ou em vias de constituição (Freitas, 2007). Destacamos que o conjunto de regras que determinam as responsabilidades que devem ser gerenciadas entre o professor e seus alunos, durante as interações didáticas, se baseia no que cada parte envolvida tomará para si

como obrigação e prestará conta ao outro, e são negociadas na abordagem de um saber que se encontra em cena no jogo didático, sendo essa a ideia central do Contrato Didático.

Os elementos constituintes da relação didática, a partir do que propõe Brousseau (1986), podem ser organizados em disposição triangular, estabelecendo o triângulo das Situações Didáticas, apresentado na Figura 1.

Destacamos que o conjunto de regras que determinam as responsabilidades que devem ser gerenciadas entre o professor e seus alunos, durante as interações didáticas, se baseia no que cada parte envolvida tomará para si como obrigação e prestará conta ao outro, e são negociadas na abordagem de um saber que se encontra em cena no jogo didático, sendo essa a ideia central do Contrato Didático.



Figura 1: Triângulo das Situações Didáticas. Fonte: Brito (2012).

Destacamos que esse triângulo não representa uma estrutura de nível, podendo professor, aluno e saber ocupar quaisquer dos vértices. Ainda, a representação em termos de um triângulo equilátero é apenas uma representação que indica o caráter triangular da interação, representando de forma estática algo que é, por natureza, dinâmico.

A noção do Contrato Didático foi inicialmente proposta no âmbito do ensino de matemática, assim, a maioria das pesquisas abordam esse tema a partir de conceitos matemáticos, porém, não nos impede de investigar os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos em outras salas de aula, pois o estabelecimento desse tipo de contrato ocorre em qualquer situação didática, e nos parece ser necessário sua investigação quando da abordagem de conteúdos químicos.

Grande parte das pesquisas relativas ao Ensino de Química se interessa pela investigação do professor com o aluno na sala de aula e/ou propõe materiais didáticos ou estratégias visando à melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem. No entanto, o ensino de química não é facilmente alcançado pelos alunos; esse cenário direciona o professor de química na busca de propostas que tratem o ensino de maneira construtivista, possibilitando ao aluno a sua formação como cidadão crítico, ao utilizar os seus conhecimentos escolares em outros contextos, para a resolução de problemas práticos. Batinga e Teixeira (2014) apontam a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas como um referencial teórico e metodológico relevante para o professor utilizar na sua prática em sala de aula, por ser uma estratégia que evidencia o contexto nos quais os alunos estejam inseridos.

Diante do exposto, adotamos neste estudo o trabalho com Situações-Problema (Meirieu, 1998), entendidas como tarefas dirigidas aos estudantes que só poderão ser resolvidas mediante a superação de um obstáculo mediante uma aprendizagem efetiva. O objetivo geral é analisar o(s) Contrato(s) Didático(s) instituído(s) na aplicação de uma intervenção elaborada a partir de um minicurso e centrada na abordagem de resolução de Situações-Problema.

A Noção de Contrato Didático

O Contrato Didático estabelece os papéis, os lugares e as funções que o professor e os alunos serão responsáveis na

relação didática. Para Brousseau (1986, p. 50), trata-se de:

Conjunto de regras que determina, uma pequena parte explicitamente, mas, sobretudo implicitamente, o que cada parceiro da relação didática deverá gerir e aquilo que, de uma maneira ou de outra, ele terá de prestar conta perante o outro.

Devido à dimensão complexa em que a noção de Contrato Didático está inserida, Jonnaert (1996) cita três elementos norteadores essenciais: a ideia de divisão de responsabilidades, pois o professor deixa de controlar a relação didática e permite ao aluno que cumpra seu papel, garantindo uma divisão de poderes, ou seja, ser ativo na construção do seu conhecimento; a consideração do implícito, pois o funcionamento do contrato ocorre principalmente a partir do que não é explicitado; e a relação ao saber, que é a relação que o professor e cada aluno tem com o saber em cena. Nesse sentido, o Contrato Didático instituído pode ser identificado a partir do funcionamento da sala de aula, e, por não existir duas salas de aulas idênticas, também não existem dois contratos iguais, o que permite afirmar que não existe um padrão para o Contrato Didático.

Segundo Silva (2007), o professor, ao estruturar o meio, possui uma série de expectativas em relação à participação dos alunos e estes também observam o trabalho do professor e buscam entender quais são as regras do jogo para poder direcionar suas ações. O meio constitui uma parte importante para a análise de situações didáticas, pois é o local onde ocorrem as interações do sujeito, as mudanças visando desestabilizar o sistema didático e o surgimento de conflitos, contradições e possibilidades de aprendizagem de novos conhecimentos. É nele que as situações didáticas são regidas pelas obrigações recíprocas, sejam elas explícitas ou implícitas, envolvendo alunos, professores e um conteúdo em cena no jogo didático.

O Contrato Didático extrapola a ideia de contrato no sentido legal, pois enquanto um contrato determina as regras para “assegurar a sua estabilidade, o Contrato Didático terá antes como função dinamizar as regras, justamente para que as coisas ocorram” (Jonnaert, 2002, p. 153). Esse dinamismo do Contrato Didático se dá durante os processos de ensino e de aprendizagem de um conhecimento, na medida em que alguma regra anteriormente acordada não é cumprida pelo professor ou pelo aluno, ocasionando uma ruptura. A partir dessa ruptura pode ser realizada ou não uma renegociação, ou seja, uma negociação de uma nova cláusula.

É um engano imaginar que o “bom contrato” é aquele em que suas cláusulas são mais explicitadas. Ao contrário, nos momentos de ruptura é que as aprendizagens são consolidadas (Sarrazy, 1995). De fato, é após a ocorrência de uma ruptura que algumas cláusulas do Contrato Didático devem ser revistas e renegociadas, permitindo avanços no conhecimento a partir de modificações da relação ao saber (Silva, 2007). Em síntese, o Contrato Didático passa por um processo contínuo de negociação e renegociação e que a

cada novo saber ou novo grupo de alunos em jogo, um novo contrato se estabelece (Brito Menezes, 2006).

Pesquisadores em didática da matemática identificaram diversas atitudes ou práticas utilizadas na sala de aula por parte do professor que são verdadeiras rupturas do Contrato Didático e que recebem a notação de efeitos do Contrato Didático, sendo considerados, em sua grande parte, como os causadores das dificuldades dos alunos em compreender algum conteúdo. Essas ações que emergem nas salas de aula direcionam uma busca não consciente do professor em mascarar objetivos não alcançados nos processos de ensino e de aprendizagem, fazendo-o recorrer a ações indesejadas e pouco efetivas. Ao adotar essa postura, mesmo que involuntariamente, o professor poderá provocar a ocorrência dos efeitos de Contrato Didático, na tentativa de fazer a relação didática não fracassar.

Esses efeitos são amplamente descritos na literatura (Almouloud, 2007; Brito Menezes, 2006; D'amore, 2007; Souza, 2014) e os mais comuns são: Pigmaleão, a valorização excessiva da imagem que o professor tem sob um aluno ou um grupo de alunos; Topázio, diminuição do nível de exigência em relação aos objetivos de aprendizagem; Jourdain, quando o professor valoriza um conhecimento ou comportamento banal do aluno dando a ele o status de científico; Deslize Metacognitivo, que acontece quando o professor substitui o discurso científico por outro de senso comum; e Uso Abusivo de Analogias, em ocasião de excessos substituindo e desconfigurando o conceito estudado pela analogia.

Silva (2007) destaca que o Contrato Didático depende da estratégia de ensino adotada, adaptando-se a contextos como as escolhas pedagógicas e o tipo das atividades direcionadas aos alunos, pois o professor, ao estruturar o meio, possui uma série de expectativas em relação à participação dos alunos, que também observam o trabalho do professor e buscam entender quais são as regras do jogo para poder direcionar suas ações. Neste trabalho buscamos observar o Contrato Didático quando da utilização da abordagem baseada na resolução de Situações-Problema, que discutiremos a seguir.

A Estratégia Didática de Resolução de Situações-Problema

Situações-Problema são utilizadas pelos professores nas salas de aulas com o objetivo de aproximar o conhecimento científico e a realidade dos estudantes e, desse modo, despertar um olhar crítico para questões cotidianas que envolvem fenômenos naturais, além de atuar na motivação intrínseca em superar obstáculos enquanto aprendem. Adotaremos o referencial teórico proposto por Meirieu (1998, p. 192) que entende uma Situação-Problema como uma:

Situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa.

Em toda Situação-Problema, como afirma Meirieu (1998), o aluno deve encontrar um obstáculo e uma sistema de restrição como dispositivos instalados. Enquanto o obstáculo é o que vai demandar do estudante a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo até um novo patamar de conhecimento, o sistema de restrição é o que vai impedir uma resposta banal do aluno. Ou seja, em uma Situação-Problema, o objetivo principal está na superação do obstáculo e não apenas na tarefa a realizar, pois é ao se transpor esse obstáculo que o aluno constrói um novo conhecimento. É importante entender que o obstáculo deve possuir um nível de dificuldade e organização tal que seja possível para os estudantes sua superação e que só nessa superação necessariamente ocorra aprendizagem.

Um outro dispositivo instalado em uma Situação-Problema é o sistema de recursos, que tem a função de instrumentalizar o estudante na busca pela superação do obstáculo. Comumente o sistema de recursos é composto

por atividades componentes da intervenção didática, em conjunto com a resolução de Situações-Problema, como vídeos, debates, simulações computacionais, materiais textuais, modelos moleculares, entre outros.

Por fim, um último dispositivo deve compor as Situações-Problema: o contexto. Segundo Carvalho (2004), o conhecimento cotidiano do contexto, o problema proposto e atividade de ensino criada podem despertar o interesse do aluno e estimular a sua participação, além de auxiliar na identificação de um ponto de partida para a construção do conhecimento, gerar discussões, e conduzir o aluno a participar das etapas do processo de resolução do problema.

Metodologia

Para a primeira etapa dessa pesquisa propomos o minicurso intitulado “Abordando o Conhecimento Químico a partir de Situações-problema”, que foi certificado como atividade de extensão pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e contou com a participação de oito cursistas, professores em exercício e bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), todos com atuação em turmas do 2º ano do Ensino Médio, e ministrado por duas pesquisadoras, doravante Rute e Mariana, nomes fictícios.

O produto final do minicurso foi uma proposta de intervenção didática centrada na resolução de Situações-Problema,

Pesquisadores em didática da matemática identificaram diversas atitudes ou práticas utilizadas na sala de aula por parte do professor que são verdadeiras rupturas do Contrato Didático e que recebem a notação de efeitos do Contrato Didático, sendo considerados, em sua grande parte, como os causadores das dificuldades dos alunos em compreender algum conteúdo.

que foram apresentadas no momento final do curso. Uma delas foi selecionada, revisada e acompanhada pela pesquisadora Rute para essa análise. Assim, acompanhamos a aplicação da intervenção didática elaborada pela professora Luiza, nome também fictício, que abordava conceitos da termodinâmica química, associados à calorimetria e composta por cinco momentos: questionário para levantamento de concepções prévias, primeira resolução da Situação-Problema, aula expositiva dialogada, construção de uma pirâmide alimentar e segunda resolução da Situação-Problema. A Situação-Problema elaborada foi: “Um grupo de alunos percebeu que um colega se queixava com frequência de dores estomacais. Ele gostava muito de comer bolos, coxinhas, pastéis, refrigerantes, doces, sorvetes. Durante uma conversa comentou que gostaria de mudar seus hábitos alimentares, pois além das dores suas roupas estavam apertadas. Em pesquisa feita na internet descobriu que para seu peso (80 kg) e altura (1,60 m) ele deveria consumir no máximo 1400 kcal por dia. Quais mudanças alimentares possíveis o aluno deve realizar para obedecer a informação obtida por ele? Ela está correta? Explique”.

A coleta de dados da aplicação da intervenção didática selecionada ocorreu em uma escola da rede particular localizada em Olinda, Pernambuco, em três dias do mês de agosto de 2017. A realização dessa etapa da pesquisa foi autorizada pela administração da escola e foram realizadas gravações em áudio e vídeo. A aplicação contou com a participação da professora Luiza e 30 alunos, que trouxeram assinados pelos responsáveis um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), previamente discutido em sala de aula.

As informações discutidas em sala de aula dos sujeitos da pesquisa foram apresentadas utilizando a notação Ax, sendo A referência a aluno e x o número de ordem da sua aparição na videogravação. Todo material videogravado foi assistido exaustivamente, buscando identificar elementos que compõem o nosso objeto de estudo e, posteriormente, realizamos anotações e transcrevemos todo o volume de dados videogravados.

Faremos uma análise comparativa do comportamento da professora, que foi acompanhada pela pesquisadora durante a aplicação da intervenção didática. Observamos as mudanças que ocorreram quando ela deixou de ser um dos elementos constituintes do polo do aluno, durante o curso de formação, e passou a ocupar o polo do professor, durante a aplicação da intervenção didática. Tal análise é baseada no princípio do envolvimento da professora Luiza simultaneamente em duas diferentes relações, pois na sua sala de aula, durante a aplicação da intervenção didática é instaurado um Contrato Didático entre ela, seus alunos e o saber calorimetria e, ao que parece, o Contrato Didático que foi firmado entre ela, a pesquisadora Rute, em momento em que ocupava o polo do professor, e o saber Situações-Problema no minicurso ainda persiste.

Dessa forma, buscamos entender a maneira como ela administra essas duas relações que se sobrepõem, a partir dos critérios: Expectativas em relação ao outro, que é a

expectativa que o professor espera dos alunos e vice-versa, em relação às tarefas e ações desenvolvidas em sala; Negociações do Contrato Didático, os papéis e deveres negociados para cada parceiro da relação contratual, bem como as expectativas; Rupturas do Contrato Didático, são as regras de contrato que não são cumpridas por um ou mais parceiros e pode causar rupturas; Renegociações do Contrato Didático, ocorrem quando uma regra ou cláusula do contrato é quebrada e existe uma mobilização das partes para a negociação de um novo contrato, superando o momento da ruptura; Emergência de Efeitos de Contrato Didático, momentos nos quais os efeitos de Contrato Didático emergem; Devolução Didática, quando o aluno aceita o que está sendo proposto para ele em sala de aula e se torna responsável pela sua aprendizagem.

Na próxima seção expomos os resultados relativos ao recorte apresentado nesse texto, a análise da simultaneidade de duas relações de Contrato Didático, em outras palavras, do Contrato Didático que foi firmado no minicurso e que persiste concomitantemente com o que foi administrado durante a etapa de aplicação da intervenção didática. O primeiro Contrato Didático está ativo durante todo o contexto da professora Luiza, desde a formação continuada, e permanece no planejamento e aplicação das atividades em sala de aula, quando o segundo contrato é negociado, o que permitiu a ela responder e manter simultaneamente duas relações contratuais que se retroalimentam.

Resultados e Discussão

Duas transições consideráveis puderam ser identificadas, quanto às mudanças relativas aos polos humanos da situação didática. A primeira, com relação ao curso, quando Luiza ocupou, junto com outros cursistas, o papel de aluna, enquanto a pesquisadora Rute, em conjunto com Mariana, assumiu o papel de professora; e a segunda, quando Luiza, como professora, assumiu seu papel de mediadora da sala de aula, com seus alunos assumindo posição no triângulo das situações didáticas e a pesquisadora assumiu uma postura de observadora.

Baseamo-nos em Brito Menezes (2006) quando ela afirma que esse contrato entre o professor e o pesquisador presente em sala de aula é semelhante a um Contrato Didático, gerido por duas cláusulas centrais: o pesquisador tem interesse em conhecer qual a forma de trabalho do professor na gestão daquele conteúdo e não deve ser notado durante a coleta de dados, cabendo ao professor manter a dinâmica da sua sala de aula sem modificações. Porém, as características da nossa pesquisa agem para a ruptura dessas regras: devido à relação que foi anteriormente estabelecida no minicurso, existe um Contrato Didático ativo, no qual a pesquisadora denominada Rute é a professora, a professora Luiza é uma das alunas e o saber em cena no jogo didático são as Situações-Problema. Esse contrato está ativo simultaneamente ao contrato estabelecido entre Luiza, seus alunos e o saber calorimetria.

Devido à relação que foi anteriormente estabelecida no minicurso de extensão e que frente a outro ambiente institucional, ambas, a professora Luiza e a pesquisadora Rute, tiveram que adotar outras posturas. A respeito disso, podemos inferir que essa ruptura de Contrato Didático se torna intencional ao avaliarmos sob a perceptiva da pesquisadora e da nossa pesquisa, ao adotar uma postura de observação durante a aplicação da intervenção, tentando intervir o mínimo possível. Podemos ressaltar que não é comum a presença de outro elemento humano dentro das salas de aula que não seja professor e aluno. No entanto, quando a professora assume as suas funções didáticas frente à sua turma e abandona o seu papel inicial de aluna, ela ocasiona a ruptura de modo não consciente. A Figura 2 apresenta o sistema de dupla relação contratual.

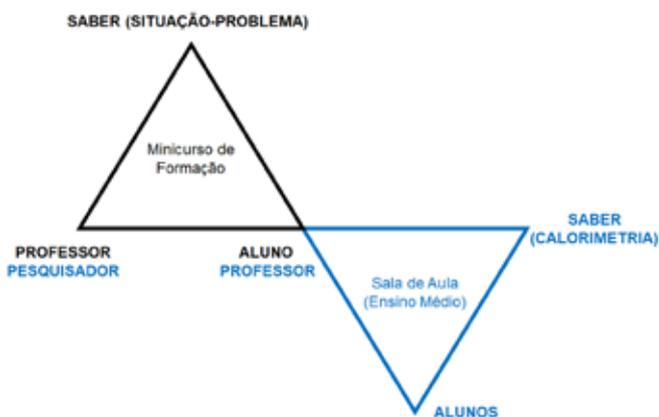


Figura 2: O sistema de dupla relação contratual. Fonte: elaborada pelos autores.

O primeiro recorte da nossa análise aponta para o momento que a professora Luiza olha para a pesquisadora e expressa uma expectativa positiva, dizendo: “*Essa relação a gente não tinha pensado..., mas é uma boa relação essa, porque, se fizer exercício a mais...*”. Não foi pensado, no momento de planejamento da intervenção didática, a possibilidade de resolução da Situação-Problema a partir da realização de exercícios para diminuir o sobrepeso. Na sala de aula os alunos propuseram algo que foi além do que se havia cogitado preliminarmente como uma das respostas possíveis, conforme recorte de aula apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Recorte de aula 1

A6: A relação da alimentação com o exercício físico tem que dar 1400 calorias por dia...
Luiza: É... tem que fazer um... tem que se equilibrar. Essa relação a gente não tinha pensado... (olha para a pesquisadora) mas é uma boa relação essa, porque, se fizer exercício a mais...
A6: Ele vai gastar mais energia...
Luiza: ...ele vai gastar mais energia, né verdade?

Podemos inferir algo a partir de uma constatação da professora Luiza: não se pode prever tudo durante o planejamento, pois existem diversas possibilidades de resoluções

para a Situação-Problema, e só na sala de aula que de fato as interações irão ocorrer, possibilitando mudanças no que se havia planejado. Talvez pela maioria dos estudantes desse grupo praticarem atividades físicas, eles pensaram em utilizar esse recurso como parte da resolução.

Outro ponto a ser discutido diz respeito à necessidade da professora Luiza ter uma certa “aprovação”, da pesquisadora Rute, para as hipóteses de resolução que os alunos estão levantando. Pode-se inferir que isso se deu pelo fato de que elas estavam discutindo os conceitos relativos à resolução de Situações-Problema no minicurso e, de certo modo, necessitar dessa aprovação para ter uma maior segurança de que os alunos estavam produzindo de acordo com os pressupostos dessa estratégia.

No decorrer da aula, como demonstrado no Quadro 2, é possível perceber na fala da estudante A10 umas das cláusulas do Contrato Didático, negociada no enunciado da Situação-Problema. A situação solicitava mudanças de hábitos alimentares que a personagem central deveria adotar para ter uma alimentação mais saudável e não ter mais dores estomacais.

Quadro 2: Recorte de aula 2

A10: Menina, não é pra falar exercício não, é só alimentação.
A9: Pra complementar...
A7: Não... não... O cara é sedentário.
Luiza: Pronto? Pode virar a cadeira para a frente. Tão conseguindo montar aí? Tá vendo, uns associam fazer atividade física e outros, só alimentação (olhando para a pesquisadora).

Essa mesma regra de contrato também foi aceita pela aluna A7, quando recusou a sugestão de A9 para acrescentar a prática de atividades físicas como uma das ideias para resolução da Situação-Problema. A aluna diz que a personagem é sedentária, informação que não foi dada na Situação-Problema, mas que ela utilizou para fundamentar a sua hipótese, evidenciando a sua aceitação da regra contratual. No final do recorte podemos perceber a professora Luiza fazendo a comparação de como cada integrante e/ou grupo estruturou as estratégias e hipóteses de resolução da Situação-Problema, e, mais uma vez, olha para a pesquisadora Rute e tece comentários positivos, baseada no contraste de respostas que a classe estava formulando a partir da negociação realizada na enunciação da Situação-Problema.

No recorte apresentado no Quadro 3 a professora Luiza solicitou a pesquisadora Rute uma decisão sobre o tempo para término da primeira resolução da Situação-Problema por dois grupos. Os grupos que haviam terminado esta primeira atividade solicitavam insistentemente para sair da sala, por não saber que naquele mesmo dia estava programada a aplicação do questionário para levantamento de concepções prévias.

Brito Menezes (2006) destaca uma das regras que se aplica a essa relação: o pesquisador não deve interferir no trabalho docente, devendo permanecer em silêncio e com

Ax: Já terminou... a gente pode sair?
Luiza: Não, não... ainda é 9:15h.
Ax: Mas peraí... a gente não vai matar ninguém não... atropelar ninguém não.
Luiza: Vira aí a cadeira pra frente, vira pra frente, faltam 3... **dou mais quantos minutos pra eles?** Ali o negócio tá bem elaborado...
Rute: Aqui terminou... só falta esses dois, né?

a câmera em punho. Podemos inferir que na fala da pesquisadora, na parte final do recorte, uma regra de Contrato Didático foi transgredida. Sua opção ao diálogo com a professora pode ser respaldada pela intenção em atender ao questionamento realizado e assim corresponder à expectativa de Luiza, ao invocar o Contrato Didático estabelecido no minicurso, no momento em que solicita um direcionamento na gestão do tempo.

Essas interações nos remetem a uma cláusula contratual: o planejamento e os ajustes da intervenção didática seriam realizados em conjunto com a pesquisadora. Esta cláusula foi firmada durante o minicurso de formação e na reestruturação das atividades.

O próximo recorte nos direciona inicialmente a uma negociação da professora Luiza com a pesquisadora Rute sobre o tempo necessário para o término da segunda atividade. Luiza decidiu entregar o questionário para levantamento de concepções prévias para os alunos somente após ter combinado com a pesquisadora um tempo de 30 minutos para sua conclusão e a possibilidade de alguns iniciarem a atividade sem todos terem finalizado a atividade anterior, como pode ser observado no Quadro 4.

Quadro 4: Recorte de aula 4

Ax: Pode ir no banheiro?
Luiza: Vai no banheiro e volta... por aí, ô vai ficar nove e meia... meia hora eles responderem esse questionário...
Rute: Pronto!
Luiza: Eles tão indo no banheiro agora. Era pra ter voltado os outros... vai logo, aproveita... **os outros já podiam ir respondendo, né? Ou não?**
Rute: Pode.
Luiza: Porque já vai adiantando...

Nesse momento, mais uma vez, foi enunciada a cláusula que remete ao planejamento conjunto da intervenção didática, seguida de duas rupturas do Contrato Didático ocasionadas pela comunicação entre a professora e a pesquisadora. Tal comunicação ocorreu no sentido de fazer ajustes no planejamento, que se tornaram necessários durante a aplicação da Situação-Problema e questionário de concepções prévias, para que os alunos dessem sequência ao andamento da aplicação da intervenção, enquanto outros finalizavam a primeira atividade.

Novamente a pesquisadora retorna à posição que ocupava

no minicurso de professora para atender à expectativa da sua aluna Luiza no contrato didático firmado no momento anterior. Essa necessidade de diálogo, estabelecido entre ambas as partes, tornam as marcas contratuais anteriores eminentes ao novo Contrato Didático, que estava sendo instituído nessa nova configuração de relação didática.

Encerramos essa análise com o Quadro 5, no qual percebemos uma ruptura ocasionada pela professora ao dar indicações de resolução do questionário de levantamento de concepções prévias. Acreditamos que esse seja um momento restrito aos estudantes, estando associada à sua produção individual, para possibilitar o levantamento do que eles já sabem sobre um determinado conceito.

Quadro 5: Recorte de aula 5

Luiza: E esse 1,60 m corresponde a que coisa quando eu digo?
Ax: Metro.
Luiza: Altura seria correspondente a esse valor, né? E o valor numérico geralmente tá associado a uma unidade, né?
Ax: Unidade de medida.
Luiza: Não sei... aí vocês é que vão ter que responder. Eu não podia nem interferir... podia não, né? (Olha para a pesquisadora)
A2: Pode deixar um quesito em branco?
Luiza: Pode...
Luiza: Que eu não consigo... a gente vai falando e vai puxando...

A ruptura ocasionada pode ser classificada por dois olhares. O primeiro associado ao caráter conceitual e metodológico, inerente a todos os momentos que envolvem a resolução de Situações-Problema e aplicação de um questionário de concepções prévias. Já o segundo olhar, quando Luiza explicitou e não cumpriu com os alunos o acordo, inicialmente firmado, de não intervenção durante a execução dessa atividade. Então, ao olhar para a pesquisadora faz a pergunta retórica: “*podia não, né?*”, como que revelando uma necessidade de aprovação da sua professora, para que ela assumisse uma postura de mediação mais ativa.

A sua retomada à cláusula conceitual também pode ser interpretada a partir da sua justificativa ao final do recorte: “*Que eu não consigo... a gente vai falando e vai puxando...*”, ao considerar que frustrou a expectativa da pesquisadora Rute, sob duas diferentes perspectivas: enquanto sua professora, para que ela colocasse em prática os aspectos conceituais e metodológicos dessa estratégia didática; e enquanto pesquisadora, para que a aplicação da estratégia didática tivesse o mínimo de interferência, para a construção de dados que não descaracterizassem a forma como foi conduzida a estratégia didática.

Discordamos em parte, quanto à sua segunda expectativa, pois o intuito do pesquisador é analisar os dados com o mínimo de interferência na dinâmica da sala de aula. Então, de certo modo, no cenário da pesquisa, os eventos em sala de aula devem ocorrer da forma mais natural possível, e

sabemos que muitas vezes o professor cede às pressões dos alunos para que ele adote um comportamento mais positivo. Como o nosso objetivo era o de analisar o Contrato Didático instituído na sala de aula a partir da abordagem de resolução de Situações-Problema, reiteramos que não existe o bom ou mau contrato, firmado a partir das relações didáticas, e sim o Contrato Didático, firmado por meio das interações entre o professor, seus alunos e um saber, que no caso desse estudo, foi o de calorimetria.

Considerando mais uma vez o recorte de aula 5, após a retomada pela professora Luiza da cláusula conceitual, que ocasionou em sua recusa em prestar ajuda aos estudantes, há um rompimento de outra cláusula, evidenciado quando ela respondeu positivamente ao aluno A2, que por não saber a resposta perguntou: “*Pode deixar um quesito em branco?*”. Essa intervenção aponta para uma cláusula comum às diversas relações contratuais: a de que toda a atividade que o professor dirige ao estudante deve ser respondida, mesmo que o aluno não saiba, pois ela deve estar baseada em algum conhecimento que ele deveria possuir.

Notamos que essas rupturas decorreram de três expectativas que a professora queria atender, sendo a primeira relacionada aos alunos, pois eles solicitam que ela continue seguindo as marcas de um contrato anteriormente estabelecido. As outras duas estavam associadas à expectativa que ela acreditava que a pesquisadora/professora possuía em relação a ela, que já foram discutidas anteriormente. Assim, a professora se encontrou em uma situação paradoxal, pois se prosseguisse com as antigas cláusulas, não atenderia aos objetivos da nova proposta e não corresponderia à expectativa da sua mentora. Por outro lado, se fizesse a opção por negociar novos acordos didáticos, poderia ocasionar pontos de possíveis rupturas e novas possibilidades de aprendizagem pelos alunos.

Algumas Considerações

A análise e discussão dos dados nos indicaram que a escolha pela comunicação entre a professora e a pesquisadora, bem como as rupturas no novo Contrato Didático podem ser relacionadas à troca de posição dos polos da relação didática. Enquanto que no minicurso a professora/pesquisadora Rute dizia o quê e como deveria ser feito, na sala de aula houve uma mudança de papéis. Todavia, permaneceram algumas marcas do Contrato Didático anterior que se sobrepuseram às regras do novo contrato que estava sendo negociado.

Este estudo foi marcado por rupturas intencionais e não intencionais, mesmo sendo realizadas de forma inconsciente pela professora. Elas se revelaram primordialmente na escolha da aplicação dessa nova estratégia didática em sala de aula e a partir da sua aceitação ou não pelos alunos. Percebemos que, na maioria das vezes, a dinâmica da sala

foi sendo modificada, na medida em que a professora Luiza foi precisando constantemente negociar novos acordos didáticos, e que os alunos precisavam abandonar velhos hábitos e estarem abertos à nova forma de aprender o conteúdo de calorimetria.

Acrescentamos que, devido à relação simultânea de dois Contratos Didáticos Luiza precisou que os alunos atendessem às expectativas dela, para que ela pudesse atender à expectativa da pesquisadora. Percebemos que o que alimenta e direciona essa relação dual são as expectativas que cada parceiro tem sobre o outro, sendo uma das bases da relação didática entre a professora Luiza e seus alunos, e que a motivou durante a aplicação da Situação-Problema. As rupturas que foram ocasionadas no interior dessa relação possibilitaram o estabelecimento de novas regras de Contrato Didático, e que pela aceitação ou não dessas novas regras, fosse conduzido um novo jogo didático.

Queremos acrescentar que a relação que a professora Luiza possui ao saber é um dos pontos fundamentais em uma situação didática. No minicurso essa relação estava ligada aos conceitos da abordagem baseada na resolução de uma Situação-Problema, enquanto que ao chegar na sala de aula esteve relacionada ao conteúdo calorimetria. Assim, a relação ao saber nos parece ser um bom contraste de análise, para direcionamentos futuros.

Por fim, queremos destacar que este estudo abre a possibilidade de expansão do número de debates e pesquisas possíveis a respeito desse tema, ao permitir a divulgação dos seus resultados para o público, podendo direcionar os estudos da Química ou de outra área a outra possibilidade de entendimento da dinâmica contratual em sala de aula.

Este estudo foi marcado por rupturas intencionais e não intencionais, mesmo sendo realizadas de forma inconsciente pela professora. Elas se revelaram primordialmente na escolha da aplicação dessa nova estratégia didática em sala de aula e a partir da sua aceitação ou não pelos alunos.

Larissa Oliveira de Souza (lariecastro@yahoo.com.br) é licenciada em Química e mestra em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e especialista em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal de Pernambuco. É professora da rede pública de ensino de Pernambuco. Camaragibe, PE – BR. **José Euzebio Simões Neto** (euzebiosimoes@gmail.com) é licenciado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), mestre e doutor em Ensino das Ciências pela UFRPE. É professor adjunto do Departamento de Química da UFRPE. Recife, PE – BR. **Anna Paula de Avelar Brito Lima** (apbrito@gmail.com) é graduada em Psicologia, mestra em Psicologia Cognitiva e doutora em Educação pela UFPE. É professora do Departamento de Educação da UFRPE. Recife, PE – BR.

Referências

- ALMOULOU, S. A. *Fundamentos da didática da matemática*. Curitiba: UFPR, 2007.
- BATINGA, V. T. S. e TEIXEIRA, F. M. Abordagem de resolução de problemas por uma professora de química: análise de um problema sobre a combustão do álcool envolvendo o conteúdo de estequiometria. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 1, p. 24-52, 2014.

BRITO, C. R. N. *Análise das negociações e efeitos do contrato didático na aula referente à abordagem do conteúdo de líquidos e soluções líquidas no ensino superior de química*. Monografia (Licenciatura em Química). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2012.

BRITO MENEZES, A. P. A. *Contrato didático e transposição didática: inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental*. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

D'AMORE, B. *Elementos de didática da matemática*. São Paulo: Livraria da Física, 2007.

FREITAS, J. L. M. Situações didáticas. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). *Educação matemática: uma (nova) introdução*. São Paulo: EDUC, 2007.

JONNAERT, P. Dévolution versus contre-dévolution! Un tandem incontournable pour le contrat didactique. In: RAISKY, C.

e CAILLOT, M. (Orgs.). *Au-delà des didactiques, le didactique*. Bruxelas: De Boeck & Larcier, 1996.

_____. O sócio construtivismo na formação de professores. In: JONNAERT, P. e BORGHT, C. V. *Criar condições para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MEIRIEU, P. *Aprender... sim, mas como?* 7ª ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SARRAZY, B. Contrat didactique. *Revue Française de Pédagogie*, n. 112, p. 85-118, 1995.

SILVA, B. A. Contrato didático. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). *Educação matemática: uma (nova) introdução*. São Paulo: EDUC, 2007.

SOUZA, L. O. *O contrato didático na abordagem das propriedades periódicas dos elementos químicos na licenciatura em química*. Monografia (Licenciatura em Química). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

_____; SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, F. C. V. e BRITO LIMA, A. P. A. Uma análise das pesquisas brasileiras envolvendo contrato didático de conteúdos químicos e físicos. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 7, n. 2, p. 109-122, 2017.

Abstract: *The Dynamics of the Didactic Contract in the Teaching of Calorimetry by Situation-Problem Resolution: The Simultaneity of Two Contractual Relationships.* In this study, we seek to analyze the didactic contract in the elaboration and application of a didactic intervention centered on the resolution of problem situations. The proposed methodology was composed of a mini-course for in-service chemistry professors and PIBID scholarship students working in the 2nd year of High School, with the purpose of instrumentalizing them for the construction and application of didactic interventions based on problem-solving with the chemical content that they would be working in the classroom. Later we accompanied the teacher Luiza in the application of her didactic intervention. In this article, we present one of the three situations of analysis that we carried out: the simultaneity of two contractual relations existing when the teacher applies the intervention in the classroom. The data revealed the maintenance of the didactic contract established in the mini course, which continues to be valid parallel to the didactic relationship that the teacher establishes with her students in the classroom.

Keywords: didactic contract, problem-situation, calorimetry

Identificando Compromissos Epistemológicos, Ontológicos e Axiológicos em Falas de Licenciandos Quando Discutem uma Questão Sociocientífica

Identifying Epistemological, Ontological and Axiological Commitments in Pre-Service Chemistry Teachers' Speeches as They Discuss a Socio-Scientific Issue

Bruna H. S. Bezerra e Edenia M. R. do Amaral

Resumo: Questões com relevância social e científica favorecem a abordagem de conceitos científicos associados a situações vivenciadas pelos sujeitos e podem promover a articulação entre diferentes perspectivas e visões que eles expressam sobre essas questões. Neste trabalho analisamos a heterogeneidade de modos de pensar que emergiram na fala de licenciandos de química, quando foi abordada uma Questão Sociocientífica (QSC) sobre combustíveis e impactos ambientais, em um minicurso. Foram analisadas ideias mobilizadas por um grupo de licenciandos na discussão sobre diesel, etanol e gasolina, considerando, entre outros aspectos, a capacidade de produção de energia, entalpia, preço, rendimento e impactos ambientais que estão implicados em processos de obtenção e uso desses combustíveis. Textos de apoio foram disponibilizados aos licenciandos, que deveriam tomar uma decisão sobre um tipo de automóvel a ser adquirido. Transcrições de falas e registros escritos foram analisados e diagramas temáticos foram desenhados, buscando identificar e representar relações semânticas estabelecidas entre itens temáticos usados pelos licenciandos. Ao longo das discussões no grupo, verificamos uma aproximação entre ideias sobre combustíveis e energia (fontes e produção) e, dessa forma, identificamos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos associados a modos de pensar energia como algo material, funcional ou agente de transformação. A decisão do grupo foi tomada a partir de uma negociação articulada de fatores que envolviam alguns desses compromissos.

Palavras-chave: Perfil Conceitual. Questões Sociocientíficas, Energia e Combustíveis.

Abstract: Issues with social and scientific relevance favor the approach of scientific concepts associated with situations experienced by individuals and can promote the articulation among different perspectives and views that they express on these issues. In this work, we analyzed the heterogeneity of modes of thinking that emerged in pre-service chemistry teachers' speeches, when a Socio-Scientific Issue (SSI) on fuels and environmental impacts was proposed in a short course. We analyzed the ideas mobilized by a group of pre-service chemistry teachers from discussions on diesel, ethanol and gasoline, considering, among other aspects, calorific value, enthalpy, price, yield of motor fuel and environmental impacts that are implicated in processes of obtaining and using of these fuels. Supporting texts were made available to the pre-service chemistry teachers, who should make a decision on a type of car to be purchased. Transcripts of speeches and written registers were analyzed, and thematic diagrams were designed, seeking for identifying and representing semantic relationships between thematic items used by the pre-service chemistry teachers. Throughout the discussions in the group, we could realize an approximation between ideas about fuels and energy (sources and production) and, in this way, we were able to identify epistemological, ontological and axiological commitments associated with modes of thinking on energy as something material, functional or agent of transformation. The decision of the group was taken from an articulated negotiation of factors that involved some of these commitments.

Keywords: Conceptual Profile. Socio-Scientific Issues. Energy and Fuels.

Bruna Herculano da Silva Bezerra (bruna.herculano4@gmail.com) concluiu Licenciatura em Química na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestrado em Ensino de Ciências (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC)-UFRPE) e Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática no PPGEC-UFRPE. Atualmente é professora da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da UFRPE, Serra Talhada, PE – BR. **Edenia Maria Ribeiro do Amaral** (edeniamramaral@gmail.com) concluiu Engenharia Química e Mestrado em Ciências e Tecnologias Nucleares na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Doutorado em Educação na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é docente permanente no PPGEC-UFRPE e atua no Curso de Licenciatura em Química da UFRPE, campus Recife, Recife, PE – BR.

Recebido em 31/08/2018, aceito em 25/10/2018

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

Documentos curriculares e pesquisas vêm há algum tempo apontando para a necessidade de abordagens articuladas entre conteúdos científicos e realidades vividas pelos sujeitos, de forma a significar a aprendizagem da ciência escolar. Entre diferentes perspectivas desenvolvidas nessa direção – projetos didáticos, abordagem ao cotidiano, contextualização, estudos de casos, situações problemas, e outros – o uso didático de questões com relevância social e científica tem tido destaque em pesquisas sobre educação em ciências (Galvão e Reis, 2008; Sadler e Zeidler, 2005; Sadler, 2011; e Martínez Pérez e Carvalho, 2012). Questões sociocientíficas emergem no contexto das discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e ganham autonomia enquanto estratégias ou recursos que podem instrumentalizar as ações no processo de ensino e aprendizagem de ciências (Zeidler *et al.*, 2005).

Para Sadler (2004), Questões SocioCientíficas (QSC) são questões sociais controversas que têm relações conceituais e/ou processuais com a ciência e podem ser caracterizadas como problemas abertos, sem soluções claras, ou que tendem a ter múltiplas soluções plausíveis. Segundo o autor, respostas ou soluções para QSC podem ser informadas pelos princípios da ciência, teorias e dados, no entanto, não podem ser totalmente determinadas pelas considerações científicas (Sadler, 2011). Pode-se considerar que as QSC trazem dilemas e problemas que para serem resolvidos sofrem influência de diversos fatores: sociais, econômicos, políticos, éticos e outros.

A abordagem de QSC no ensino de ciências busca especificamente capacitar os estudantes a considerarem como decisões tomadas a respeito de questões sociais que envolvem o conhecimento científico refletem, por um lado, os princípios e qualidades morais da virtude que englobam suas próprias vidas, e por outro, o mundo físico e social ao seu redor (Sadler, 2004). Assim, uma educação científica pautada na abordagem de QSC pode mobilizar conhecimentos científicos e envolver questões éticas na construção de julgamentos morais sobre tópicos ou situações. Em contextos de ensino e aprendizagem, isso pode ocorrer a partir do estabelecimento de interações sociais entre os sujeitos para a produção de discursos em um processo dialógico de expressão de sentidos e compartilhamento de significados.

Para Ratcliffe e Grace (2003), QSC são questões que têm uma base científica e trazem problemáticas que podem ser avaliadas quanto às suas potenciais implicações e impactos causados na sociedade, a partir da mobilização do conhecimento científico de diferentes áreas. Os autores propõem um conjunto de aspectos que podem caracterizar uma QSC: [1] Podem ser abordadas por diferentes ângulos e são compreendidas frequentemente nas fronteiras de conhecimentos científicos de diferentes áreas; [2] Envolve formar opiniões, tomar decisões em nível pessoal ou social; [3] São frequentemente relatadas pela mídia, contudo é comum a apresentação de problemas com base “nas intenções do comunicador”; [4] Tratam de informações que trazem conflitos e incompletudes inerentes às evidências e relatórios científicos; [5] Abordam problemáticas de dimensões local, nacional e

global envolvendo aspectos políticos e sociais concomitantes; [6] Envolve alguma análise de custo e benefício em que o risco implica em questões de valores; [7] Podem envolver considerações sobre o desenvolvimento sustentável; [8] Envolve valores e raciocínio ético; [9] Podem exigir alguma compreensão de probabilidade e risco; [10] São frequentemente tópicos que se relacionam com a vida cotidiana. Nessa perspectiva, a abordagem de QSC no ensino de ciências possibilita tratar de implicações sociais e ambientais da ciência e tecnologia, e também refletir sobre visões pessoais dos estudantes e seus sistemas de crenças.

Quando abordamos QSC, trazemos para ou constituímos na sala de aula contextos que não necessariamente fazem parte do saber e fazer escolar clássico ou institucionalizado, mas que se referem a realidades vivenciadas pelos sujeitos e, muitas vezes, não estão contempladas nos conteúdos escolares das disciplinas. De acordo com Rodrigues e Mattos (2007, p. 24):

[...] trazer (para a sala de aula) um contexto de fora da escola (exofórico), é trazer não só os problemas, soluções e conhecimentos deste contexto, mas é trazer também todas as motivações, valores e fins das atividades que se desenvolvem nele, ou seja, trazer um contexto é trazer suas dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas.

Na abordagem de QSC no ensino e aprendizagem de ciências, problemáticas, soluções possíveis ou plausíveis, decisões e conhecimentos estão associados a um ou mais contextos diferentes, que favorecem a emergência de concepções ou representações que os sujeitos têm e que não necessariamente se alinham com uma visão científica do mundo. Dessa forma, o discurso produzido em sala de aula aponta para uma heterogeneidade de pensamento, quando os estudantes discutem sobre situações contextualizadas e/ou questões de natureza científica e social. Algumas pesquisas sugerem que frequentemente o público em geral (Pompe *et al.*, 2005) e licenciandos de graduação (Halverson *et al.*, 2009) ignoram ou negligenciam o conhecimento científico implicado em questões sociocientíficas, e processos de tomada de decisão são afetados por fatores diversos que não necessariamente envolvem ideias ou modelos científicos. Isso sugere que pode ser complexa a tarefa de tornar relevantes explicações científicas, quando valores e subjetividades se tornam predominantes na discussão de QSC, em sala de aula. Isso aponta para dificuldades na articulação de diferentes modos de pensar ou perspectivas sobre as problemáticas em foco.

Na literatura em ensino de ciências, vemos ressaltado que o uso da evidência científica, isto é, a dimensão epistemológica do conceito é um critério empregado com dificuldade para sustentar os processos argumentativos dos licenciandos (Sadler e Zeidler, 2005). Os autores sugerem que essa lacuna está relacionada com a dificuldade de o estudante articular conceitos científicos com situações concretas. Para Rodrigues e Mattos (2007), o processo de apropriação e de formação de

um conceito deve envolver a sua aplicação em situações reais, o que demanda articulações complexas de diferentes concepções e ideias vinculadas aos contextos vivenciados pelos sujeitos. Diversas pesquisas têm demonstrado que um conceito não tem apenas uma única representação, mas um perfil de representações com características não só epistemológicas, mas também ontológicas e axiológicas (Mortimer, 2000; Sodré, 2008; Sodré e Mattos, 2013; Bastos e Mattos, 2009; Mortimer *et al.*, 2014).

Essas considerações apontam para a necessidade de desenvolver estudos sobre a aprendizagem dos conceitos científicos considerando a existência de uma heterogeneidade do pensamento, na qual podem ser identificadas dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas na compreensão de ideias e modelos da ciência. Esse tipo de enfoque é feito no âmbito da teoria do perfil conceitual (Mortimer *et al.*, 2014), e neste trabalho, buscaremos articular as discussões sobre a abordagem de QSC a princípios constituintes dessa teoria.

Articulando QSC e Perfil Conceitual no Ensino de Ciências

A teoria do perfil conceitual tem como pressuposto a ideia de que um indivíduo apresenta diferentes formas de ver e conceituar o mundo e diferentes modos de pensar podem ser mobilizados por este indivíduo em diferentes contextos. A heterogeneidade do pensamento pode ser compreendida considerando que, em qualquer cultura e em qualquer indivíduo, existem diferentes tipos de pensamento verbal, não só uma forma única, homogênea de pensar (Tulviste e Hall, 1991). A heterogeneidade do pensamento verbal pode ser representada por diferentes modos de pensar, considerados a partir de significados socialmente construídos e estabilizados atribuídos a diferentes experiências vivenciadas pelos sujeitos (Mortimer *et al.*, 2014). Cada modo de pensar pode ser modelado como uma zona de um perfil conceitual. Dessa forma, perfis conceituais se constituem como modelos representativos da heterogeneidade do pensamento verbal, que estruturam diferentes modos de pensar em zonas caracterizadas por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos distintos.

Mortimer *et al.* (2014) apontam que a teoria do perfil conceitual toma por base uma síntese coerente de vários pressupostos consolidados na literatura: a perspectiva sociocultural – que possibilita a compreensão de perfis conceituais como ferramentas para estruturação e gênese dos diferentes modos de pensar sobre um mesmo conceito, que estão associados às experiências e as interações sociais e culturais dos sujeitos; a teoria da linguagem do círculo de Bakhtin (1929) – como base para a compreensão sobre a dialogicidade e intersubjetividade presentes na produção de enunciações; a teoria de Vygotsky (1962) sobre o desenvolvimento das funções mentais superiores, como base para a investigação da aprendizagem; e a análise das interações discursivas (Mortimer e Scott, 2002) para pesquisa da dinâmica discursiva em sala de aula, o que

possibilita a análise de formas de falar associadas a modos de pensar (Mortimer e Wertsch, 2003). Este último aspecto está fortemente relacionado ao pressuposto de que aprender ciência implica na aquisição e domínio da linguagem social da ciência escolar, que podem ser constituídos a partir da produção de discursos em sala de aula (Mortimer e El-Hani, 2013).

Na literatura, podem ser encontrados perfis conceituais propostos em diferentes áreas do conhecimento como a Biologia, Física e a Matemática, especificamente em Química, podemos citar alguns deles: átomo e de estados físicos da matéria (Mortimer, 1995; Mortimer, 2000), molécula (Mortimer, 1997; Mortimer e Amaral, 2014); calor (Amaral e Mortimer, 2001; Araújo e Mortimer, 2013); entropia (Amaral e Mortimer, 2004); substância (Silva, 2011; Silva e Amaral, 2013, Sabino e Amaral, 2018); energia (Simões Neto, 2016); Química (Freire, 2017) e outros. Trabalhos recentes têm investigado o uso de perfis conceituais propostos como ferramentas para o planejamento e análise do ensino e aprendizagem em sala de aula, com a proposição de estratégias e atividades didáticas desenhadas a partir de zonas desses perfis (ver Silva e Amaral, 2006; Sepúlveda, 2009; Sabino, 2015; Sabino e Amaral, 2015; Sabino e Amaral, 2018; Simões Neto *et al.*, 2015; entre outros). Neste trabalho, buscaremos identificar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos associados a diferentes modos de pensar identificados em discursos produzidos por licenciandos de química, quando discutem uma questão sociocientífica, considerando zonas de um perfil conceitual. Dessa forma, pretendemos aprofundar a compreensão sobre as aprendizagens construídas no trabalho com QSC, em sala de aula.

A abordagem de QSC pode possibilitar a articulação de dimensões sociais, culturais, políticas, ideológicas e históricas da atividade humana, a partir da formação escolar. Com isso, ao trabalhar com QSC, o professor não lida apenas com conhecimento científico, mas, com diversos modos de pensar que emergem dos contextos constituídos em situações de estudo. Diferentes modos de pensar estruturados em zonas de um perfil conceitual apontam para compromissos epistemológicos, ontológicos ou axiológicos distintos que podem estar implicados nas ideias expressadas pelos licenciandos. Com isso, buscamos trabalhar com aproximações entre a teoria do perfil conceitual e a abordagem de QSC na sala de aula, enfatizando principalmente a relevância que os contextos ganham para a aprendizagem de conceitos e modelos científicos. Adotamos a perspectiva de que um contexto se constitui em situações de ensino e aprendizagem, a partir da complexificação da realidade e suas representações, sendo considerado como uma construção social, histórica e cultural compartilhada por meio das interações humanas e da linguagem (Rodrigues e Mattos, 2007). Dessa forma, diferentes modos de pensar associados a contextos diversos e modelados por zonas de um perfil conceitual poderão emergir na discussão das múltiplas dimensões implicadas em uma questão socio-científica. Neste trabalho, analisamos a abordagem de uma QSC sobre combustíveis e impactos ambientais, considerando

aspectos como a capacidade de produção de energia, preço, rendimento e impactos ambientais envolvidos em processos de obtenção e uso de três combustíveis – gasolina, etanol e diesel. Foram promovidas discussões de aspectos científicos, sociais, econômicos e ambientais relativos à escolha de um combustível para abastecer automóveis, no âmbito de um minicurso ofertado para licenciandos em química.

A caracterização de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos associados a diferentes modos de pensar foi feita principalmente considerando zonas de um perfil conceitual proposto para o conceito de energia (Simões Neto, 2016). Para o perfil conceitual de energia foram propostas seis zonas representativas de diferentes modos de pensar sobre o conceito: energia como algo espiritual ou místico – zona que reúne ideias associadas a contextos espirituais, místicos e/ou esotéricos; energia funcional/utilitarista – são consideradas ideias que circulam no senso comum ou contexto escolar, em que prevalecem a utilidade e a função da energia em processos e fenômenos; energia como movimento – a energia é compreendida de forma associada ao movimento dos corpos (contexto científico), ou como algo que pode produzir vento, velocidade, exercícios e esforço físico (contextos diversos); energia como algo material – a energia é vista como algo material ou quase material que pode ser armazenada; energia como agente causal das transformações – a energia é vista como algo que pode causar transformações físicas, químicas e bioquímicas numa visão determinística causal; e por fim, energia como grandeza que se conserva – relacionada a conceitos científicos de conservação e degradação de energia (Simões Neto, 2016; Simões Neto e Amaral, 2017).

Tomando por base o perfil conceitual de energia, estamos considerando uma abordagem na qual questões sobre energia subjazem às análises sobre fontes, composição, produção e uso de combustíveis. Com isso, buscamos identificar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que emergiram no processo de tomada de decisão desencadeado pela QSC proposta. Para Rodrigues e Mattos (2007), a dimensão epistemológica se refere ao “como” conhecemos um determinado objeto. Por exemplo, o conceito de energia pode ser compreendido a partir de uma perspectiva empirista ou racionalista sejam elas clássicas, relativísticas ou quânticas. Nessa dimensão, estão circunscritas diversas interpretações dadas aos conceitos científicos a partir de diferentes correntes filosóficas. A dimensão ontológica se refere à natureza dos objetos, neste caso, aponta para categorias ontológicas às quais os conceitos científicos são associados – material, eventos e abstrações (Chi, 1992) – na busca de responder “o que” é o objeto. A dimensão axiológica se refere aos valores atribuídos a determinados objetos e procura responder ao “por quê” das escolhas e fins associados aos mesmos. No nosso caso, diz respeito às motivações e intenções com as quais um conceito é ou não utilizado pelo indivíduo. Essas dimensões orientam o estudo sobre a polissemia dos conceitos e as diversas representações e significados que podem ser conferidos a eles dependendo do contexto de uso.

Aspectos Metodológicos

Esta pesquisa adotou uma abordagem qualitativa com caráter interpretativo e descritivo quanto ao método, à forma e aos objetivos aos quais se propõe investigar, considerando como fonte direta de dados o ambiente natural no qual se realiza, sendo os sujeitos pesquisados e as suas subjetividades uma preocupação investigativa (André, 2010). Os dados foram construídos no âmbito do minicurso intitulado “Combustíveis e impactos ambientais: construindo relações entre contextos e perfis conceituais”, ofertado no IV Encontro de Química e Formação Docente, promovido pelo Curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública no estado de Pernambuco.

O minicurso foi proposto e desenvolvido pelo grupo de pesquisa do qual as autoras fazem parte, no qual foram discutidas e elaboradas QSC a partir de temas envolvendo diferentes situações de obtenção e uso de combustíveis diversos – gasolina e outros combustíveis (tema 1), etanol (tema 2), gás natural e biodiesel (tema 3) – e uma QSC que tratava da obtenção e uso de energia eólica (tema 4). O minicurso teve 4 horas de duração e contou com a participação de cerca de 40 licenciandos de diferentes períodos do curso, que foram divididos em 6 grupos – dois grupos trabalharam com o tema 1, dois grupos com o tema 2, um grupo com o tema 3 e um grupo com o tema 4. Em cada grupo, atuaram pelo menos dois monitores do grupo de pesquisa. Para este trabalho, fizemos a análise da discussão de um grupo composto por cinco licenciandos, que cursavam 3^o, 6^o e 7^o períodos da licenciatura, e que discutiram o tema 1. Para o tema 1, foi proposta uma QSC intitulada “Etanol, gasolina ou diesel: limites, riscos e benefícios no uso desses combustíveis,” considerando aspectos da natureza química, produção, custos desses produtos e impactos ambientais que podem causar.

As atividades no minicurso foram organizadas nas seguintes etapas: (a) Aplicação de um questionário para traçar um perfil e fazer levantamento de concepções dos licenciandos; (b) Apresentação dos objetivos do minicurso, e leitura de todas as QSC envolvidas nos 4 temas – em cada tema, foram propostas questões e solicitadas decisões a serem tomadas e para nortear a discussão dos grupos, foram disponibilizados textos e infográficos; (c) Discussão dos temas e textos pelos grupos e elaboração de respostas escritas para as questões propostas, em fichas disponibilizadas, buscando justificar a decisão tomada pelo grupo; (d) Apresentação das respostas e decisões tomadas por cada grupo a todos os participantes. As apresentações dos grupos foram videogravadas e as discussões nos pequenos grupos foram gravadas em áudio, as respostas ao questionário e as fichas de respostas preenchidas foram recolhidas como registros para posterior análise. Neste trabalho, é apresentada a análise de transcrições de áudio e vídeo gravados durante as discussões de um grupo (5 licenciandos) sobre o tema 1.

Para a identificação de modos de pensar, foram analisadas formas de falar dos licenciandos, a partir da semiótica social, com a construção de diagramas de padrões temáticos (Lemke,

1997). Com isso, buscamos caracterizar sentidos e significados atribuídos a conceitos ou termos, a partir de relações semânticas estabelecidas pelos licenciandos para itens temáticos. Diagramas temáticos foram propostos por Lemke (1997) para representar graficamente o padrão temático produzido por um indivíduo ou grupo de indivíduos nas interações discursivas em sala de aula ou em discursos produzidos sobre um tópico da ciência. De acordo com o autor, em um diagrama temático, termos são designados como itens temáticos, que podem ser abstratos, conceituais, e expressos por uma ou mais palavras. Esses itens temáticos estão conectados uns aos outros por meio de relações semânticas. As relações semânticas descrevem como os significados atribuídos a pelo menos dois itens temáticos se encontram relacionados quando eles são usados para falar sobre um tópico particular, e constituem uma generalização das diferentes formas gramaticais de expressar esta relação (Lemke, 1997; Sepulveda *et al.*, 2011; Rodrigues e Pereira, 2015). Lemke (1997) propõe uma lista de relações semânticas mais comuns e o modo como são nomeadas em diferentes teorias semânticas e gramaticais. No Quadro 1 apresentamos algumas das relações semânticas propostas pelo autor.

Neste trabalho, itens temáticos e relações semânticas foram identificados nas falas dos licenciandos para a construção de diagramas temáticos, a partir dos quais analisamos diferentes modos de pensar, considerando compromissos específicos que emergem na discussão sobre a QSC e no processo de tomada de decisão. Como colocado anteriormente, tomamos como referência alguns pressupostos da teoria do perfil conceitual

(Mortimer *et al.*, 2014), para identificar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que estão implicados em diferentes modos de pensar, estruturados em zonas de perfis conceituais.

Análise das Interações Discursivas: Caracterizando Modos de Pensar e Formas de Falar que Emergem na Abordagem de QSC

Após responderem ao questionário inicial, os 5 licenciandos foram convidados a trabalhar com a seguinte situação:

“Historicamente, o petróleo tem sido a matéria-prima mais utilizada como fonte de combustível. Porém, como é um recurso não renovável, as reservas dessa matéria-prima sofrem ameaças de esgotamento. Atualmente, o mercado automobilístico oferece opções de veículos que se movem com diferentes tipos de combustíveis. Joaquim foi a uma concessionária e, entre as opções para compra de um carro, havia um carro com motor *flex* e outro movido a diesel, além dos carros movidos a gasolina. Construa respostas para as questões abaixo: Qual a melhor escolha para Joaquim? E por quê? Que fatores devem ser levados em consideração no momento da compra de um carro? O etanol e o diesel são combustíveis que podem substituir a gasolina? Ao procurar novas fontes de energia e novos combustíveis, quais fatores deverão ser levados em conta?”.

Quadro 1: Algumas relações semânticas entre itens temáticos propostas por Lemke (1997)

Tipos de relação semântica	Classificação e descrição
Relações Nominais	Atributiva: <i>atributo/portador</i> ou <i>atributo/coisa</i> que se refere a características descritivas ou qualificadoras do nome.
	Classificadora: <i>classificador/coisa</i> – refere-se a uma característica ou um tipo que identifica uma subclasse de uma classe principal.
	Quantificadora: <i>quantificador/coisa</i> que se refere a características quantitativas que podem ser expressas por números, e podem ser contadas.
Relações Taxionômicas	Mostra: <i>mostra/tipo</i> – referente a um exemplo individual do tipo ou classe.
	Hiponímia: <i>classe subordinada/classe supraordenada, subconjunto/conjunto e conjunto/superconjunto</i> – refere-se ao nome de uma categoria que cabe dentro de alguma categoria mais geral.
	Sinonímia: <i>sinônimo/sinônimo</i> que se refere a expressões com o mesmo significado em um contexto.
	Antonímia: <i>antônimo/antônimo</i> – que se refere a expressões com significados distintos em um contexto.
Relações de Transitividade	Agente: <i>agente/processo</i> que se refere à causa ou ao responsável por um processo.
	Meta: <i>processo/meta</i> – refere-se a uma entidade que se faz objeto da ação, ou que atua sobre ele.
	Paciente: <i>paciente/processo</i> que se refere à entidade em relação a qual o processo ocorre.
	Identificação: <i>identificado/identificador</i> – refere-se a expressões que identificam ou caracterizam o objeto.
Relações Circunstanciais	Localização: <i>localização/localizado</i> – expressa a relação espacial de entidades ou processos.
	Material: <i>matéria/processo</i> – expressa a matéria e/ou o material envolvidos no processo.
	Forma: <i>forma/processo</i> que se referente à forma, à maneira, meios/instrumentos pelos quais ocorre o processo.
	Razão: <i>processo/razão</i> – expressa a causa, o propósito, a razão do processo.

Fonte: Lemke (1997).

Considerando os aspectos apontados por Ratcliffe e Grace (2003) como características de QSC, a situação proposta aos licenciandos se caracteriza como um QSC porque: (a) pode ser abordada por diferentes ângulos (científico, social, ambiental, econômico, ético) e compreendida nas fronteiras de conhecimentos científicos de diferentes áreas; (b) os questionamentos envolvem formar opiniões, tomar decisões em nível pessoal ou social, e implicam em reflexões sobre a utilização dos combustíveis e seus impactos sociais e ambientais; (c) leva os sujeitos a avaliar preços dos combustíveis, custos e impactos ambientais da sua produção; (d) envolve fatos que são frequentemente relatados pela mídia e estão presentes em propagandas comerciais, apontando vantagens e desvantagens de diferentes tipos e rendimentos de motores e preços de combustíveis; (e) a questão pode ser tratada tanto considerando a dimensão local – o preço dos combustíveis na cidade, a escolha pessoal dos envolvidos quando abastecem seus veículos e os impactos locais dessa decisão – quanto considerar as dimensões nacional e global: produção dos combustíveis, impactos sociais e ambientais da produção e da utilização de combustíveis em veículos motores, aspectos políticos e sociais relacionados com a produção e comercialização de combustíveis; (f) as respostas para as questões e a decisão dos licenciandos implicam em análise de custo e benefício, de riscos, e envolvem valores e raciocínio ético.

A situação apresentada se consolida como uma QSC, ao envolver os licenciandos na discussão de questões que promovem interação dialógica, de forma que todos podem expressar suas posições individuais e ouvir a posição dos colegas na busca de construir argumentos para uma tomada de decisão pelo grupo (Driver *et al.*, 2000). Dessa forma, os licenciandos lidam com evidências e conflitos que envolvem a QSC considerando os aspectos científicos entre outros aspectos a serem considerados, quando desenvolvem seus pontos de vista imprimindo valor ao discurso produzido em sala de aula. A importância do discurso produzido em sala de aula no desenvolvimento do raciocínio moral tem sido amplamente demonstrado em pesquisas na literatura (ver Guimarães *et al.*, 2010; Guimarães, 2011; Sadler e Zeidler, 2005), considerando que as interações discursivas podem oferecer uma oportunidade para os sujeitos reverem suas crenças, seus pontos de vista e modos de pensamento com relação aos processos estudados. De acordo com Zeidler *et al.* (2005), a abordagem de QSC além de proporcionar a produção de discursos, pode enfatizar o papel crucial que este desempenha em sala de aula, nas interações entre os pares, e seu impacto nos modos de pensar dos estudantes.

Com a situação apresentada, buscamos identificar os conhecimentos mobilizados pelos licenciandos nas possíveis justificativas para a decisão sobre o carro a ser adquirido. Havia a expectativa de que diferentes formas de falar sobre conceitos de substância, calor, energia e outros pudessem emergir nas falas dos licenciandos. Analisamos as interações discursivas entre os licenciandos a partir de três episódios (E1, E2 e E3) – o primeiro (E1), extraído do momento em foi feita a leitura

da QSC e dos textos complementares seguida da discussão da problemática pelo grupo. O segundo episódio (E2) foi extraído do momento em que as ideias iniciais foram retomadas, negociadas e o grupo tomou uma decisão consensual. E, finalmente, fizemos a análise da apresentação que o grupo fez a todos os participantes do minicurso, sobre a QSC, a discussão e a decisão feitas no grupo, no episódio 3 (E3).

Em cada episódio, nomeamos a fala dos licenciandos como L1, L2, L3, L4 e L5, a dos monitores que mediarão a discussão, como M1 e M2, e os enunciados foram subdivididos em turnos de falas. Os episódios foram escolhidos por apresentar “um conjunto de enunciados que cria um contexto [...]” (Amaral e Mortimer, 2006, p. 257), e algumas ideias relevantes para a análise foram destacadas em negrito para que itens temáticos fossem identificados posteriormente.

No episódio 1, depois da leitura da QSC, os licenciandos utilizaram ideias do senso comum para justificar uma escolha aligeirada pela compra do carro de motor *flex* – por exemplo, eles mencionaram: a possibilidade de escolha de um ou outro combustível sem explicitar características dos combustíveis usados em um motor do tipo *flex* (“L2 – *diversidade de opção de combustíveis...*”); mencionaram ser um tipo de carro que produz menor impacto ambiental e trazer a possibilidade de abastecimento a um custo menor (L1 – *O álcool é mais barato que a gasolina*). De uma forma geral, na discussão inicial, analisada a partir do episódio 1, os licenciandos pareceram à vontade para expressar ideias que circulam no senso comum e, dessa forma, aspectos científicos, ambientais e econômicos foram discutidos superficialmente. Nessa perspectiva, consideramos que inicialmente os licenciandos não fizeram um esforço de análise da QSC nos seus diferentes aspectos, e as ideias foram apresentadas de forma pouco comprometida com a construção de uma justificativa fundamentada para a escolha que o grupo iria fazer. Isso sugere que a situação colocada para discussão não promove o engajamento de forma imediata ou automática, é necessário que sejam adotadas estratégias para fundamentar e promover os debates. No caso do minicurso, eles foram solicitados a ler textos sobre as características físico-químicas dos combustíveis, processos de produção e impactos ambientais, e preencher fichas com várias questões.

Ao longo das discussões no grupo, ideias inicialmente vagas foram sendo enriquecidas com a consideração de outros aspectos que envolviam a situação proposta – matéria-prima (fonte de energia), rendimento, poder calorífico, entalpia de combustão, entre outros. Os licenciandos passaram a buscar no texto de apoio argumentos mais consistentes que justificassem uma escolha a ser feita pelo grupo. Apresentamos um trecho do episódio 2, no qual são mostrados alguns desses aspectos.

Nesse trecho do episódio 2, verificamos que a discussão envolve tanto ideias vindas das percepções e visões dos licenciandos quanto aquelas apresentadas nos textos, e diferentes pontos de vista são mobilizados. É interessante apontar que alguns sentidos atribuídos ao uso dos diferentes combustíveis

Trecho do episódio 2: Discussão sobre diversos fatores considerados para a decisão do grupo

1	L3 – Vamos! Quais fatores devem ser levados em consideração no momento da compra, de acordo com o texto? Toda aquela questão, tipo: dos impactos ambientais, do preço e do rendimento do motor, poder calorífico e entalpia de combustão . Só que aí Joaquim não iria pensar em algumas coisas né?
2	M2 – Com certeza!
3	L3 – Joaquim não iria pensar no poder calorífico ... Acho que realmente ele só iria pensar no preço do combustível e só.
4	M2 – Mas e aí...
5	L3 – Mas aqui a pergunta é: ‘os fatores que nós devemos levar em consideração ou Joaquim?’
6	M2 – Vocês!
7	L3 – O que a gente poderia dizer para Joaquim né?! Joaquim, amigo senta aqui vamos conversar... Aí são esses fatores que eu falei agora, poder calorífico, a entalpia de combustão, os impactos ambientais, o preço , o preço também tem que pensar no preço...
8	L1- Mas aí se for pensar nisso aí vai ter coisa que vai chocar e ele não vai conseguir comprar nada porque não vai existir uma coisa ‘mix tudo’ tá ligado? Ele vai precisar escolher (algum ponto) como prioridade. O que é que a gente vai dizer que ele tem que escolher como prioridade, é isso que a gente tem que ver. Vamos fingir por um minuto que a gente não é capitalista, se pintar de vermelho por um minuto e vamos fingir que a gente é comunista.
9	L3 – Acho que a gente poderia elencar três fatores...
10	L4 – Impacto ambiental, preço...
11	L3 – Impacto ambiental, a questão do... Da questão energética porque aí a gente tem que pensar no desenvolvimento do motor , porque aí não vale a pena a gente comparar uma coisa que move pouco para consumir mais . Aí a gente vai gastar...
12	L2 – A questão econômica.
13	L3 – Que aí vai influenciar na questão econômica...
14	L2 – Isso aí é a questão econômica.
15	L3 – Mas eu estou falando tipo, a gasolina vai queimar vai liberar uma energia maior que a do álcool certo?!
16	L2 – Sim.
17	L3 – Só que ela é mais cara que o álcool certo?
18	L2 – Sim.
19	L3 – São coisas diferentes que chegam na mesma coisa; tipo, por mais que a gasolina seja mais cara ela vai fazer mais quilometragem em menos...
20	L2 – Isso aí não é economia não?
21	L3 – É. Só que para ele... Ele não vai entender... Ele vai achar que economia é só o preço da gasolina e o preço do álcool, está entendendo? O preço lá no visor e não no desenvolvimento.
22	L2 – Não, mas isso aí ele vai saber que a gasolina é mais cara, mas ela rende mais.
23	L3 – Nem todo mundo sabe!
24	L2 – Sabe sim!
25	L3 – Sabe não!
26	L2 – Sabe!
27	L5 – Acho que essa ideia do preço tabelado que você vai pagar litro e litro, tanto e tanto já é mais de antigamente; a galera hoje já tá visando a economia e a produção... E a quantidade de etanol... A capacidade , eles já estão correndo atrás de saber...
28	M2 – É o rendimento mesmo.

Fonte: Dados da pesquisa.

parecem ser compartilhados por vários licenciandos, sobretudo quando questões econômicas e ambientais são consideradas. Isso sugere a reprodução de ideias que circulam nas mídias ou em conversas informais que ocorrem em contextos sociais.

Com a ajuda do texto, houve maior diversificação de ideias nas justificativas dadas pelos licenciandos e parece ter sido estabelecido um processo de negociação de sentidos e significados entre eles. Por exemplo, são mencionadas: questões ambientais (turnos 1, 7 e 10); questões econômicas relacionadas com o

preço dos combustíveis (turnos 1,3,7,10, 17 e 21), e questões ideológicas (turno 8). Verificamos que os licenciandos apresentaram dificuldades de se situarem quanto ao problema a ser resolvido, quando eles buscaram definir se falavam por si ou em nome de Joaquim (personagem criado na situação). E, para a discussão de alguns pontos, eles usaram uma terceira pessoa como forma de não explicitar as suas próprias subjetividades (ver turnos 5, 7, 19, 21, 22 e 28). Isso pode se caracterizar como uma dificuldade em expressar seus pontos de vista, valores e

crenças para os colegas, principalmente neste caso, em que o grupo é formado de licenciandos de vários períodos, ou seja, os participantes do grupo não fazem parte de uma mesma turma.

Diferentemente do que foi observado no episódio 1, no episódio 2, os licenciandos mobilizaram diferentes conceitos químicos na discussão. Alguns itens temáticos foram marcados, tais como, questão energética (turno 11), energia (turno 15), poder calorífico (turnos 1, 3 e 7), entalpia de combustão (turnos 1 e 7), rendimento (turno 28), a comparação entre combustíveis a partir da energia liberada (turnos 15 e 22), entre outros. Esses aspectos foram listados juntamente com menções a questões ambientais (turnos 7 e 10) e econômicas (turnos 11, 22 e 27), ratificando a natureza interdisciplinar e a potencialidade de articulação entre as bases científicas e outras formas de conhecimento fronteiriças à ciência/química (Ratcliffe e Grace, 2003). É importante ressaltar, que no curto tempo do minicurso (4 h), não havia a expectativa de que esses conceitos fossem abordados em maior nível de complexidade. No entanto, em uma situação de aulas regulares, as conexões feitas pelos estudantes podem criar oportunidades para uma discussão mais complexa e articulada dos conceitos científicos. Por exemplo, articulando a questão energética e de combustíveis a aspectos políticos e ideológicos, conforme sugerido no turno 8 (L1), no qual o licenciando associa uma posição a ser tomada a pensamentos capitalista ou comunista.

Após a discussão do texto, os licenciandos fizeram uma sistematização das ideias discutidas em uma ficha de resposta que deveria trazer o posicionamento final do grupo. A ficha de resposta do grupo trazia o seguinte texto:

“A resposta do grupo foi pela compra do carro com motor *flex*. Porque ele possibilita o uso de duas **fontes de energia** que **prejudicam menos ao ambiente**, se comparados ao **diesel**. Os fatores que deveriam ser considerados seriam: **ambiental, poder calorífico, entalpia de combustão e econômico**. O **álcool** e o **diesel** podem sim substituir a **gasolina**, porém no caso do **diesel** não é muito viável por conta de que o mesmo **agrada mais o ambiente**. Na busca por novas **fontes de energia**, devem ser considerados os mesmos fatores que Joaquim deveria levar em consideração no momento da compra, tendo um olhar mais crítico para a **origem da fonte de energia**, quanto à **questão ambiental**”.

Na resposta escrita pelo grupo, verificamos que as ideias foram bem articuladas no sentido de justificar a escolha do carro que Joaquim deveria comprar. A decisão parece ter sido tomada levando em conta o menor impacto ambiental – aqui, ressaltamos um ponto importante: os licenciandos parecem ter concluído que todos os combustíveis usados nos diferentes tipos de motor causam algum tipo de impacto ambiental e que a escolha seria feita considerando aquele que traria menor

impacto. Se somente esse aspecto fosse considerado, o etanol seria apontado como o melhor combustível a ser usado no motor *flex*, mas essa observação não foi explicitada na resposta. Ao mencionar que foram considerados os aspectos do poder calorífico e entalpia de combustão dos combustíveis, provavelmente os licenciandos estavam se referindo aos valores observados em duas tabelas apresentadas no texto lido – uma que mostrava o poder calorífico, em termos de calor produzido, e outra que trazia a entalpia de combustão de vários combustíveis. Os licenciandos puderam constatar que, em termos de produção de calor, a gasolina seria o melhor combustível a ser usado (entalpia de combustão = -48.000 kJ/kg), seguido pelo diesel (entalpia de combustão = -45.000 kJ/kg) e o etanol (entalpia de combustão = -27.000 kJ/kg). No entanto, eles consideraram o maior impacto ambiental causado pelo diesel e o etanol foi considerado como uma opção mais viável, ainda que apresente menor entalpia de combustão. Apesar de ter sido muito comentado no episódio 2, o preço não foi mencionado na síntese da resposta. Isso sugere que os licenciandos optaram por não expor algumas ideias que circularam fortemente na discussão (ver turnos 3, 7 e 21) e que muitas vezes predominam no contexto social, quando pessoas optam por adquirir carro com motor movido a diesel, por questões econômicas (menor preço).

Alguns possíveis conflitos relativos aos diferentes aspectos considerados pelo grupo na escolha no carro a ser comprado por Joaquim foram expostos na apresentação do grupo, como mostramos no trecho do episódio 3.

No episódio 3, o representante do grupo (L3) mencionou algumas das ideias discutidas e justificou as respostas dadas pelo grupo às questões. Na fala de L3, aparecem termos e expressões que não estavam na ficha com a resposta escrita – por exemplo, “*diesel vai liberar metais pesados*”, a “*composição mesmo do combustível*” (sic) (turno 3) – mas que estavam nos textos complementares e foram comentadas na discussão. Além disso, podemos verificar que o preço é mencionado na apresentação (turno 1), ainda que não tenha aparecido na resposta escrita. A supressão de questões sobre o preço na resposta escrita sugere que o grupo adotou uma postura de não expor possíveis conflitos subjetivos, nos quais estão envolvidas questões de valores ou de ausência de conhecimento científico, conforme colocado: “*Isso para a gente fica mais claro porque a gente já tem um certo conhecimento ‘químico’, mas para uma pessoa que não teria acesso a essas informações não seria uma coisa tão simples, digamos assim... de pensar*” (turno 3). A declaração do licenciando parece apontar para a existência de diferentes pontos de vista sobre a situação proposta, mas sem a pretensão de fazer alguma articulação explícita sobre eles, e isso pode dificultar a reflexão sobre valores e atitudes (Guimarães *et al.*, 2010; Guimarães, 2011; Sadler e Zeidler, 2005), por exemplo, alguns licenciandos expressaram a importância que o preço do combustível teria nas escolhas dos sujeitos, no contexto social (ver episódios 1 e 2).

Ao analisar as interações discursivas que os licenciandos

Trecho do episódio 3: Apresentação do grupo sobre a decisão tomada a partir da situação proposta

1	L3 – Boa noite pessoal, nós ficamos também com a discussão sobre o álcool, a gasolina e o diesel no caso.... E o tema é esse aqui: ‘gasolina e outros combustíveis e tivemos duas situações das quais (apresentamos) a primeira: trata-se da escolha na compra de um carro, onde o motor seria um a diesel, um a gasolina ou um <i>flex</i> . E nesse caso, na nossa discussão, nós achamos que a melhor opção para o Joaquim, que é o rapaz que estava querendo comprar esse carro, seria o <i>flex</i> ... Acho que o grupo anterior também comentou a questão da diversidade de fontes energéticas né... Para ser explorada. E aí outra... indagação, né, que teve na situação: ‘quais os fatores que deveriam ser levados em conta...em consideração no momento da compra?’ aí discutimos também e podemos concluir que se deve levar em consideração a questão do poder energético do combustível, os impactos ambientais , a questão econômica , a questão do preço . E o que mais?
2	L2 – Só...
3	L3 – Só isso, né? A questão da entalpia de combustão também... Isso para a gente fica mais claro porque a gente já tem um certo conhecimento ‘químico’, mas para uma pessoa que não teria acesso a essas informações não seria uma coisa tão simples, digamos assim... de pensar. Aí nem todo mundo quando vai comprar um carro pensaria dessa forma... Aí a outra questão é: ‘o etanol e o diesel, se eles são combustíveis que podem ser substituídos pela gasolina... Aí a gente viu que sim, ele pode, no ponto de vista de combustível, ele pode sim ser substituído, mas que não é tão relevante por conta das questões ambientais né?...A gente viu durante o texto de apoio que a gasolina polui um pouco mais do que o álcool e que o diesel polui bem mais do que esses dois... Que aí tem a questão da... Composição mesmo do combustível , porque na composição do diesel vai liberar metais pesados , vai liberar metais pesados, enquanto que na gasolina e o álcool não... Vai liberar o CO₂ ... E aí a última pergunta da situação 1 é: ‘quais os fatores que deveriam ser analisados ao procurar uma nova fonte de energia?’ aí a gente discutiu e viu que são as mesmas anteriormente faladas... Só que com um enfoque maior nas questões dos impactos ambientais e se a fonte seria renovável ou não .

Fonte: Dados de pesquisa.

estabelecem ao longo de todo o processo culminando com a tomada de decisão pelo motor *flex*, é possível identificar, nas falas dos licenciandos, critérios que justificaram a decisão tomada coletivamente, são eles: científicos, ambientais, econômicos e/ou políticos, sociais e subjetivos, e tecnológicos. No Quadro 2, ilustramos cada um dos critérios considerados, marcamos itens temáticos e sugerimos alguns compromissos associados às falas dos licenciandos. Vale salientar que os itens temáticos grifados em negrito aparecem em outros turnos ao longo da discussão, principalmente dos episódios 1 e 2.

Com base nos dados e na síntese apresentada no Quadro 2, construímos um diagrama temático referente à decisão tomada pelo grupo, como mostrado na Figura 1. No diagrama temático, os itens temáticos estão representados com letras maiúsculas e as relações semânticas com letras minúsculas.

Entre os itens temáticos (IT) destacamos: a DIVERSIDADE DE FONTES (DE ENERGIA) (citado nos episódios 1, 2, 3 e ficha de resposta) que estabelece uma relação semântica *identificador/identificador* com o IT ÁLCOOL (ETANOL)/GASOLINA (episódios 1, 2, 3 e ficha de resposta) que, por sua vez, estabelece com outros quatro itens temáticos uma relação semântica de *coisa/atributo*: com o IT ENTALPIA DE COMBUSTÃO/VOLÁTIL/PODER CALORÍFICO (episódios 2, 3 e ficha de resposta), com o IT PREÇO (citado no episódio 1, 2 e 3), com o IT RENDIMENTO (DO MOTOR) (citado no episódio 2) e com o IT COMPOSIÇÃO (QUÍMICA) DO COMBUSTÍVEL (episódio 3). O IT PODER CALORÍFICO estabelece uma relação semântica de sinônimos com o IT PODER ENÉRGICO. O IT DIVERSIDADE DE FONTE ENERGÉTICA também estabelece uma relação semântica de *classificador/tipo* com o IT FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA (episódio 2) que estabelece uma relação semântica de *agente/processo* como IT TRANSFORMAÇÃO SOCIAL (episódio 2).

O IT QUESTÕES AMBIENTAIS (episódio 1, 2, 3 e ficha de resposta) estabelece duas relações semânticas: de *conjunto/subconjunto* com o IT POLUIÇÃO/LIBERAÇÃO DE CO₂/DIESEL (episódio 2, 3 e ficha de resposta), o IT LIBERA METAIS PESADOS (episódio 3) e com o IT IMPACTOS AMBIENTAIS (episódio 1, 2, 3 e ficha de resposta) e uma relação semântica de *sinônimos* com QUESTÕES AMBIENTAIS. E por fim, o IT POLUIÇÃO/LIBERAÇÃO DE CO₂/DIESEL estabelece relação semântica de *coisa/quantificador* com os IT O ÁLCOOL POLUI MENOS QUE A GASOLINA/O DIESEL POLUI MAIS QUE O ÁLCOOL OU A GASOLINA (episódio 2).

Considerando as relações semânticas que os itens temáticos presentes nas falas dos licenciandos guardam entre si, o diagrama revela que o grupo pauta sua decisão considerando a diversidade energética, isto é, a utilização do etanol ou da gasolina e seus atributos como substâncias combustíveis – poder energético, entalpia de combustão, volatilidade, composição química, rendimento e preço – sendo que a análise para a gasolina está predominantemente pautada no maior poder calorífico e rendimento e, para o etanol, prevalecem o menor impacto ambiental e o menor preço.

No âmbito da diversidade de energia, para os licenciandos a opção por fontes renováveis de energia representaria um processo de transformação social mais efetivo. Dessa forma, eles ressaltam a importância de considerar questões/impactos ambientais (tratados como sinônimos na fala dos licenciandos) – como poluição atmosférica, liberação de CO₂ e de metais pesados – na escolha de combustíveis, buscando comparar quantitativamente os impactos causados por cada um – *o álcool polui menos do que a gasolina, e o diesel polui mais do que o álcool e a gasolina*. Consideramos importante ressaltar o uso do termo álcool – denominação de um grupo funcional de

Quadro 2: Sistematização de critérios usados para a tomada de decisão do grupo e de itens temáticos

Critérios	Turnos/Enunciados	Compromissos
Científicos (químicos e físicos)	<p>Turno 20 (episódio 2): L3 – É exatamente! Só que a segunda questão, a segunda contextualização já traz essa questão da economia que a gente pode depois ver, que mesmo sendo mais barato às vezes não compensa. Porque tem a questão da... aqui (olha para o texto) ele fala... o poder calorífico, o quanto de energia ele vai liberar na queima de uma certa quantidade de massa... então se a gente fizer os cálculos, às vezes não vai compensar tanto.</p> <p>Turno 156 (episódio 2): L3 – Agora na questão do poder calorífico e na entalpia de combustão a gasolina e o diesel tão quase que equivalente, né?</p> <p>Turno 176 (episódio 2): L3 – Mas eu tô falando tipo, a gasolina vai queimar vai liberar uma energia maior que a do álcool certo?!</p> <p>Turno 194 (episódio 2): L3 – Só que o álcool é mais volátil...</p> <p>Turno 244 (episódio 2): L3 – Os fatores ambientais também né, o poder calorífico, entalpia de combustão... era só colocar rendimento energético.</p>	Os licenciandos parecem adotar compromissos epistemológicos, buscando conhecimentos científicos, socialmente legitimados, para justificar a opção a ser feita. O texto de apoio suporta essa busca.
Ambientais	<p>Turno 17 (episódio 1): L3 – E aí tem a questão da poluição também né, que até mesmo os textos de apoio eles trazem que o álcool polui menos que a gasolina. Ai a gasolina que consequentemente polui menos do que o diesel. O diesel nessa questão aqui a gente nem pensaria!</p> <p>Turno 244 (episódio 2): L3 – Os fatores ambientais também né, o poder calorífico, entalpia de combustão... era só colocar rendimento energético.</p> <p>Turno 246 (episódio 2): L3 – Com certeza! Aí é: questões ambientais e econômicas e os impactos ambientais e preços.</p> <p>Turno 249 (episódio 2): L2 – Ambiental?!</p> <p>Turno 273 (episódio 2): L1 – Vai ser basicamente impactos ambientais, como isso vai agredir. Se a fonte é renovável ou não.</p>	Os licenciandos associam outros conhecimentos (impactos ambientais) à decisão. A discussão parece ser guiada por questões de valor e cuidado com o ambiente – surgem compromissos ontológicos e axiológicos, além dos epistemológicos.
Econômicos e/ou Políticos	<p>Turno 19 (episódio 1): L4- Álcool é um dos mais baratos em relação a gasolina!</p> <p>Turno 20 (episódio 2): L3 – É exatamente! Só que a segunda questão, a segunda contextualização já traz essa questão da economia que a gente pode depois ver, que mesmo sendo mais barato às vezes não compensa...</p> <p>Turno 36 (episódio 2): L3 – Preço. Mas aí é que tá, eles não sabem essa parte da... da... da energia que é liberada numa determinada massa... tá entendendo? para poder fazer essa comparação! Eles realmente vão olhar o preço, uma vez ou outra vai colocar gasolina, para tipo sei lá... não danificar o motor ou alguma coisa do tipo.</p> <p>Turno 45 (episódio 2): L1 – Só que a gente tá num sistema que não dá para usar fontes renováveis onde o custo é maior do que o que eles vão receber como lucro!</p> <p>Turno 246 (episódio 2): L3 – Com certeza! Aí é: questões ambientais e econômicas e os impactos ambientais e preços.</p>	Os licenciandos incluem na discussão a questão do preço dos combustíveis e apontam para implicações econômicas e políticas. E ainda sugerem que os aspectos científicos são pouco conhecidos. A decisão aqui parece ganhar uma dimensão mais subjetiva e tende a ser feita a partir de compromissos axiológicos.
Sociais e subjetivos	<p>Turno 111 (episódio 2): L1 – Por que focar em álcool tá ligado? Porque vai chegar um momento que tudo vai parar e não (temos) uma fonte renovável de energia? Tá entendendo o que eu estou dizendo? O foco poderia ser energia eólica, energia solar... mas a gente tá indo de novo ali; para algo que seja orgânico, para quê? Tá entendendo o que eu estou dizendo? Porque nesse caso, ainda se for para você pesar: gasolina, petróleo, eita... gasolina\ petróleo... Tipo gasolina, diesel, álcool...é álcool, tá ligado? Mas se a gente fosse falar realmente de uma transformação social seria tipo energia renovável.</p> <p>Turno 41 (episódio 2): L2 – Acho que eu ficaria com álcool!!</p> <p>Turno 42 (episódio 2): L1 – Até porque na outra questão eu até respondi por fontes renováveis. Melhor escolha!!</p> <p>Turno 46 (episódio 2): L4 – Então eles não querem isso!! até porque eu sozinho não vou ter como fazer nada! Ficaria com álcool!</p> <p>Turno 47 (episódio 2): L1 – Não ia nem pesar por questão econômica, tá vendo esse álcool aqui? Dizem que polui menos e então seria esse aqui!! É bem por postura política!!</p>	L1 ressalta aspectos voltados para o contexto social – sugerindo que os conhecimentos sobre combustíveis e ambiente deveriam levar ao bem-estar social e que algumas decisões são tomadas no âmbito social (compromissos epistemológicos e axiológicos)
Tecnológicos	<p>Turno 106 (episódio 2): L1 – Mas mesmo assim em nível de extração de petróleo é muito perigoso, muito mais perigoso, pô. Tá ligado? Vê a quantidade de metais que tem aí. A gente dividiu por área de erosão aí, lá nos Estados Unidos, não no México, no Golfo do México, sei lá... tá ligado? que quebrou e depois ficou jogando petróleo. Porque foi a erosão lá que a plataforma...</p>	L1 fala de processos tecnológicos usados na extração de petróleo e de riscos ambientais (compromissos epistemológicos)

Fonte: Dados de pesquisa.

compostos orgânicos – para designar o etanol, um exemplar desse grupo funcional, o que ocorre comumente em contextos escolares e cotidianos.

O Quadro 2 mostra compromissos epistemológicos e axiológicos mobilizados ao longo do processo de tomada de decisão pelos licenciandos. Na escolha pelo motor *flex*, ao discutir

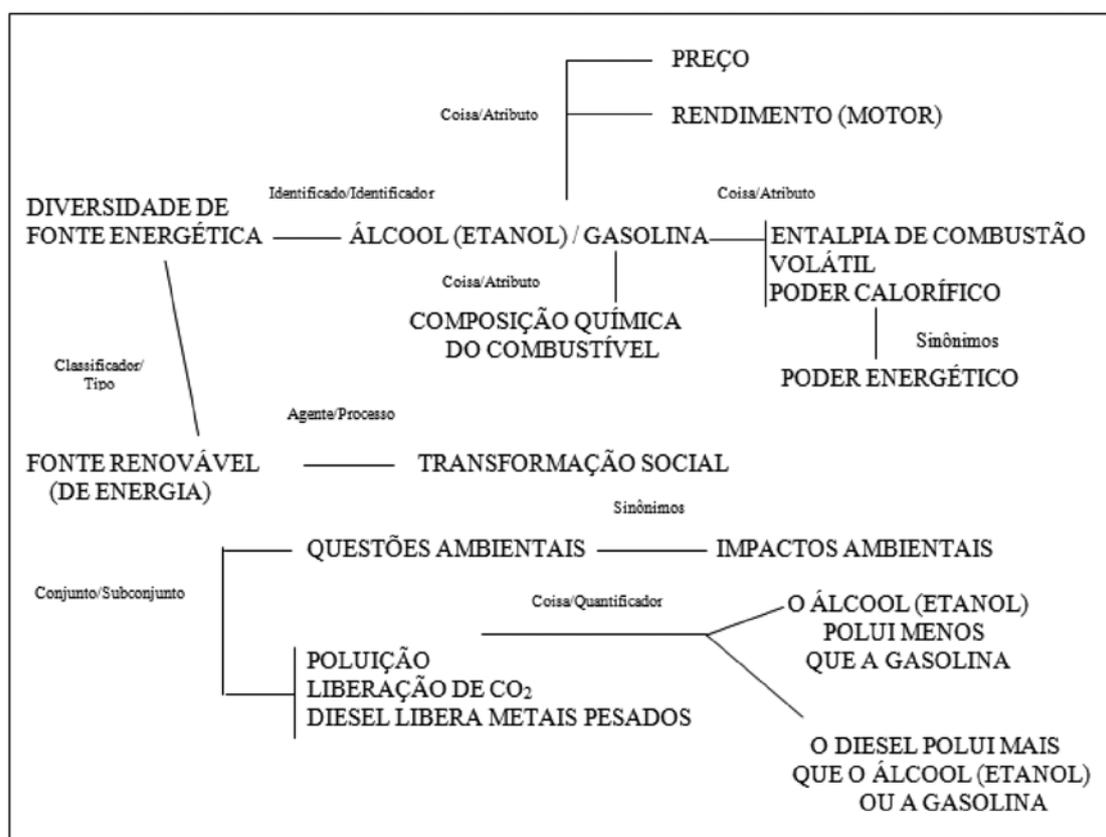


Figura 1: Diagrama de Padrão Temático para a QSC. Fonte: Elaboração própria.

aspectos químicos e físicos relacionados aos combustíveis (critérios científicos), os licenciandos apresentam ideias que trazem um compromisso epistemológico com a decisão a ser tomada. As concepções de combustível parecem associadas às propriedades que eles apresentam – poder calorífico, entalpia de combustão, volatilidade, e rendimento energético – sendo a energia produzida na sua queima um dos parâmetros usados na análise sobre que combustível usar. Ainda que as ideias científicas tenham sido sugeridas pelo texto, elas são adotadas pelos licenciandos e parecem ser representativas de um modo de pensar a energia como funcional e que será utilizada em automóveis (zona funcional/utilitarista do perfil conceitual). Nesse sentido, os critérios científicos são imbuídos de valor pragmático e são usados para justificar a decisão tomada pelo grupo, não obstante outros critérios sejam contrapostos ao longo da discussão.

Ao associar os critérios ambientais à análise, os licenciandos parecem mobilizar, além dos epistemológicos, compromissos ontológicos e axiológicos na discussão sobre a situação proposta. Os itens temáticos que apontam para a construção de significados estão relacionados com: poluição, liberação de CO₂ e metais pesados, possibilidade de renovação das fontes e impactos ambientais. Os modos de pensar sobre a energia envolvida no uso de combustíveis parecem se mover de uma perspectiva de utilidade para a possibilidade de causar danos ao ambiente – isso pode representar uma mudança ontológica na qual energia passa a ser prioritariamente considerada como

agente que causa transformação no ambiente (outra zona do perfil conceitual), ao invés de produto da queima de combustíveis (algo material). Em geral, discussões sobre impactos ambientais trazem implicadas questões de valor e forte apelo emocional, que muitas vezes circulam nos contextos social e educacional influenciando o modo como as pessoas constroem valores e comportamentos sociais, neste caso, voltados para a preservação ou conservação do ambiente. Nesse sentido, os licenciandos expressaram ideias que traziam alguns compromissos axiológicos, quando posições foram pautadas em valores subjetivos para a tomada de decisão (“...se pintar de vermelho por um minuto...” – episódio 2, turno 8).

Quanto a aspectos econômicos e/ou políticos, os compromissos axiológicos parecem prevalecer para a escolha do melhor combustível, os combustíveis e toda questão energética passam a ser tratados como mercadoria (*commodity*). Valores de comercialização (preço) e escolhas de fontes energéticas, para alguns licenciandos, são vinculados a opções ideológicas (capitalista e comunista) que orientam os sistemas econômicos e, para outros, esses parâmetros devem estar interligados, por exemplo, ao rendimento do motor. Dessa forma, alguns licenciandos apontaram o preço como algo que seria considerado por muitos usuários como único parâmetro de escolha (compromisso axiológico), outros ponderam que conceitos científicos, como poder calorífico e rendimento energético, podem tornar a decisão mais correta para obter maiores benefícios (compromisso epistemológico). No que se refere aos modos de pensar

a energia, não encontramos uma zona específica do perfil de energia na qual essa ideia fosse considerada e podemos fazer uma aproximação com um modo de pensar a energia como algo material (um produto a ser comercializado). Nesse sentido, Simões Neto e Amaral (2013) apontam para possibilidades de ampliação do perfil proposto para energia, considerando contextos diversos.

Os critérios sociais, ou seja, que implicam em mudanças sociais mais amplas, foram discutidos de forma tímida ao longo do minicurso. Um dos licenciados mencionou que mudanças na política de uso dos combustíveis, buscando diminuir efetivamente impactos ambientais, trariam uma transformação social, mas não explicitou o que queria dizer com transformação social. Nesse caso, identificamos um compromisso axiológico no qual poderiam ser adotados valores individuais que visam benefícios sociais mais amplos, principalmente associado à opção por fontes renováveis de energia. Nesse sentido, o modo de pensar sobre energia parece estar relacionado com o seu uso e funcionalidade a partir de uma preocupação com o bem-estar social. Da mesma forma, em um momento específico da discussão do grupo, foram mencionados aspectos sobre a tecnologia de extração do petróleo e impactos ambientais (critérios tecnológicos), no qual identificamos um compromisso epistemológico. Um licenciado alertou para os impactos ambientais associados à obtenção de combustíveis a partir do petróleo, usou exemplos de outros países (México e Estados Unidos), mas esses aspectos não foram retomados na discussão do grupo. Aqui, a extração do petróleo como matéria-prima para a produção de energia parece trazer uma ideia de energia como produto material (energia com algo material).

Na Figura 2, sistematizamos compromissos e modos de pensar identificados na análise.

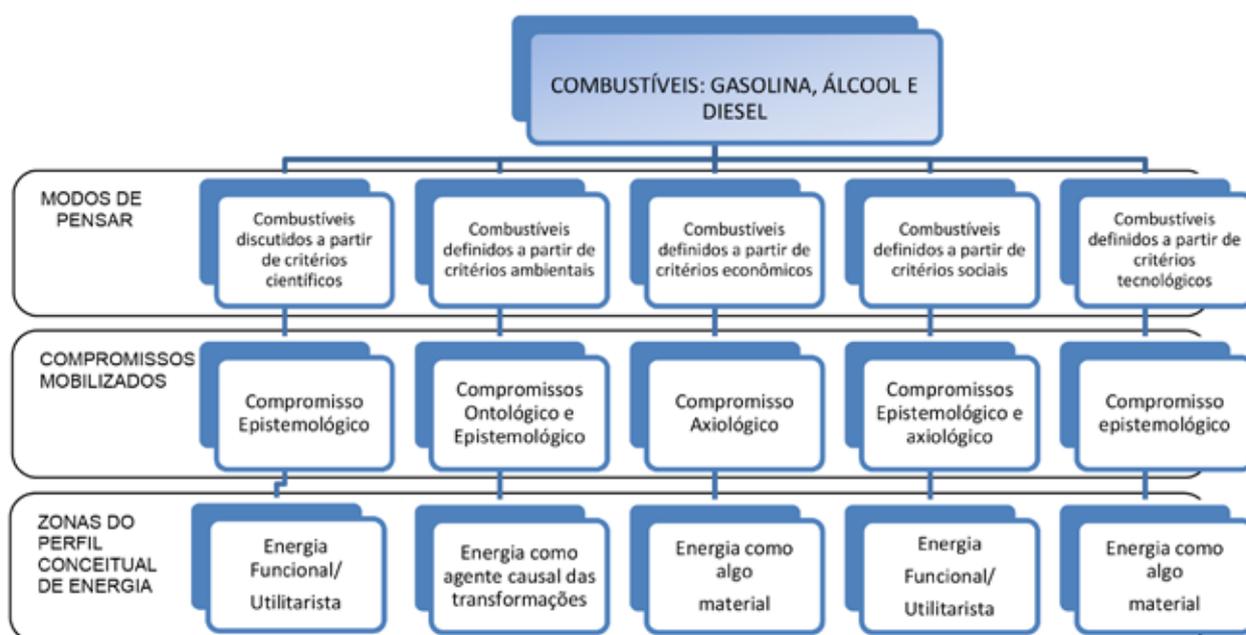


Figura 2: Sistematização de modos de pensar sobre combustíveis e os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos mobilizados. Fonte: Elaboração própria.

Em síntese, ao abordar a QSC pudemos verificar que a discussão inicialmente pautada em ideias vagas, impressões e conhecimentos do senso comum se ampliou e foi enriquecida a partir da introdução da leitura de um texto de apoio que trouxe informações principalmente sobre características físicas e químicas, e questões ambientais relacionada com a produção e uso de combustíveis. No processo de negociação de sentidos e construção de significados pelos licenciados foram mobilizados compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, o que confirma o potencial de uma QSC para a complexificação do conhecimento cotidiano, com a incorporação e articulação de novos conhecimentos (Rodrigues e Mattos, 2007), possibilita que a dimensão axiológica seja explicitamente considerada nas discussões. Acreditamos que a abordagem de QSC construídas de forma a representar contextos diferenciados nos quais possa ser trabalhada a heterogeneidade do pensamento, podem contribuir para significar conceitos científicos, criando articulações com a vida e experiência dos estudantes.

Considerações Finais

Nossa análise buscou caracterizar diferentes modos de pensar que emergem em falas de licenciados quando trabalham com questões sociocientíficas, a partir da perspectiva de perfis conceituais, quando contextos exógenos à sala de aula são constituídos. A partir de uma situação contextualizada foi constituído um contexto e colocadas questões para tomada de decisão, em que os conhecimentos científicos não seriam suficientes para esgotar as possibilidades de respostas. Dessa forma, a questão sociocientífica foi usada como forma de promover interações discursivas e explicitar a heterogeneidade do pensamento verbal com relação

à temática abordada. Na discussão da QSC os licenciandos se engajaram num processo de negociação de sentidos e construção de significados em que foram mobilizados diferentes modos de pensar associados a compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, implicados no processo de tomada de decisão sobre a situação proposta. Ao se referir aos combustíveis, seus atributos e propriedades, preço, rendimento e possíveis impactos ambientais, os licenciandos expressaram ideias sobre combustíveis e energia. Ainda que a decisão não tenha sido conflituosa, houve maior complexidade na construção das justificativas pelo fato de o tema ser tratado a partir de múltiplos olhares (científicos e não científicos).

Referências

- AMARAL, E. M. R. e MORTIMER, E. F. Uma metodologia para análise da dinâmica discursiva entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: SANTOS, F. M. T. e GREGA, U. I. M. (Orgs.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Editora Unijuí, 2006, p. 239-296. (Coleção Educação em Ciências).
- _____. e _____. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, p. 1-16, 2001.
- _____. e _____. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. *Educación Química*, n. 3, p. 60-75, 2004.
- ANDRÉ, M. Questões sobre os fins e sobre os métodos de pesquisa em educação. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 1, n. 1, p. 119-131, 2010.
- ARAÚJO, A. O. e MORTIMER, E. F. A utilização do conceito de calor por bombeiros militares e técnicos em refrigeração de ambientes. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação (ENPEC)*. Águas de Lindóia, SP, 2013.
- BAKHTIN, M. *Marxismo e filosofia da linguagem*. 7a ed. São Paulo: Hucitec, 1929/1995.
- BASTOS, P. W. e MATTOS, C. R. Um exemplo da dinâmica do perfil conceitual como complexificação do conhecimento cotidiano. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 3, p. 1054-1078, 2009.
- CHI, M. T. H. Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery science. In: GIERE, R. N. (Ed.). *Cognitive models of science* (Minnesota studies in the philosophy of science, vol. XV). Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992.
- DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.
- FREIRE, M. S. *Perfil conceitual de química: contribuições para uma análise da natureza da química e do seu ensino*. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- GALVÃO, C. e REIS, P. A promoção do interesse e da relevância do ensino da ciência através da discussão de controvérsias sociocientíficas. In: VIEIRA, R. M.; PEDROSA, M. A.; PAIXÃO, F.; MARTINS, I. P.; CAAMAÑO, A.; VILCHES, A. e MARTÍN-DIAZ, M. J. (Coords.). *Ciência-tecnologia-sociedade no ensino das ciências: educação científica e desenvolvimento sustentável*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008, p. 131-135.
- GUIMARÃES, M. A. *Raciocínio informal e a discussão de questões sociocientíficas: o exemplo das células-tronco humanas*. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011. Disponível em <http://hdl.handle.net/11449/102068>, acessada em Janeiro 2019.
- _____.; CARVALHO, W. L. P. e OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 2, p. 465-477, 2010.
- HALVERSON, K. L.; SIEGEL, M. A. e FREYERMUTH, S. K. Lenses for framing decisions: undergraduates' decision making about stem cell research. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 9, p. 1249-1268, 2009.
- LEMKE, J. L. Cognition, context, and learning: a social semiotic perspective. *Situated Cognition: Social, Semiotic, and Psychological Perspectives*, p. 37-56, 1997.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. M. e CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, v. 38, n. 3, p. 727-741, 2012.
- MORTIMER, E. F. Conceptual chance or conceptual profile chance? *Science Education*, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.
- _____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.
- _____. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. *Química Nova*, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.
- _____. e AMARAL, L. O. F. Contributions of the sociocultural domain to build a conceptual profile model for molecule and molecular structure. In: MORTIMER, E. F. e EL-HANI, C. N. (Eds.). *Conceptual profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. New York: Springer, 2014.
- _____. e EL-HANI, C. N. Uma visão sócio-interacionista e situada dos conceitos e a internalização em Vygotsky. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP, 2013.
- _____. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- _____.; _____.; AMARAL, E. M. R. e EL-HANI, C. N. Conceptual profiles: theoretical-methodological bases of research program. In: MORTIMER, E. F. e EL-HANI, C. N. (Eds.). *Conceptual profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. New York: Springer, 2014, p. 3-33.
- _____. e WERTSCH, J. V. The architecture and dynamics of intersubjectivity in science classrooms. *Mind, Culture, and Activity*, v. 10, n. 3, p. 230-244, 2003.

- POMPE, S.; BADER, M. e TANNERT, C. Stem-cell research: the state of the art. *EMBO Reports*, v. 6, n. 4, p. 297-300, 2005.
- RATCLIFFE, M. e GRACE, M. *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. London: McGraw-Hill Education, 2003.
- RODRIGUES, A. M. e MATTOS, C. R. Reflexões sobre a noção de significado em contexto. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, v. 7, p. 323-333, 2007.
- RODRIGUES, R. F. e PEREIRA, A. P. Uma análise sociocultural da estrutura de explicações no ensino de física. In: *Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Águas de Lindóia, SP, 2015.
- SABINO, J. D. *A utilização do perfil conceitual de substância em sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- ____ e AMARAL, E. M. R. Utilização do perfil conceitual de substância no planejamento do ensino e na análise do processo de aprendizagem. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 23, n. 1, p. 245-265, 2018.
- ____ e _____. Zonas do perfil conceitual de substância que emergem na fala de alunos quando envolvidos em diferentes atividades didáticas. In: *Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Águas de Lindóia, SP, 2015.
- SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socio-scientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.
- ____. Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In: SADLER, T. D. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research*. Springer, Dordrecht, p. 1 -9, 2011.
- ____ e ZEIDLER, D. L. The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socio-scientific issues: applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, v. 89, n. 1, p. 71-93, 2005.
- SEPÚLVEDA, C. Aplicação de um perfil conceitual para adaptação à análise de interações discursivas no ensino de evolução. In: *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis, SC, 2009.
- ____; REIS, V. P. G. S.; ALMEIDA, M. C.; CARNEIRO, M. C. L.; AMARANTE, A. L. A. C. P. e EL-HANI, C. N. Uma ferramenta sociocultural de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar. In: *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Campinas, SP, 2011.
- SILVA, J. R. R. T. *Um perfil conceitual para o conceito de substância*. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- ____ e AMARAL, E. M. R. Proposta de abordagem para o ensino de reações químicas a partir da noção de perfil conceitual. In: ALBUQUERQUE, U. P.; VERAS, A. S. C.; FREIRE, F. J. e LIRA JÚNIOR, M. A. (Orgs.). *Caminhos da Ciência*. 1ª ed. Recife: EDUFPE, 2006, v. 1, p. 259-273.
- ____ e _____. Proposta de um perfil conceitual para substância. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, p. 53-72, 2013.
- SIMÕES NETO, J. E. *Uma proposta para o perfil conceitual de energia em contexto do ensino da física e da química*. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- ____ e AMARAL, E. M. R. A produção brasileira sobre a noção de perfil conceitual – analisando tendências. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (IX ENPEC)*. Águas de Lindóia, SP, 2013.
- ____ e _____. Uma proposta para o perfil conceitual de energia nos contextos do ensino da física e da química. In: *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis, SC, 2017.
- ____; SILVA, J. R. R. T.; CRUZ, M. E. B. e AMARAL, E. M. R. Una secuencia didáctica para abordar el concepto de calor en la enseñanza de estudiantes preuniversitarios. *Formación Universitaria*, v. 8, n. 2, p. 3-10, 2015.
- SODRÉ, F. C. R. *Física para uma alimentação saudável*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- ____ e MATTOS, C. R. Complexificando o conhecimento cotidiano: incluindo a física na problematização da alimentação. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 6, n. 2, p. 53-79, 2013.
- TULVISTE, P. e HALL, M. J. T. *The cultural-historical development of verbal thinking*. New York: Nova Science Publishers, 1991.
- VYGOTSKY, L. S. *Language and thought*. Cambridge: MIT Press, 1962.
- ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, M. L. e HOWES, E. V. Beyond STS: a research-based framework for socio-scientific issues education. *Science Education*, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

Os Sistemas de Atividade na Interpretação da Produção Curricular por ‘Situação de Estudo’: Fundamentos Teórico-Metodológicos

The Systems of Activity in the Interpretation of Curriculum Production by ‘Study Situation’: Theoretical-Methodological Fundamentals

Jaqueline Ritter, Belmayr K. Nery, Otavio A. Maldaner, Andréa B. Umpierre e Tatiane B. Sousa

Resumo: O presente texto trata de fundamentos teórico-metodológicos na interpretação dos Sistemas de Atividades para pesquisa em processo de produção curricular inovador desenvolvido em grupo de professores de escola, pesquisadores educacionais, docentes universitários e estudantes em formação universitária, quando aqueles produzem Situações de Estudo (SE) que são acompanhadas na forma de pesquisa em Núcleos de Pesquisa na Escola. O Grupo de Educação Química na Produção Curricular (GEQPC), responsável pela organização e desenvolvimento desse processo, adota o princípio das “tríades de interação profissional”. Compreende-se atividade como processo de constituição em Leontiev. Adotam-se princípios da teoria histórico cultural e como processo teórico-metodológico de análise as Teorias da Atividade e dos Sistemas de Atividades. Os primeiros resultados produzidos dão indícios animadores de que a formação continuada de professores no desenvolvimento de SE, em grupo de pesquisa e em núcleo de pesquisa na escola (NPE) tem mais chances de se consolidar quando se explicitam intenções acerca dessas duas “Atividades”, quais sejam, a produção curricular e seu acompanhamento pela pesquisa.

Palavras-chave: Teoria da Atividade. Teoria dos Sistemas de Atividade. Formação de Professores. Situação de Estudo. Inovação Curricular.

Abstract: The present text deals with theoretical and methodological foundations in the interpretation of Activity Systems for research in an innovative curricular production process developed in a group of schoolteachers, educational researchers, university professors and students in university formation, when they produce Study Situations (SS) that are tracked in the form of research in Nucleus of Research in School. The Group of Chemical Education in Curriculum Production, responsible for the organization and development of this process, adopts the principle of “professional interaction triads”. Activity is understood as a process of constitution in Leontiev. Principles of cultural historical theory are adopted. Theories of Activity and of Systems of Activities are adopted for the theoretical-methodological process of analysis. The first results produced are encouraging signs that the continued formation of teachers in the development of SS, in research group and in research nucleus in school is more likely to consolidate when intentions are made explicit about these two “Activities”, that is, the curricular production and its assessment by research.

Keywords: Activity Theory. Activity Systems Theory. Teacher Training. Study Situation. Curricular Innovation.

Jaqueline Ritter (jaqueline.ritter@furg.br) possui Doutorado em Educação nas Ciências pela UNIJUÍ com sanduíche na Universidade Autônoma de Madri, Espanha. Professora-pesquisadora (adjunto) na Escola de Química e Alimentos (EQA) e do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde (PPGEC) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Coordena o grupo de pesquisa GEQPC-FURG. Rio Grande, RS – BR. **Belmayr Knopki Nery** (belma.nery@gmail.com) possui Doutorado em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP). Integra o Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas (LAPEQ) como pesquisadora, na área de tecnologias de informação e comunicação, especificamente associadas à formação de professores de Química/Ciências. São Paulo, SP – BR. **Otavio Aloisio Maldaner** (maldaner@unijui.edu.br) possui Doutorado em Educação pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é do quadro sênior da UNIJUÍ e professor colaborador da Pós-Graduação em Educação nas Ciências da mesma Universidade. Bolsista de pesquisador visitante do CNPq na FURG. Rio Grande, RS – BR. **Andréa Borges Umpierre** (andreaumpierre@yahoo.com.br) é licenciada em Física pela (FURG) e mestre em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro (2015). Atualmente é doutoranda do PPGEC/FURG, bolsista CAPES e integrante do grupo de pesquisa GEQPC/FURG. Rio Grande, RS – BR. **Tatiane Beatris Sousa** (tatitrisb1@gmail.com) é graduada em Ciências – habilitação em Química e Especialista em Formação de Professores na Narrativa da Docência (FURG). Atualmente é professora das redes municipal e estadual de ensino e mestranda do PPGEC/FURG e integrante do Grupo de Pesquisa GEQPC/FURG. Rio Grande, RS – BR. Recebido em 09/09/2018, aceito em 24/11/2018

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

Os grupos de pesquisa (GP) em Educação Química (EQ) sediados nas universidades brasileiras vêm se multiplicando nos últimos anos, em que pese o estabelecimento desses grupos coincidir com o desenrolar da própria história da EQ em nosso país.

Grupos como o GEPEQ da USP, o Grupo de Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências da UFMG, o GIPEC da UNIJUÍ, os mais antigos, e os mais novos como o LAPEQ da Faculdade de Educação da USP, LPEQ da UnB, o GPIEQ da UNESP, GPEQsc da USP, campus de São Carlos, EDUQUIM da UFPR, entre outros, colaboram decisivamente para a constituição da nossa Educação Química, no sentido de incrementar a pesquisa na área, como um todo, aprofundar e diversificar as linhas de pesquisa, formar novos pesquisadores, produzir investigações em conjunto com a escola de educação básica, visando aperfeiçoar a prática dos professores e envolvê-los em ações coletivas de ensino, pesquisa e extensão.

Ao mesmo tempo, são recorrentes na literatura manifestações de que os resultados das pesquisas trazem pouca melhoria para o processo de ensino e aprendizagem em Química. Ou seja, a pesquisa, principalmente aquela centrada na pesquisa universitária, não chega à maioria dos professores que, de fato, fazem acontecer o ensino nas escolas básicas, a ponto de modificar a realidade ali existente.

Schnetzler (2002) afirma que

[...] potenciais contribuições da pesquisa educacional não chegam às salas de aula de forma significativa porque, usualmente, os professores, em seus processos de formação inicial (cursos de licenciatura) e continuada não têm sido introduzidos à pesquisa educacional. Por isso, tendem a ignorá-la, descompromissando-se de investigar a própria prática pedagógica para melhorá-la (p. 22).

Acredita-se que uma das maneiras de fazer chegar as contribuições das referidas pesquisas à sala de aula da escola básica é aproximar os dois locus de atuação profissional, bem como os pesquisadores e os professores que neles atuam. Para que os docentes em formação sejam introduzidos na pesquisa, como defende Schnetzler, espaços precisam ser criados, com intencionalidade formativa dirigida à prática da pesquisa. Uma possibilidade de realização da aproximação universidade e escola, e de criação desses espaços, são as “tríades de interação profissional” (Zanon, 2003), constituídas pelo professor universitário, professor do ensino médio e licenciandos. De acordo com Schnetzler (2002, p. 22) as tríades implicam

[...] no tratamento de um determinado conteúdo químico (ou pedagógico) da disciplina não somente pelo professor universitário, mas, também, por parte do professor do ensino médio, incentivando a discussão de reelaborações conceituais ou transposições didáticas mais adequadas à futura docência dos licenciandos. Consequentemente, são enfatizadas articulações entre saberes disciplinares

e saberes inerentes à docência escolar, contribuindo para minimizar a cisão teoria-prática em cursos de formação de professores de química (Schnetzler, 2002, p. 22).

Os grupos de pesquisa desempenham papel central na criação e desenvolvimento das referidas tríades, pois eles congregam pesquisadores, professores experientes, pesquisadores iniciantes e futuros professores (licenciandos), cada qual com suas necessidades formativas e seus percursos profissionais, de tal forma que as interações constitutivas entre os sujeitos são ricas e diversificadas. Os licenciandos, de fato, são os sujeitos que fazem o contato direto com a escola e nela com os professores que atuam nas salas de aula, ao cursarem as disciplinas relativas ao estágio profissional e aquelas voltadas à prática como componente curricular conforme preveem as atuais Diretrizes para a Formação de Professores (Brasil, 2015). No entanto, ainda é frágil o envolvimento direto do professor da escola com os professores universitários, de modo que investir nas “tríades de interação profissional” mostra-se um caminho promissor de aproximação universidade e escola, minimizando as dicotomias formação e trabalho, ensino e pesquisa.

Nesse sentido, o Grupo de Educação Química na Produção Curricular em Ciências da Natureza, (GEQPC), que tem sede na Universidade Federal do Rio Grande (FURG), é um grupo de pesquisa que vem trabalhando na perspectiva das “tríades”. Criado em 2015, o GEQPC, congrega sujeitos de diversificados contextos de formação e atuação/trabalho na intenção de ressignificar os conhecimentos científicos e pedagógicos específicos da área de Ciências da Natureza pela sua recontextualização em processos de ensino e seu acompanhamento pela pesquisa, na interface universidade e escola.

O objetivo do grupo é subsidiar teórica e metodologicamente a implementação de pequenos núcleos de pesquisa nas escolas de educação básica (NPE), em cada área de conhecimento, cujo objeto de estudo e de pesquisa é a própria prática curricular que o professor desenvolve (Ritter, 2017), na perspectiva de promover a formação dos sujeitos envolvidos, por meio da prática de reorganização curricular, tendo como dispositivo formativo a atividade de produção de Situações de Estudo (SE) (Maldaner, 2007).

Os pressupostos da reorganização curricular, baseada em Situação de Estudo (SE) (Maldaner, 2007), como o principal dispositivo de formação, seguem a trajetória do Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências (GIPEC – UNIJUÍ). Segundo esses pressupostos, por meio de sucessivas SE pode ser definida uma nova compreensão de currículo que contribui para a construção de significados dentro do contexto escolar (Gehlen et al., 2005; Auth et al., 2004), de modo a enfrentar a fragmentação disciplinar e, principalmente, levar a significação conceitual da linguagem científico-escolar, em cada área do conhecimento. Baseado nisso, o GEQPC iniciou no ano de 2016, com uma escola de educação básica parceira, um processo de instituição de núcleos de pesquisa

na escola por área de conhecimento, cujo objeto de pesquisa e formação é a produção curricular por SE.

De acordo com a Teoria dos Sistemas de Atividade (TSA) (Engeström *et al.*, 1999), um grupo de pesquisa é um complexo sistema de atividades executadas por muitos sujeitos. Esse sistema é formado por diversos subsistemas que interagem entre si com o propósito de realizar pesquisa. Porém, o grupo de pesquisa também se constitui em um subsistema de um sistema de atividades maior, como, por exemplo, o sistema das atividades universitárias em geral. Sendo assim, uma teoria que interpreta sistemas organizados, em funcionamento, nos parece apropriada para pesquisar e explicitar as “atividades” desenvolvidas em processos interativos envolvendo o GEQPC e a escola de educação básica, em seus desafios e potencialidades.

A Teoria dos Sistemas de Atividade, desenvolvida por Yrjö Engeström *et al.* (1999) e a Teoria da Atividade (TA) idealizada por Leontiev (1978; 1988) fundamentam teórica e metodologicamente as análises neste artigo.

Assim, com apoio da TA e da TSA, o objetivo deste trabalho consistiu em identificar os principais Sistemas de Atividade (SA) que constituem o GEQPC na interface com uma escola de educação básica parceira, visando analisar o mais representativo deles no sentido do desenvolvimento da Atividade de produção curricular por meio da elaboração de uma Situação de Estudo, quando mediada pela constituição de um NPE, o qual institui gradativamente a pesquisa docente como atividade formativa/constitutiva dos sujeitos. Em resumo, perguntou-se: quais processos de desenvolvimento/formação (motivo, ação e operação) estão constituindo e mediando as interações entre o grupo de pesquisa GEQPC e a escola de educação básica, na produção curricular por SE?

Alguns Fundamentos das Teorias da Atividade e dos Sistemas de Atividade

A Teoria da Atividade evoluiu ao longo de três gerações de pesquisa, segundo Engeström *et al.* (1999). A primeira geração,

centrada em Vigotski, criou a ideia de mediação. Esta ideia tomou forma no famoso modelo triangular de Vigotski (2001), no qual a conexão direta condicionada entre estímulo e resposta foi superada, transcendida pela ideia de que a atividade é um ato complexo, mediado, e é representada pelo trio – sujeito, objeto e artefato mediador – colocados nos vértices de um triângulo.

Leontiev, derivando os estudos de Vigotski, cunhou a expressão Teoria da Atividade e sugeriu o modelo triangular desta primeira fase da Teoria. Conforme a TA, o sujeito exerce uma atividade, ou seja, atinge o objeto da sua atividade, por meio de artefatos mediacionais. Contudo, nota-se que nesta primeira fase não havia espaço para as relações sociais e para o outro. A limitação desta primeira geração da teoria reside justamente no fato de que a unidade de análise permanece focada no indivíduo. Isso foi superado pela segunda geração da TA, baseada no trabalho de Leontiev. E é no seu famoso exemplo da “caça primitiva coletiva” (Daniels, 2003) que ele explica a diferença crucial entre uma ação individual e uma atividade coletiva.

Leontiev não representou graficamente a atividade coletiva, acredita-se, muito pelo contexto político da época no seu país. Porém, ele elaborou o chamado “modelo dos três níveis” (Leontiev, 1988), em que faz a distinção entre atividade, ação e operação. O teórico considera que os seres humanos se constituem e se desenvolvem por meio das atividades, as quais são dirigidas a objetos a serem alcançados e são orientadas por ações intencionais. Enquanto uma atividade é orientada por um motivo, as ações são orientadas por metas e as operações por condições.

O triângulo a seguir (Figura 1), que configura a atividade coletiva, foi criado por Engeström, traduz a estrutura de um sistema de atividade humano e também simboliza a segunda geração da TA.

O sujeito atinge o objeto da sua atividade por meio dos artefatos mediacionais, mas este sujeito também pertence a uma comunidade, está subordinado a regras e tem um papel na divisão do trabalho. Esta é a conformação da segunda fase

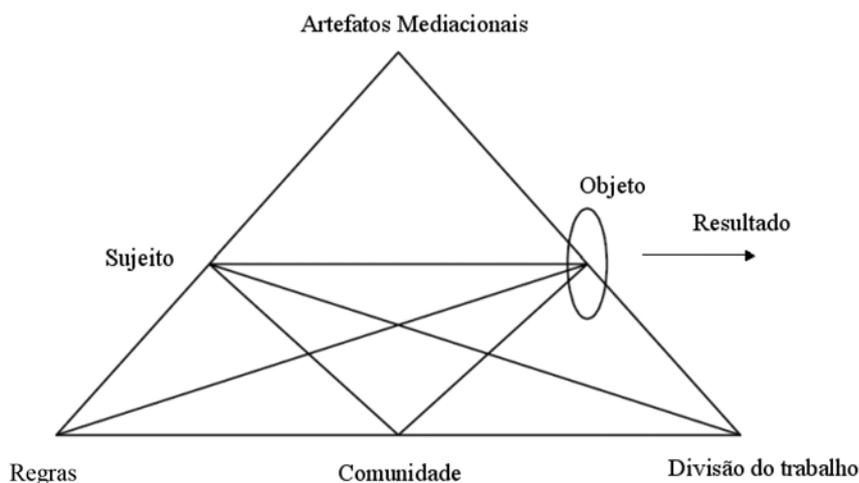


Figura 1: Esquema dos elementos de um Sistema de Atividade. Fonte: a partir de Daniels (2003).

da TA, com lugar para o outro, representando os outros no elemento COMUNIDADE do esquema.

Segundo Engeström *et al.* (1999) o subtriângulo superior deve ser visto como a ponta de um iceberg, simbolizando as ações individuais aninhadas, ocultas, neste sistema de atividades coletivas. O objeto é mostrado com a ajuda de uma figura oval, indicando movimento e que as ações orientadas para o objeto são sempre, explícita ou implicitamente caracterizadas por ambiguidade, surpresa, interpretação, busca de sentido e têm potencial para mudanças.

De acordo com os pressupostos teóricos da Teoria da Atividade, o sujeito aprende em atividade, que é mediada por artefatos. O sujeito cria os artefatos e, ao colocá-los em uso, os desenvolve; mas, ao mesmo tempo, se desenvolve ao fazê-lo.

A Teoria dos Sistemas de Atividade postula mais três elementos que influenciam a atividade do sujeito: a comunidade em que ele está inserido, a divisão do trabalho nessa comunidade e as regras a que ele está submetido nessa mesma comunidade, como ilustrado na Figura 1.

Ainda de acordo com essas duas teorias, o sujeito em atividade – no caso do GEQPC, a atividade é predominantemente intelectual – desenvolve as funções psicológicas superiores. À vista dos pressupostos da TSA, em que existem mais três componentes que influenciam diretamente a atividade do sujeito, esta não pode ser estudada isoladamente. Ela pode ser definitivamente entendida somente quando interpretada tendo como pano de fundo todos os SA constituintes do grupo de pesquisa.

Daniels (2003) apresenta um resumo da TSA, sugerido por Engeström, com a ajuda de cinco princípios, os quais manifestam o estado da teoria atualmente e que são minuciosamente expostos na sua obra (p. 123-125). O primeiro princípio preceitua que a unidade primária de análise “é um sistema de atividade coletivo, mediado por artefato e orientado para o objeto, visto em suas relações de rede com outros sistemas.” O segundo é o princípio da multivocalidade, ou seja, um sistema de atividade é sempre uma comunidade de múltiplos pontos de vista, tradições e interesses. A historicidade é o terceiro princípio. O quarto princípio é representado pelo papel central das contradições como fontes de mudança e desenvolvimento. E o quinto princípio “proclama a possibilidade de transformações expansivas nos sistemas de atividade.”

Importa mencionar que as duas Teorias respondem a diferentes problemas de pesquisa, na área da educação e em outras áreas também. Há grupos de pesquisa em TA e TSA consolidados, a exemplo do GEPAPe, Grupo de Estudos e Pesquisa sobre a Atividade Pedagógica, sediado na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP), que busca compreender os processos de transformação dos sujeitos em atividade, sejam eles estudantes, professores ou gestores participantes de comunidades educativas, em processos relacionados à educação matemática. No que se refere à educação química, o LAPEQ, Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas, também sediado na FEUSP, ainda que com menos

tradição de pesquisa em TA e TSA, vem pesquisando diferentes objetos à luz das duas teorias, a exemplo dos trabalhos de Nery e Giordan (2013), Nery (2014), Massi e Giordan (2017) e Lima e Giordan (2018).

No âmbito internacional, tem-se o grupo CRADLE,¹ *Center for Research on Activity, Development and Learning*, na Universidade de Helsinque, que focaliza estudos de transformações em sistemas de atividade coletivos, incluindo instituições educacionais, organizações profissionais, agências do setor público, comunidades e movimentos sociais e suas alianças. Importa lembrar igualmente que há a ISCAR,² *International Society for Cultural-Historical Activity Research* que congrega pesquisadores em TA e TSA no mundo todo. Há também a ISCAR Brasil,³ a seção brasileira da Sociedade. A ISCAR publica anualmente uma revista, *Mind, Culture and Activity: an International Journal*, que atesta a diversidade de temas pesquisados com fundamento teórico na TA e TSA. Pode-se encontrar desde temas derivados dos tradicionais, pesquisados pelos precursores da escola russa, até estudos de identidade discursiva em “tribos” de jogadores de videogame *on-line*, travestidos em avatares, publicado já em 2006. Essa diversidade de problemas pesquisados é uma das razões pelas quais as teorias são tão consistentes.

O GEQPC e as “Tríades de Interação” na Constituição dos NPE

O Grupo de Educação Química na Produção Curricular, da FURG, é constituído e vem se desenvolvendo na perspectiva das “tríades de interação profissional” (Zanon, 2003). Com o intuito de promover a formação continuada e permanente como desenvolvimento profissional entre todos os seus sujeitos, o GEQPC propôs-se a mediar diálogos em torno da produção curricular por SE acompanhada pela pesquisa. Parte-se do pressuposto de que se trata de duas práticas que concebem a docência: a produção curricular e a pesquisa que, quando explicitada, discutida e teorizada, pode conduzir à constituição das habilidades de professor-pesquisador de práticas docentes escolares e universitárias e habilidades para qualificar processos de intervenção pedagógica nesses dois contextos. Habilidades são aqui entendidas como tudo aquilo que é capaz de significar e mobilizar os diferentes domínios de conhecimentos e atitudes (Ritter, 2017) e que, como tal, argumenta-se carecerem de ser desenvolvidas em processos interativos/formativos. Dá-se ênfase à significação da linguagem científico-escolar na relação com temas de natureza interdisciplinar e intercomplementar inovadores, no sentido de resultar em aprendizagens mais efetivas e duradouras.

Defende-se que a constituição de pequenos grupos de pesquisa na escola, NPE, que se realizam na interface com a universidade, é um meio capaz de criar a necessidade de o professor tornar-se pesquisador de sua prática curricular e poder aperfeiçoá-la mediante ações didáticas inovadoras. Contudo,

esta nem sempre é uma necessidade consciente do professor na sua rotina docente, mas pode vir a ser, desde que o meio seja encorajador para tal.

O ato de pesquisar sobre algo e comunicar seus resultados é competência a ser desenvolvida progressivamente como qualquer aprendizagem. Embora tenha-se a capacidade de aprender como herança genética, é somente por meio de nossa inserção no universo cultural da pesquisa que se aprende a pesquisar como modo de produzir conhecimentos sobre os fenômenos, ou qualquer objeto referente. Ninguém nasce sabendo fazer pesquisa! Aprende-se a pesquisar, assim como se aprende um novo idioma, e é por meio de sua apropriação, como ferramenta técnica e psicológica, que se atinge níveis mais elevados de consciência e desenvolvimento, segundo Ritter (2017), com base em Vigotski (2001). No caso, a pesquisa capaz de instituir competências e habilidades é aquela que se refere tanto à produção coletiva da Situação de Estudo nos NPE, quanto àquela realizada pelo professor no exercício de avaliar o seu desenvolvimento pelo aprendizado dos alunos.

Indagar, levantar hipóteses, produzir dados, analisá-los à luz de referenciais teóricos e encontrar meios válidos para comunicá-los e validá-los produz níveis mais avançados de generalização mental e procedimental. Portanto, são habilidades que, articuladas a conhecimentos e atitudes, promovem novos níveis de consciência sobre si e sobre o mundo. São, portanto, competências específicas do ser humano que, por sua vez, são instituídas e desenvolvidas nas relações sociais e culturais das quais participa. Para os estudantes o caminho para tal desenvolvimento é a significação e apropriação de conceitos científicos escolares, cujo acesso compete à escola proporcionar. Para os professores, a formação coletiva em grupos de pesquisa, na área de conhecimento, permite qualificar tanto o professor em atividade investigativa quanto o seu próprio objeto: o currículo em desenvolvimento.

Assim, pesquisar o objeto referente SE em processos colaborativos e mediados pelo GEQPC e os NPE, tornar-se-á “Atividade” na medida em que as ferramentas mediacionais instituírem sempre novos e mais avançados estados de abstração e generalização, os quais geram novos níveis de competências e habilidades. A pesquisa como exercício mental e procedimental de ler, escrever, interpretar, selecionar, argumentar, torna-se manifestação do desenvolvimento do pensamento abstrato e categorial, sendo, portanto, competência significada e apropriada, conforme Ritter (2017), com apoio teórico de Vigotski (2001).

Para o teórico russo (Vigotski, 2007), o conceito de mediação envolve o uso de instrumentos e de signos, constituindo o cerne do comportamento humano complexo. Segundo Vigotski, “Os sistemas de signos (a linguagem, a escrita, o sistema de números), assim como o sistema de instrumentos, são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural” (p. 26). Ele afirma que a internalização dos sistemas de signos produzidos culturalmente provoca transformações comportamentais e

estabelece um elo de ligação entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual (Vigotski, 2007).

Vigotski (2007) caracteriza como “internalização” a transformação de uma operação externa em interna. Este conceito permite o reconhecimento da importância dos processos interativos “triádicos” que são internalizados em saberes e práticas docentes na intermediação do GEQPC e o NPE. Novos níveis de desenvolvimento podem vir a ser evidenciados quando os motivos, as condições e operações da atividade de produção da SE e acompanhamento pela pesquisa forem explicitados, significados e internalizados. Este é, fundamentalmente, o propósito pretendido pelo GEQPC.

A Situação de Estudo na Produção Curricular no Âmbito da Escola

Ao propor a elaboração conjunto de Situações de Estudo, parte-se do pressuposto de que “a elaboração de um novo modelo pedagógico só terá êxito se for instaurado na forma de produção coletiva de professores e estudiosos de currículos e propostas escolares em Ciências e nos demais componentes [curriculares]”. (Araújo et al., 2013, p. 243). O GEQPC, conforme descrito anteriormente, tem como característica a produção interativa de um novo modelo de atividade curricular nas escolas, que é a organização dos conteúdos escolares em sucessivas SE. Igualmente, dentro dos pressupostos teóricos da Teoria Histórico Cultural (THC), os processos interativos que acontecem na produção das SE, sua implementação em sala de aula e acompanhamento pela pesquisa, são constitutivos e formativos de todas as pessoas envolvidas.

Maldaner e Zanon (2001), ao discutirem a organização curricular com base em SE, reafirmam as pretensões formativas nesses processos com base na THC e pela concepção partilhada do próprio sentido atribuído à missão da escola: proporcionar o acesso sistemático e intencional aos conhecimentos históricos pelas novas gerações, promovendo, por esse meio, o desenvolvimento intelectual.

A formação dos alunos e dos professores faz parte de uma construção coletiva de espaços de interação propiciados pela escola e pelo sistema de ensino, com a participação, também, da comunidade escolar. Na produção e no desenvolvimento de uma situação de estudo visa-se, justamente, criar novas interações nos coletivos escolares, pois é nelas que as pessoas aprendem e se desenvolvem (Maldaner e Zanon, 2001, p. 59).

Por definição, a Situação de Estudo ou uma situação a ser estudada no contexto escolar parte da vivência dos estudantes ou do mundo vivido por eles, sobre a qual eles têm a algo a dizer, manifestando entendimentos, e produzindo argumentos com pontos de vista diferentes. Cabe ao professor introduzir conceitos disciplinares que apontem abordagens e entendimentos

próprios das disciplinas escolares. Por isso mesmo, a situação a ser estudada, em processo interativo de estudantes e professores, deve ser conceitualmente rica no que se refere aos sistemas conceituais de uma ou mais disciplinas escolares, permitindo novos níveis mais abstratos de entendimento por meio da significação conceitual. Dessa forma, os estudantes tomam consciência dos próprios entendimentos anteriores e aprendem novos pontos de vista mais consistentes, historicamente produzidos e muitas vezes testados sobre a situação em estudo. Vigotski (2005) afirma que pontos de vista das Ciências, introduzidos com a ajuda de conceitos científicos, permitem tomada de consciência dos conhecimentos anteriores pela reflexão. “A consciência reflexiva chega à criança através dos portais dos conhecimentos científicos” (Vigotski, 2005, p. 115). Além disso, é favorecida a significação intersubjetiva, que é constitutiva do intelecto, conforme propõe Vigotski. Nesse desdobramento curricular os conceitos fazem sentido no contexto em que se inserem, produzindo aprendizagens dos conteúdos escolares com melhor qualidade. Os conceitos disciplinares mais estruturadores vão aparecer em novas SE, pois elas se sucedem nessa organização curricular, o que leva a avaliar os sentidos anteriores, permitindo sua evolução para níveis superiores de abstração em direção aos significados históricos. Vigotski (2005) entende que o significado histórico de um conceito não acontece com o primeiro contato, mesmo que seja contextualizado e faça algum sentido. Em novas situações e novos processos escolares, o mesmo conceito precisa ser novamente introduzido, dando chances à evolução de sentido em nível mais abstrato.

Há, hoje, um considerável número de trabalhos que propõem e pesquisam sobre a organização curricular em SE, como o trabalho de Vieira *et al.* (2018). O número de trabalhos produzidos em pouco tempo mostra que diferentes grupos de professores de escola e professores de universidade começam a assumir mais a questão da elaboração curricular sob novo enfoque, quebrando a rigidez de sequência dos conteúdos disciplinares. É esta a forma humana histórica com que novos paradigmas científicos ou abordagens pedagógicas vão tomando corpo, proporcionando avanços teórico-práticos, no caso, em ações pedagógicas curriculares. No mesmo sentido buscamos compreender a SE à luz de princípios da Teoria da Atividade, com base em Leontiev. Esses princípios inserem-se na mesma matriz teórica histórico-cultural de base vigotskiana, mas que explicita novas nuances teóricas que podem ser interessantes para se avançar na compreensão do papel da escola na vida das novas gerações. A partir desse autor, compreende-se que a TA pode explicitar sob outro viés a questão da constituição da consciência na e da prática docente como um trabalho social de grande relevância na criação/recriação cultural pelas crianças e jovens na escola e pelos professores em sua vida profissional. Já se discutiu bastante em pesquisa educacional que o professor em sala de aula acaba criando currículo de uma forma ou de outra, mesmo que siga propostas curriculares de

autores de livros didáticos ou de outros materiais pedagógicos de cuja criação não participou. Dessa forma, não há currículo escolar, mesmo que “imposto” por quem quer que seja (redes de ensino, administrações públicas, pesquisadores educacionais, entre outros), à “prova de professor”. Quando isso acontece, na maioria das vezes, culpa-se o professor pela pouca aprendizagem dos alunos, pois sempre há o entendimento de que os “especialistas” sejam os mais capacitados para dizer o que é melhor. Estes podem e devem dar diretrizes que atendam a decisões democráticas sobre o que, como e porque ensinar determinados conteúdos e a forma de fazê-lo, mas não podem esperar que essas diretrizes possam ser implementadas na prática do ensino sem a participação intensa e qualificada dos professores.

Produzir currículo na educação escolar, na forma proposta pela organização por meio de sucessivas SE, visa proporcionar espaços e condições de produção e implementação das práticas curriculares, proporcionando autonomia gradativa a professores e estudantes em seus processos interativos no contexto da educação escolar básica, sem deixar de seguir diretrizes republicanas em vigor. Por isso, defende-se que é condição necessária a participação de professores universitários que trabalham com formação de professores nas licenciaturas, estudantes dessas licenciaturas, pesquisadores educacionais, como docentes de pós-graduação e seus pós-graduandos, da forma como propõe o GEQPC, incluindo, em fase posterior, a produção dos estudantes da educação básica.

Ao analisar como isso pode estar acontecendo no campo da prática, optou-se pelos sistemas de atividade, pois se compreende que o processo de produção e organização curricular em SE contempla diversas dimensões na constituição do psiquismo humano, segundo propõe Leontiev (1978) pela TA. Pode-se indicar algumas dessas dimensões: Atividade Humana Histórica; Atividade Principal; Atividade da Escola; Atividade do Ensino; Atividade do Estudo. Essas dimensões dão-se nos indivíduos em diversas situações e etapas de sua vida. Na sociedade contemporânea, letrada e tecnológica, pode-se pensar em etapas da vida, como: pré-escolar; escolar; universitária (preparação profissional); exercício profissional. Em todas elas há o que Leontiev (1978) denomina ATIVIDADE PRINCIPAL.

Na atividade principal, os sujeitos estão especialmente disponíveis para sua constituição psíquica/intelectual/formação da consciência. Ela, porém, só vai acontecer a partir da necessidade, que não é natural, mas historicamente criada pela humanidade. A necessidade é também de dimensão biológica, a qual nunca é suprimida, mas nos humanos adquire nova dimensão, a cultural, que engloba objetos e outras necessidades de cunho sociocultural. Por isso, o movimento em direção à atividade principal precisa ser igualmente de criar condições para acontecer em cada uma das etapas, como: a vivência cultural e os brinquedos decorrentes; a presença dos livros e outros meios da atividade de crianças e adolescentes na escola; a ênfase na formação profissional técnica ou superior na juventude;

condições dignas de trabalho, não alienado, isto é, trabalho produtivo e criativo (criador), muito além das necessidades biológicas de comer, vestir, morar e reproduzir.

Da mesma forma que em qualquer outro trabalho, se professores e estudantes estiverem distantes da atividade curricular produtiva e criativa, a atividade principal do ensino e do estudo estará ausente. Haverá, apenas, repetição alienada de conteúdos e tarefas escolares. Isso costuma acontecer quando a preocupação é tão somente desenvolver os itens de conteúdos escolares recomendados em conteúdos mínimos, seja na forma de programas de avaliação, como os vestibulares e o ENEM, seja por algum autor de livro didático, órgão administrativo ou da própria escola. Quando isso acontece, os professores não assumem a responsabilidade do ensino como criação e produção, nem os estudantes assumem seu estudo como atividade constitutiva de seu intelecto e da consciência de ser social participativo e solidário. A simples abordagem de itens desses programas não faz sentido nem para professores e muito menos para estudantes. O motivo das ações fica distante, não acontecendo a atividade constituinte de consciência. Ao buscar entender uma situação que está sendo estudada, os conteúdos e conceitos introduzidos pela prática pedagógica adquirem sentido, e desenvolvem a consciência sobre o real dado. Na SE, por propiciar o movimento do pensamento sobre o real com a introdução de um sistema conceitual histórico (pela disciplina escolar), proporciona-se o que Vigotski (2005) identificou como “o processo da formação de conceitos em toda sua complexidade [...]”, o qual “surge como um movimento do pensamento dentro da pirâmide de conceitos, constantemente oscilando entre duas direções, do particular para o geral e do geral para o particular [...]” (p. 100-101).

São esses aspectos que a SE busca superar, conforme segue.

Metodologia da Pesquisa Realizada

Pensamos, como hipótese, que a forma de produção, implementação e desenvolvimento de SE em sala de aula, e seu acompanhamento pela pesquisa, envolve de forma criadora e produtiva todos os grupos de sujeitos, sendo, portanto, constitutiva da consciência de todos. O mesmo processo, por decorrência da definição de SE e pelos pressupostos teóricos adotados, é constituinte de consciência por contemplar a colaboração entre pares, tornando-se trabalho coletivo e processo de internalização das relações sociais. A análise de indícios dessa consciência pelo estudo dos sistemas de atividade poderá indicar essa possibilidade com o passar do tempo, pois a proposta formativa de todos é de médio e longo prazo. Diferente de buscar esses indícios apenas, por exemplo, nos estudantes, os sistemas de atividade permitem fazê-lo, num mesmo grupo colaborativo em todos os seus sujeitos.

Para que fossem identificados os principais SA constituintes do GEQPC nomeamos os sujeitos que integram o GP. São eles: coordenador, licenciandos, pós-graduandos,

professores da escola parceira, professor formador interno e externo ao GP, pesquisador visitante e funcionários de apoio técnico-administrativo-pedagógico.

Representamos por meio do triângulo (Figura 1), que consideramos uma ferramenta de análise, os elementos do SA que tem como sujeito o professor da escola parceira integrante do GEQPC, além do SA designado ‘Pesquisa no GEQPC’.

As análises consideraram uma característica do modelo teórico de Engeström que é o fato de os SA interagirem e formarem redes de SA (1999). Este é um princípio fundamental para analisarmos, neste referencial teórico, processos que envolvem esferas distintas de produção humana ou a participação de grupos sociais diversificados, como aqueles deflagrados em GP para fins de realização de pesquisa e formação de professores.

Além de identificar os SA, esta análise consistiu em reconhecer, por meio da enunciação dos sujeitos, elementos que caracterizam a produção e desenvolvimento de uma SE como Atividade, orientada por um motivo, qual seja, a produção curricular, bem como quais ações e operações são evidenciadas neste momento, como da criação dos NPE.

Para isso, o material empírico analisado foi a transcrição da gravação de um encontro realizado no âmbito da escola, que contou com todos os sujeitos do GEQPC e da escola parceira, em momento de teorização sobre os pressupostos orientadores da produção curricular e seu acompanhamento pela pesquisa nos NPE, qual seja, a abordagem histórico-cultural, com base em Vigotski, Leontiev, e seus contemporâneos. Da transcrição desse encontro, foram selecionados episódios, os quais foram analisados à luz da TA e da TSA na sequência. Para análise dos dados, foi usada a metodologia de análise de conteúdo de Bardin (1977), em que o material empírico é organizado em três partes: primeira, a pré-análise, em que é feita uma leitura flutuante e a escolha dos documentos, seguida da exploração do material, e a terceira é o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

Todos os episódios analisados passaram pelo critério de categorização, em que foi possível identificar a presença ou não dos conceitos que fundamentam a TA e TSA. As categorias foram obtidas a partir da análise exploratória do material empírico. O tratamento dos dados, por meio de categorias, deu-se na sua conjunção com o referencial teórico da SE, TA e da TSA.

Neste trabalho, exploramos a categoria: APROPRIAÇÃO TEÓRICA DA SE. Assim, os episódios analisados se referem a ela.

Discussão dos Resultados

Na interpretação dos sistemas de atividade, conforme a TSA, os sujeitos compartilham objetos em uma comunidade da qual participam. Esses objetos podem ser propósitos ou motivos que mobilizam a comunidade na resolução de problemas, ou seja, na execução da atividade. Além disso, a comunidade compartilha um conjunto de ferramentas culturais, que são os

meios mediacionais necessários à interação entre os sujeitos, e deles com o mundo material em seu entorno. No caso do SA 'Pesquisa no GEQPC' (Figura 2), que é um SA "maior", constituído de pelo menos oito SA "menores", os objetos variam. Cada sujeito tem seu objeto particular, mas eles compartilham um objeto comum que, do ponto de vista deste trabalho, é a produção curricular.

Foi possível identificar oito Sistemas de Atividade componentes do SA Pesquisa no GEQPC, cujos sujeitos realizam atividades paralelas em outros SA que, em conjunto, constituem a atividade coletiva do Grupo: Coordenação, Participação pesquisador visitante, Participação professor formador externo, Participação professor formador interno, Participação pós-graduandos, Participação licenciandos, Participação professor da escola parceira e Apoio técnico-administrativo-pedagógico.

Ao identificar os SA constituintes do GEQPC, entende-se que o SA Participação da escola parceira, que tem como sujeito o professor da escola, é o que lhe confere a identidade de grupo de pesquisa na perspectiva das referidas tríades (Zanon, 2003): um sujeito em processo formativo, que tem participação em palestras e reuniões, produção de Situações de Estudo, desenvolvimento da SE produzida em sala de aula, pesquisa sobre este desenvolvimento, que constitui pesquisa sobre a própria produção curricular. Por isso, optou-se por apresentar somente o esquema do SA Participação da Escola Parceira, que tem como sujeito o Professor da escola parceira (PE) (Figura 3).

O sujeito Professor da escola parceira em atividade de produção de uma SE, o faz por meio dos artefatos mediacionais citados no vértice superior do triângulo, entre outros. Está submetido às regras do GP, mas também às regras da escola

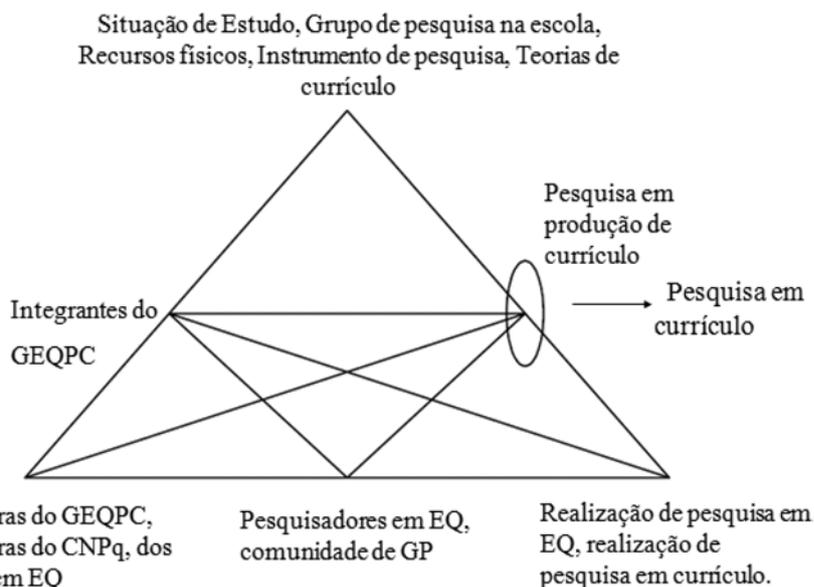


Figura 2: Esquema representativo do SA Pesquisa no GEQPC. Fonte: a partir de Engeström *et al.* (1999).

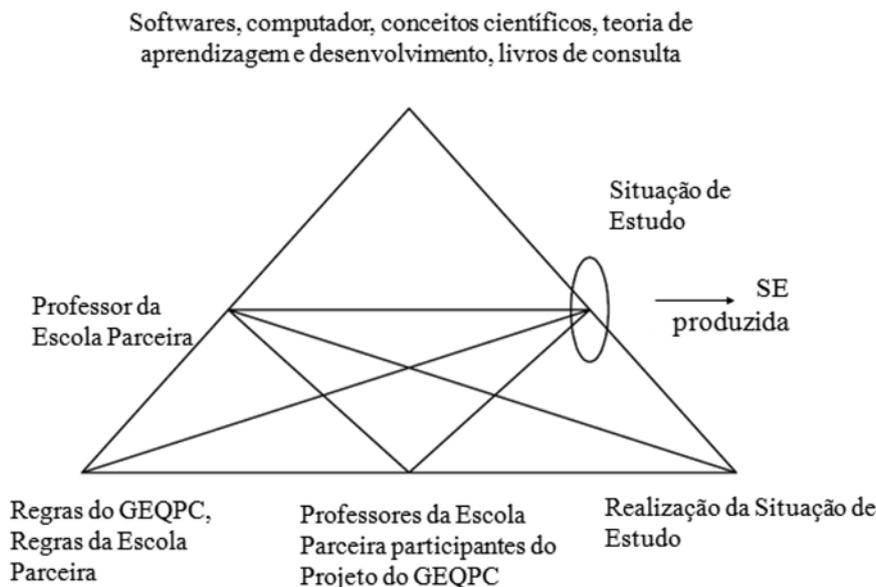


Figura 3: Esquema representativo do SA Participação Professor da Escola Parceira. Fonte: a partir de Engeström *et al.* (1999).

parceira, tal como horário de realização das tarefas escolares. Ele pertence à comunidade de professores da escola parceira participantes do GEQPC, que estão engajados no processo de produção de SE e desempenha o papel de realizador da SE. Seu lugar é de sujeito da interface universidade x escola, por atuar nesses dois contextos (Vasconcelos *et al.*, 2017).

Reconhece-se, nos princípios da TSA citados anteriormente, uma possibilidade teórica, mas também metodológica, de análise para o SA Participação Professor da Escola Parceira, identificado, para efeito deste artigo, como fundamental no quadro constitutivo do GP.

Assim, de acordo com o primeiro princípio, o SA Participação Professor da Escola Parceira não pode ser interpretado isoladamente: deve ser visto em sua rede de relações com outros SA que, ressalte-se, podem não ser necessariamente os outros sete nomeados – Coordenação, Participação pesquisador visitante, Participação professor formador externo, Participação professor formador interno, Participação pós-graduandos, Participação licenciandos e Apoio técnico-administrativo-pedagógico. De fato, a atividade de produção da SE pelo professor da escola parceira não se realiza sem as demais atividades dos sujeitos dos outros SA. Essas atividades se constituem em meio aos seus motivos, digamos, laterais, para atender prioritariamente às necessidades do professor da escola parceira no intuito de fazê-lo atingir o objeto da sua atividade, qual seja, a produção da SE. Operacionalmente, a relação entre os SA se estabelece, via de regra, por meio das ferramentas culturais veiculadas nas interações do GEQPC com os sujeitos componentes do grupo como um todo. Essas interações, objetivadas, materializam as atividades de cada sistema. Há ainda outros importantes vínculos entre os SA mediante a divisão de trabalho e as regras de funcionamento de cada SA.

A atividade do pesquisador visitante se assemelha, em alguns aspectos, à de um professor na sala de aula, pois protagoniza a exposição dos fundamentos teóricos da SE nas reuniões com o grupo completo, discute, esclarece dúvidas sobre ela, e assessora a coordenação nos assuntos relacionados à pesquisa em GP propriamente, pois tem acumulada extensa experiência profissional nesse campo.

O professor formador externo, sujeito do SA Participação professor formador externo, também atua de forma semelhante a um professor na sala de aula, porque, quando solicitado, expõe, explica, discute, contextualiza os fundamentos das Teorias da Atividade e dos Sistemas de Atividade – ações dirigidas principalmente à parte do grupo que faz pesquisa universitária, os pós-graduandos.

O professor formador interno apresenta os fundamentos teóricos e práticos para a realização de todas as etapas da produção coletiva da Situação de Estudo, bem como do seu desenvolvimento. Introduce signos específicos do campo disciplinar para a significação da linguagem disciplinar (física, química e biologia) e da linguagem interdisciplinar, via desenvolvimento da SE da referida área do conhecimento.

Os pós-graduandos, sujeitos do SA Participação pós-graduandos, comparecem a todas as reuniões do grupo e da escola. Eles dispõem das exposições teóricas para fundamentar suas dissertações e teses, usufruem das discussões que acontecem entre os seus integrantes, participam ativamente delas e, ao mesmo tempo, vão se familiarizando com o ambiente de pesquisadores e de professores pesquisadores de sua prática. Igualmente, participam ativamente das etapas de extensão quanto à produção curricular das SE e atuam na realização da pesquisa colaborativa entre a universidade e a escola.

O SA Participação licenciandos tem como sujeitos os licenciandos dos cursos de Química, Biologia e Física, que estão presentes nas reuniões do grupo e do NPE, desfrutam das informações e dos diálogos veiculados entre os componentes do grupo – e assim fundamentam teoricamente e metodologicamente seus TCC – e internalizam os saberes e conhecimentos de professor, os quais orientarão futuramente sua conduta pedagógica. Ou seja, participam ativamente na produção e elaboração do texto teórico e metodológico que constitui a SE.

O SA Apoio técnico-administrativo-pedagógico escolar é constituído pela equipe diretiva e coordenação pedagógica, que viabiliza a realização das reuniões do grupo com os NPE, no que se refere às instalações físicas para a sua realização, às convocações dos professores das diferentes áreas do conhecimento, bem como quanto aos materiais didáticos e pedagógicos de apoio para produção das aulas pelos professores.

O SA Coordenação do GEQPC, na pessoa do coordenador, sujeito desse SA, autoriza e coordena o fluxo das ações e operações entre o apoio técnico-administrativo-pedagógico escolar, a participação da escola parceira, os licenciandos, os pós-graduandos, os pesquisadores e os professores formadores, bem como atua também como professor formador interno. Como coordenador geral, introduz sempre novas problematizações acerca destas ações e de seus reflexos em termos de aprendizagens dos estudantes. Essas inserções acontecem por meio da própria produção das SE como um todo, da condução dos encontros presenciais, tanto aqueles mediados pelos coordenadores dos NPE quanto aqueles realizados no âmbito do GEQPC. Acontecem, também, por meio da introdução da prática de utilização dos instrumentos para a realização da pesquisa colaborativa, como a escrita em portfólio, e os relatos de experiências entre os integrantes do grupo. Enfim, trata-se de um sujeito mediador que atua diretamente nos diferentes SA.

Ao analisar-se o GEQPC sob a ótica dos oito SA, identifica-se prontamente o segundo princípio da TSA, o da multivocalidade, nas diferentes vozes (Bakhtin, 2003; 2003a) que os povoam, expressas nos interesses de todos os sujeitos componentes desses SA. Agora, ao se analisar os SA constituintes do GEQPC, do ponto de vista do SA Participação do professor da escola parceira, levanta-se a questão: quais vozes povoam este SA e o sujeito deste SA? Para respondê-la, lança-se mão do conceito bakhtiniano, circunscrito ao GP; porém, mesmo assim, é impossível caracterizar todas as vozes que povoam esse

sujeito, pois eles são constituídos pela sua história, e o próprio SA é o conjunto da história dos seus artefatos mediacionais e das suas regras. Na tentativa de pontuar algumas vozes que povoam os sujeitos desse SA, pode-se citar a interlocução ocorrida nas reuniões do NPE e o material de apoio utilizado para a elaboração das SE. Além dessas vozes, digamos, internas ao GP, outras, externas, também povoam o SA Participação do professor da escola parceira: o livro didático, por sua tradição de uso em sala de aula, e todo o material de estudo do professor. A própria história da formação profissional dele é uma importante voz a povoar o sujeito na sua atividade nesse SA.

O terceiro princípio, historicidade, para o SA Participação do professor da escola parceira, circunscrito ao GEQPC, só pode ser entendido no período de constituição e de desenvolvimento deste SA em âmbito geral, ou seja, em contraste com a história das ideias e teorias de aprendizagem/formação de professores de Química, Física e Biologia, bem como com a relação desse professor e as teorias de currículo.

O quarto princípio é o do papel central que as contradições representam, como fontes de mudanças e de desenvolvimento. As contradições podem ser traduzidas em tensões, conflitos, problemas locais – lembrando, com Engeström *et al.* (1999), que contradições não são o mesmo que estes aspectos, mas algo mais abrangente, de maior amplitude. Localiza-se uma contradição bastante radical, nesta análise: o professor da escola tem de produzir as SE que, embora tenham um formato sugerido, permitem a ele exercer sua autonomia ao escolher uma temática orientada pelo seu contexto de atuação, um conceito a ser explorado em detrimento de outros, as relações interdisciplinares, e também ao desenvolver pedagogicamente a dinâmica das aulas que compõem as SE e ao propor tarefas avaliativas também à sua escolha. Essa lista de ações caracteriza uma contradição, ao considerar-se que estão a seu dispor prontos, nos livros didáticos, os conteúdos trabalhados pedagogicamente, em uma sequência tradicionalmente definida. Quer dizer, uma organização curricular tradicionalmente estabelecida. O que se soma a esta contradição é o fato de que o professor precisa seguir diretrizes curriculares governamentais que também estão expressas no material didático de uso corrente do professor. Esta contradição pode levar a conflitos: os professores podem resistir, não produzirem as SE ou mesmo copiarem os temas, conteúdos, estratégias metodológicas, tarefas avaliativas do material didático que têm à disposição no mercado editorial. Entretanto, também pode ser fator de alimentação do ciclo de transformações expansivas (Engeström *et al.*, 1999) do SA Produção do professor da escola parceira, no sentido de contribuir para que o professor utilize em suas aulas algum elemento proveniente das SE por ele produzidas no intuito de complementá-las, ou mesmo modifica-las.

Segundo Engeström *et al.* (1999), o subtriângulo superior do triângulo dos SA (Figura 1) deve ser visto como a ponta de um iceberg, ou seja, com muitas ações individuais aninhadas representadas nele. Assim, passa-se a analisar ações individuais do

sujeito professor da escola parceira no contexto da reunião do GP que serve como material empírico para a análise que segue.

Episódio 1 – Perguntou-se aos Professores da Escola: Qual Foi a Primeira Dificuldade em Planejar a SE?

Diálogo: Professor da Escola (PE1, PE2, PE3, PE4) e Pesquisador Visitante (PV)

[PE 1] Eu senti uma certa fragilidade ou insegurança: até quando eu posso avançar nesse conteúdo? Esse foi o primeiro ponto que incomoda, porque a gente está acostumado com aquela sequência que se aprende na escola, que a gente vê no livro didático, e que tu pega um assunto e aprofunda o máximo. E aí na SE tu fica com aquela dúvida incomodando. Até que ponto eu vou aprofundar? Porque eu tenho na situação de estudos vários elementos que vão aparecer e vários conteúdos que não necessariamente vão estar lá no primeiro ou no segundo, vai estar permeando o nosso currículo que vai atender 1º, 2º e 3º ano, então essas coisas incomodam. Até porque não tenho experiência!!!

[PV] Posso fazer mais um comentário a respeito, eu acho que essa é uma questão crucial, aí tem que ver bem que uma situação de estudo está situada também no **tempo de preferência**, na divisão do **tempo escolar**. Por que nós temos que criar condições de factibilidade, não adianta nós produzir nas nuvens e na escola não vai funcionar por uma série de razões. As instituições têm regras, e a pesquisadora A tem um sistema de análise, que é um sistema de atividades que a gente vai poder testar bem como é que funciona, que é poder mostrar que existem muitas outras questões. Eu não sei, acho que aqui no RGS o período escolar é o trimestre, é isso? Aí o trimestre, ele envolve necessariamente o processo avaliativo, ele envolve um registro, envolve um tempo de execução, e uma atividade, então SE tem que ter essa preocupação também. Então a maior tentação, é o fato de você **desvendar o real** que tem uma característica incrível, ele é muito complexo. O real permite muitas coisas, muitas abordagens que aí você vai ter uma lista que não termina nunca. Isso a gente tem que logo entender que a **SE tem a característica de delimitar o tempo**.

Quando o PE1 questiona: “(...) *até quando eu posso avançar nesse conteúdo, esse foi o primeiro ponto que incomoda, por que a gente está acostumada com aquela sequência que se aprende na escola, que a gente vê no livro didático*”, fica evidente que é preciso discutir o embasamento teórico que sustenta a SE, o qual requer uma mudança na lógica curricular

que o próprio professor denuncia, qual seja, orientada por uma sequência, a mesma do livro didático. Uma mudança na forma estrutural do currículo e em suas metodologias exige uma mudança de concepção de currículo, por exemplo, no campo epistemológico. Segundo Maldaner (2007), os pressupostos epistemológicos de SE requerem compreensão do sentido de produção e validação da ciência.

Na sequência do diálogo, o PV argumenta sobre a importância de desvendar o real, via SE. Para isso, segundo ele, é preciso delimitar o tempo e estar atento para a escolha acerca do que deve ser trabalhado, considerando as condições do tempo escolar, qual seja, o trimestre.

Outro Professor da escola (PE2) (regente do Ensino Fundamental, com formação inicial em Pedagogia – Alfabetização nos Anos Iniciais) também se pronuncia com relação ao tempo escolar para colocar em ação uma SE em sua sala de aula. Para esses professores que atuam nos anos iniciais do Ensino Fundamental, percebe-se menor ênfase na linearidade curricular em relação ao tempo escolar.

PE2: [...] na questão do currículo ... a gente tem uma prática... a gente encontra um pouco menos de dificuldade nessa questão porque se tem a questão temporal, você tem todo o ano com um grupo né, então você consegue perceber o aluno, você consegue conhecer o aluno, sabe quem vai ter dificuldade no que e isso ajuda bastante né. Assim ó, trabalhando com os pequeninhos foi minha primeira experiência, é bom ... a gente contribui um pouco mais e é muito rico como a colega falou essa troca porque no currículo apesar de se conhecer o aluno essa troca também é deficiente. A gente se encontra pouco pra partilhar esse saber tanto que elas preparam a mesma coisa...e nós não havíamos trocado essa percepção... uma construção em cima da percepção de todos.

O professor PE2 esclarece que, por ficar o ano letivo inteiro com os mesmos alunos, tem a vantagem de conhecê-los, perceber as suas dificuldades e progressos, e assim consegue administrar com mais facilidade o tempo pedagógico em relação ao que propõe a SE. De modo que o entendimento de que a escolha do que vai ser trabalhado depende do professor é uma característica importante da SE, e precisa de um tempo para o seu encaminhamento, conforme pontuou o Pesquisador Visitante.

Episódio 2 – Conceitos da TA e TSA no Planejamento e Execução da SE

[PE3] Em uma das reuniões na segunda feira, a gente falava sobre isso, dentro da química mesmo, uma atividade experimental, ligar o *led* direto no soluto, o sal. O livro disse que não vai conduzir, mas se pegarmos um dia muito úmido aqui [refere-se ao

lugar] o *led* acende. Então são situações reais, é um processo investigativo e aí a gente tem que estar preparado para essas eventualidades. É importante fazer o experimento antes, para se preparar para futuras eventualidades. Que o livro que é idealizado em modelos e a gente está trabalhando o experimental na situação real. Às vezes pode fugir do modelo.

[PV] Então aí que está, para cada situação que iremos planejar, ele vai ter que olhar, bom! Eu tenho essa SE, ela se presta muito bem para determinada matéria e tal, e eu teria esse conjunto de conceitos preliminarmente planejados, preliminar. E aí como é que se organizam as aulas? essas aulas na linguagem que a pesquisadora A trouxe, diz que se a gente conseguir adaptar a uma SE ela envolve uma ação, e um planejamento de uma aula passa a ser uma ação. E se essa ação vai se desencadear na aula mesmo, a operação.

A “pesquisadora A” citada pelo Pesquisador Visitante é o sujeito Professor Formador (PF) externo ao GEQPC.

Ficou claro para o professor da escola que trabalhar com situações reais levam as aulas para um nível de maior complexidade. Dessa forma, desenvolver as aulas que compõem a SE requer um planejamento. A atividade de planejar compreende, segundo a TA, um motivo, uma ação ou ações e operação (Leontiev, 1988). Segundo Leffa (2005), um dos fundamentos da TA é a capacidade do sujeito relacionar conscientemente os três níveis. Assim, a atividade de planejar consta das relações entre as ações, a exemplo de delimitar os conceitos a serem abordados, em certas condições de operação, ou seja, em um tempo escolar trimestral. Quando o motivo, a produção do currículo por SE, ou seja, a necessidade do sujeito PE, coincidir com o objeto da atividade, tem-se reconhecida uma Atividade.

O Pesquisador Visitante contribui na afirmativa dessa categoria quando argumenta:

[PV] Então no planejamento e na produção da SE, a gente vai ter que **planejar as ações, as diversas aulas, que vamos dar**. Mas o importante é que nesses processos a gente terá que fazer alguns cortes [tomada de decisão]. Esta aqui, por exemplo, pode ficar uma questão aberta. Lá no livro está escrito, com tal situação não ia conduzir [eletricidade]. Bom, isso poderá ser explorado como projeto específico: Aí então o grupo de alunos, diria, gostaríamos de avançar nisso e passar à produção dos alunos. E aí na SE sempre deverá ter esse meio que são as execuções dos planejamentos das ações: suas operações, das mais diversas maneiras, como a pesquisadora A já citou e nós vamos tentar achar explicitações disso, nós só temos esquemas, aí o aluno produzindo [...].

Nesse trecho é notável o conhecimento do PV, ao contextualizar a atividade de produção e execução da SE tendo como

fundamento teórico a TA, a partir da identificação dos três níveis: atividade, ação e operação (Leontiev, 1988). A ‘atividade’ está relacionada às necessidades humanas e é orientada para o objeto. Neste caso, a atividade é produzir currículo por SE. A ação constitui as metas a serem alcançadas, ou seja, definir uma SE a ser desenvolvida, planejar as aulas que irão compor a SE, delimitar os conceitos científicos a serem significados, dentre outras ações. As operações são as condições de realização da ação. Por exemplo: definir uma SE a ser desenvolvida fazendo uma consulta à comunidade do entorno escolar por meio de entrevistas. Ou, planejar as aulas que irão compor a SE utilizando material pesquisado na internet. Ou ainda, utilizando livros paradidáticos, etc. Assim, produzir SE significa produzir algo próprio, de sua autoria, que caracteriza uma marca significada desse sujeito professor em atividade de produção curricular.

Episódio 3 – A Motivação para o Surgimento de uma Nova Atividade

[PE4] Assim ó, eu me vi no primeiro dia com o professor visitante, vários aspectos eu cheguei me enxergar nele, assim né, nas dúvidas, questões, pontos de interrogações e que me levaram a fazer vários questionamentos sobre a minha prática e como eu estava trabalhando. Hoje, vendo a senhora falar, eu achava que quando eu comecei a fazer as minhas coisas, eu trouxe até outro dia, e a [refere-se à coordenadora do GEQPC], olhou a Profª [refere-se a outro sujeito professor de Escola] que trabalha comigo, até assim ó eu me achei um pouquinho, eu me fazia os questionamentos: será que estou sendo aquela professora do ensino médio que o meu aluno precisa ou será que não estou sendo muito mãezona? Aquela professora do ensino fundamental que de repente pega lá aqueles conteúdos básicos de 5º e 6º ano, eu queria produzir a situação de estudo, então eu pensei em mostrar porque de repente eu estivesse fazendo correto. Olhando o teu material aqui eu me enxerguei realmente, me vi exatamente. Coisas básicas e vendo que resgata conceitos básicos que eles tiveram né para introduzir um novo conceito e me vi assim, estou numa caminhada correta, eu busco coisas de repente eles tenham ouvido falar para introduzir um novo conceito. E pegando outra fala que tu falaste do mapa conceitual. Eu estou assim ó, depois da greve, quando entrou a greve eu estava entrando em soluções que a situação de estudo é exatamente água com eles e aí eu pedi para eles trazerem rótulos, eu comentei com [refere-se a outros professores]. E coordenadora do GEQPC disse assim, ah é importantíssimo, mas eu não comentei nada com ela o que eu ia fazer e a partir dos rótulos eu ia montar exatamente um mapa conceitual sobre

soluções [...]. A situação de estudo me proporcionou também trabalhar com outros professores. Eu trabalhei com a Profª de Artes, no 1º ano e aí nós fizemos um trabalho porque a gente construiu um jornal-mural, [...] depois a [refere-se a professora da Escola] me chamou pra trabalhar tinta com eles que a gente não sabia como botar em prática, daí ela queria trabalhar tintas e aí trabalha toda a questão de química nessa situação e daí a gente não conseguia botar em prática então a situação de estudo. Hoje eu já estou vendo ela como um novo horizonte já com a coisa mais aberta, já me desprendendo daquela coisa assim de pegar o livro didático e preparar isso e isso. Hoje eu já consigo enxergar um panorama diferente!

Semelhante ao Episódio 2, esse outro professor da escola também não tinha conhecimento sobre os pressupostos e princípios imbricados na SE, mas não teve receio de trabalhar os conceitos, os quais ele compreendia serem necessários para o desenvolvimento da SE, a exemplo da água. Percebe-se em PE4 entusiasmo pela temática água, reconhecendo que se sentia confortável movendo-se na abordagem conceitual. Segundo seu relato, a professora promoveu ações para que os alunos se apropriassem dos conceitos como artefatos mediacionais para a compreensão da temática água, alinhando-se a este importante propósito da SE. Segundo Leontiev (1978),

A primeira condição de toda a atividade é uma necessidade. Todavia, em si, a necessidade não pode determinar a orientação correta de uma atividade, pois é apenas no objeto da atividade que ela encontra a sua determinação: deve, por assim dizer, encontrar-se nele. Uma vez que a necessidade encontra a sua determinação no objeto (se “objetiva” nele), o dito objeto torna-se motivo da atividade, aquilo que o estimula (Leontiev, 1978, p. 115).

Em outras palavras, a Atividade, segundo o autor, tem como característica o motivo pelo qual o sujeito se dispõe a agir diante de uma necessidade. Assim, PE4 tinha uma necessidade, qual seja, produzir uma SE, que se objetivou na SE (o objeto da atividade de PE4 é a SE), a qual também se tornou o motivo da atividade de PE4.

[PV] Em primeiro lugar no ensino médio a característica é disciplinar, existe a disciplina, mas existe uma ideia bastante forte nos documentos que jogam que as disciplinas precisam ser percebidas dentro de uma área de conhecimentos e que isso também vai repetir-se no 5º ao 9º ano e obviamente nos outros também. No ensino médio a característica por área é importante e aí também é importante a interdisciplinaridade, ou seja, um sistema de conceitos que não é nada mais, nada menos que um mapa conceitual. Quando fala mapa conceitual ele fixa um signo

num sistema mais aberto. Bom, existe na minha opinião uma ideia e eu gostei muito do esquema que a [coordenadora do GEQPC] apresentou ontem que vocês viram que existe uma situação de estudo e aí vem uma pergunta central e de área. Qual é o objetivo que existe entre as áreas, que seria então aquilo que engloba a escola como um todo? Então essa é uma pergunta importante! Mas também existem as perguntas específicas: Que as ciências da Natureza propõem como um todo para esse período escolar, digamos o trimestre. Bom, então como isso é encaminhado na prática? Para isso precisa do planejamento coletivo. E vocês têm na escola a ideia do professor por áreas se reunir ter o dia de reunião e isso é importante!!!

PV pontua sobre as condições de operação do planejamento coletivo a fim de direcionar as tarefas, bem como as ações que esta atividade abrange, no sentido de intencionalidade na área e nos componentes específicos, como responder a uma problemática por meio dos conteúdos. Os conteúdos, no caso, são artefatos mediacionais e definem o grau de compreensão dos conceitos, os quais pertencem a um sistema conceitual em maior ou menor generalidade. São compreensões que precisam ser apreendidas, significadas nessas interações de formação, na interface universidade e escola. Nessa direção, a compreensão do referencial teórico que fundamenta a SE, bem como os fundamentos que pautam a pesquisa sobre essa atividade, constituem níveis de consciência que podem evoluir, e espera-se de fato que evoluam, durante o processo de produção da SE. Nota-se que a fala de PE4 mostra que suas ações estão se encaminhando para cumprir os objetivos estipulados teoricamente pela SE.

Assim, as ações dos sujeitos professores PE1, PE2, PE3 e PE4 fazem com que o objeto da sua Atividade (a SE) apareça na relação com o motivo da atividade (produção da SE), pois, de acordo com Leontiev (1978, p. 317): “Não levando o objeto da ação, por si próprio, a agir, é necessário que a ação surja e se realize, que o seu objeto apareça na relação com o motivo da atividade em que entra essa ação”. Para isso, é imprescindível a realização da ação pelo sujeito que, desse modo, é transformada em atividade, ou seja, em processo constitutivo/formativo.

Então, de acordo com os pressupostos teóricos considerados, entende-se que colocar o professor em atividade é indispensável para o bom êxito do processo formativo. No caso, trata-se da atividade de produção de SE, a qual é, no caso, o dispositivo formativo subjacente à atividade de desenvolvimento curricular, em que o professor assume protagonismo. Os professores da escola iniciaram o processo de produção e desenvolvimento das situações de estudo, explicitando, assim, critérios na escolha do tema, dos conteúdos e dos conceitos, e seu alcance em termos de aprendizagem dos estudantes, dentre outras ações.

Considerações Finais

A realização da atividade de produção de SE e seu acompanhamento pela pesquisa indicam que, na relação GEQPC e escola parceira, existem muitos sistemas de atividades em curso, dos quais dois foram identificados e analisados neste trabalho. Os SA identificados comprovam a existência dos processos formativos. Identificaram-se processos formativos na realização da atividade de produção da SE (motivo, ação e operação) que estão constituindo e mediando as interações entre o grupo de pesquisa GEQPC e a escola de educação básica, e sinais promissores de que tal atividade evoluirá para a prática da pesquisa colaborativa entre os sujeitos dos SA pertinentes. Pode-se mencionar ainda o processo de pesquisa que o professor da escola vivencia ao produzir a SE, quando o acompanha, em ações como descrever, discutir, analisar, interpretar à luz da teoria.

Com isso, um processo de formação está presente, porém, de forma subjacente. Ao serem explicitadas suas intencionalidades, passa a contribuir para o desenvolvimento de habilidades, justamente porque os participantes dos processos interativos em “tríades” desenvolvem ações com aportes teóricos e metodológicos que fundamentam a produção da SE e a consequente reorganização curricular.

Nesta fase inicial de construção da SE, é reconhecida a necessidade dos grupos GEQPC e núcleos de pesquisa na escola trabalharem intensamente em conjunto, no sentido de apoiar teórica e metodologicamente a produção curricular.

A fundamentação teórica de abordagem histórico-cultural, que permeia este movimento formativo para todos os sujeitos no SA Pesquisa no GEQPC, mostrou-se relevante e está em processo de apropriação por todos os sujeitos. Com isso as atividades, produção de SE e desenvolvimento de currículo por SE, tornam-se, também, objeto de pesquisa a ser realizada pelos outros integrantes do GEQPC. Tanto a significação conceitual que fundamenta a SE (Vigotski, 2001), quanto a sua análise em fase de produção e desenvolvimento pela TA e TSA, constituem objetos de estudo e pesquisa.

Percebeu-se que, com o desenvolvimento dos trabalhos no GEQPC, diversos SA irão interrelacionar-se e, dessa forma, novas redes poderão ser estabelecidas, proporcionando outras interações constitutivas.

Notas

¹Disponível em <https://www.helsinki.fi/en/researchgroups/center-for-research-on-activity-development-and-learning>, acessada em Janeiro 2019.

²Disponível em <https://www.iscar.org>, acessada em Janeiro 2019.

³Disponível em <https://iscarbrasil.wordpress.com/>, acessada em Janeiro 2019.

Referências

- ARAÚJO, M. C. P.; AUTH, M. A. e MALDANER, O. A. Autoria compartilhada na elaboração de um currículo inovador em ciências no ensino médio. *Contexto & Educação*, n. 77, p. 214-262, 2013.
- AUTH, M. A.; MALDANER, O. A.; WUNDER, D. A.; FIUZA, G. S. e PRADO, M. C. Situações de estudo na área do ensino médio: rompendo fronteiras disciplinares. In: MORAES, R. e MANCUSO, R. (Eds.). *Produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.
- BAKHTIN, M. *Estética da criação verbal*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- _____. *Marxismo e filosofia da linguagem: problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem*. Trad. M. Lahud e Y. F. Vieira com a colaboração de L. T. Wisnik e C. H. D. C. Cruz. 9ª ed. São Paulo: Hucitec/Annablume, 2003a.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. *Resolução n. 2 de 1º de julho de 2015*. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file>, acessado em Janeiro 2019.
- DANIELS, H. *Vygotsky e a pedagogia*. São Paulo: Edições Loyola, 2003.
- ENGESTRÖM, Y.; MIETTINEN, R. e PUNAMAKI, R. (Orgs.). *Perspectives on activity theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- GEHLEN, S. T.; ALBRECHT, M. R. A. e AUTH, M. A. Implicações curriculares no ensino fundamental: área de ciências naturais. In: *Atas do IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que Fazem Investigação na sua Escola*. Lajeado, RS, 2005.
- LEFFA, V. J. Aprendizagem mediada por computador à luz da teoria da atividade. *Calidoscópio*, v. 3, n. 1, p. 21-30, 2005.
- LEONTIEV, A. N. O homem e a cultura. In: LEONTIEV, A. N. *O desenvolvimento do psiquismo*. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.
- _____. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R. e LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone, 1988.
- LIMA, G. S. e GIORDAN, M. O movimento docente para o uso da divulgação científica em sala de aula: um modelo a partir da teoria da atividade. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, n. 18, p. 493-520, 2018.
- MALDANER, O. A. Situações de estudo no ensino médio: nova compreensão de educação básica. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007.
- _____. e ZANON, L. B. Situação de estudo: uma organização curricular do ensino que extrapola a formação disciplinar em Ciências. *Espaços da Escola*, n. 41, p. 45-60, 2001.
- MASSI, L. e GIORDAN, M. A formação do pesquisador e do professor no ensino de ciências como sistemas de atividade. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 2769-2774, 2017.
- NERY, B. K. *O ciclo de desenvolvimento do professor e o sistema de atividades aprendizagem on-line em um curso de especialização em ensino de ciências*. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- _____. e GIORDAN, M. Fundamentos da teoria dos sistemas de atividades para organizar e interpretar programas de formação continuada de professores em ambientes virtuais de aprendizagem. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Formação de professores: múltiplos enfoques*. São Paulo: Sarandi, 2013.
- RITTER, J. *Recontextualização de políticas públicas em práticas educacionais: novos sentidos para a formação de competências básicas*. Curitiba: Appris, 2017.
- SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, v. 25, p. 14-24, 2002.
- VASCONCELOS, A. R. A.; RITTER, J.; UMPIERRE, A. B. e SOUSA, T. B. G. Processos de mediação de currículo na interface universidade e escola. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 2413-2417, 2017.
- VIEIRA, L. B. G.; FERNANDES, G. W. R.; MALDANER, O. A. e MASSENA, E. P. Situação de estudo: o que vem sendo publicado em eventos e periódicos na área de ensino de ciências? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, e2914, 2018.
- VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Trad. P. Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- _____. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Trad. J. Cipolla Neto; L. S. M. Barreto e S. C. Afeche. 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- _____. *Pensamento e linguagem*. Trad. J. L. Camargo. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- ZANON, L. B. *Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente: módulos triádicos na licenciatura em química*. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2003.

Para Saber Mais

- ENGESTRÖM, Y. *Studies in expansive learning: learning what is not yet there*. New York: Cambridge University Press, 2016.
- MOURA, M. O. *A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural*. Brasília: Liber Livro, 2010.

Sensibilidade Moral de Licenciandos em Química diante de Conflito Ético na Prática Científica

Moral Sensitivity among Pre-Service Chemistry Students Concerning Ethical Conflicts in Scientific Practice

Guilherme B. da Silva e Salete L. Queiroz

Resumo: Considerando a necessidade da abordagem da ética enquanto tema transversal no espaço formal de ensino e, conseqüentemente, do desenvolvimento moral dos educandos, buscou-se com este trabalho investigar a sensibilidade moral de licenciandos em química, a partir das respostas empregadas por eles ao identificarem os diferentes aspectos morais da situação narrada no caso denominado Diane Archer, que envolve o plágio, conflito ético da prática científica. Para tanto, foi utilizado como referencial teórico o Modelo dos Quatro Componentes, o qual sugere que existem quatro processos psicológicos básicos intrínsecos ao raciocínio moral (sensibilidade, julgamento, comprometimento e caráter moral). Os resultados deste estudo corroboram não somente a validade do Modelo adotado para o objetivo, como também sinalizam lacunas no que diz respeito à formação dos licenciandos, especificamente no que tange à sensibilidade moral. Dessa forma, existe a necessidade de realização de mais iniciativas envolvendo esse tipo de abordagem na formação inicial de professores, uma vez que práticas que promovam a tomada de decisão e o desenvolvimento moral dos alunos na educação básica estão diretamente relacionadas com as habilidades dos professores que as empregam.

Palavras-chave: Sensibilidade Moral. Ensino de Química. Formação Inicial de Professores.

Abstract: Considering the need to address ethics as a transversal theme in the formal teaching space, this paper aims to investigate the moral sensitivity of pre-service chemistry students based on responses they gave when identifying different moral aspects of a situation narrated in the case study called “Diane Archer”, which involves plagiarism, ethical conflict of scientific practice. To do this, the Four Component Model was used as the theoretical reference, which suggests that there are four basic psychological processes intrinsic to moral reasoning (sensitivity, judgment, commitment and moral character). The results of this study corroborate not only the validity of the Model adopted for the objective, but also show gaps in pre-service chemistry students’ education, specifically regarding moral sensitivity. Thus, there is a need for more initiatives involving this type of approach in initial teacher training, as practices that promote decision making and the moral development of students in basic education are directly related to the teachers’ skills who use them.

Keywords: Moral Sensitivity. Chemistry Teaching. Initial Teacher Training.

Guilherme Balestiero da Silva (guilhermesilva@usp.br) é mestrando do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP) e membro do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC/IQSC), licenciado em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), São José do Rio Preto, e pela Universidade de Coimbra, Portugal (graduação sanduíche). São Carlos, SP – BR. **Salette Linhares Queiroz** (salette@iqsc.usp.br) é doutora em Química pela Unesp e professora do IQSC/USP, onde coordena o GPEQSC. São Carlos, SP – BR.
Recebido em 26/09/2018, aceito em 26/11/2018

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

Quando considerados os objetivos da educação básica, segundo os documentos oficiais que regem a educação brasileira, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), a formação ética do indivíduo ganha evidência:

Art. 35 – O ensino médio etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidade: [...] III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico (Brasil, 2017, p. 24).

Configurando-se como uma temática transversal, a abordagem da ética se torna pertinente às diferentes áreas do saber, e envolve o acesso ao conhecimento e à capacidade de, a partir dele, o aluno tomar decisões e agir em serviço e a favor da comunidade. No entanto, para a tomada de decisão e participação socialmente ativa, o indivíduo deve ser capaz de agir moralmente e assim utilizar valores considerados universalmente como norteadores das relações sociais e da conduta dos homens.

Dessa forma, se torna imperativo a inserção de práticas no ensino de ciências que contribuam para o desenvolvimento moral dos educandos. Porém, fazer com que os alunos da educação básica desenvolvam atitudes moralmente aceitáveis exige que o professor não somente utilize estratégias que promovam a tomada de decisão e o exercício de valores socialmente aceitos, mas também que estes tenham uma conduta ética adequada e sejam capazes de desenvolver respostas bem fundamentadas para problemas éticos envolvidos na prática da ciência e na sua vida profissional.

Nessa perspectiva, Razera e Nardi (2006) afirmam que as discussões que incluem a moralidade na escola geram algumas necessidades, dentre as quais, formação de professores (inicial e continuada) que possibilite tais experiências, e pesquisas no campo do ensino de ciências voltadas para essas questões. Assim sendo, o presente trabalho busca contemplar tais lacunas ao se caracterizar como um estudo voltado para o desenvolvimento moral na formação inicial de professores de química. Esse objetivo está alinhado com recomendações presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (Zucco *et al.*, 1999), uma vez que estas sugerem que a formação do licenciando, dadas as demandas sociais, deve enfatizar questões como globalização, ética, flexibilidade intelectual etc.

Nesse sentido é interessante, inicialmente, estabelecer uma distinção entre moral e ética. Dentre a variedade de definições existentes na literatura, compartilhamos a visão de La Taille (2006) que considera a moral referente à dimensão dos deveres, isto é, com ela buscamos responder “como devo agir?” ou “o que devo fazer?”, e a ética uma reflexão filosófica ou científica sobre a moral. Assim, fazendo uso das palavras de Guimarães (2011, p. 7), “o dever de não mentir pertence à dimensão moral, mas a reflexão sobre se algumas vezes a mentira pode ser melhor ou menos danosa que a verdade, pertence a dimensão da ética”. De modo geral, a moral é externa ao indivíduo e varia

de acordo com a sociedade e a cultura em que está imerso.

Assim sendo, a moral estabelecida a partir dessa relação é descrita por Kant (2005) como uma moral heterônoma, a qual é guiada por motivos extrínsecos à pessoa. Nesse caso, conforme afirma Guimarães (2011), o indivíduo não enxerga o valor das regras em si, mas sim o valor que a sociedade atribui a elas. Esse aspecto ressalta a importância da abordagem de questões que envolvam dimensões éticas e morais nos espaços formais de ensino. Segundo Bebeau (1995), o indivíduo é treinado desde pequeno a seguir regras sem uma reflexão crítica do porquê delas, dessa forma, quando nos deparamos com situações que não possuem regras estabelecidas *a priori* encontramos dificuldades na tomada de decisão, ainda mais quando esta envolve o bem-estar de outras pessoas.

Diante das características dessa moral heterônoma, baseada somente na afetividade, Guimarães (2011) apresenta um dos seus principais problemas, o relativismo moral para o qual não existem preceitos morais universais. A partir do momento que a moral é de cada sociedade e o indivíduo age de acordo com ela, este pode observar barbáries sendo cometidas em algumas sociedades e culturas, sem emitir qualquer condenação de juízo moral. Segundo o mesmo autor (2011, p. 8): “ser tolerante em relação às diferentes culturas não significa endossar atos reprováveis do ponto de vista moral”.

Em contraposição a essa moral heterônoma, Kant (2005) propõe uma moral autônoma como ideal a ser alcançado, a qual também consiste no objetivo da educação voltada para essa questão. Nesse caso, fundamentada na razão e não na coerção social, as decisões e ações vêm do interior dos sujeitos.

Tendo em vista o exposto, ao abordar diferentes conflitos éticos da prática científica no espaço formal de ensino de ciências, entramos em contato com a ideia de raciocínio informal que, intimamente ligado à afetividade, envolve emoções, interesses particulares, hipóteses, suposições e analogias. Esse raciocínio se relaciona com o próprio processo de construção do conhecimento científico, uma vez que, segundo Sadler (2004), embora os resultados da ciência sejam apresentados por meio de um raciocínio formal e lógico, estes se originam por meio do raciocínio informal dos cientistas.

De acordo com Wu e Tsai (2007), dentre as diferenças entre raciocínio formal e raciocínio informal, destacam-se os tipos de problemas aos quais estes estão relacionados. Enquanto os problemas envolvendo o raciocínio formal são bem definidos, com premissas sempre explícitas e claras, os problemas do raciocínio informal são geralmente mal estruturados e com conclusões complexas. Zohar e Nemet (2002) definem o raciocínio informal como:

Raciocínio sobre causas e consequências e sobre vantagens e desvantagens, ou prós e contras, de proposições particulares ou decisões alternativas. Está sujeito a atitudes e opiniões, envolve problemas mal estruturados que não têm solução definida, e frequentemente envolve o raciocínio indutivo (no

lugar de dedutivo) (Zohar e Nemet, 2002, p. 38, tradução nossa).

Dada a complexidade de problemas que envolvem esse tipo de raciocínio e a ausência de soluções claras, Sadler e Zeidler (2005) estabelecem três padrões de raciocínio informal que afetam a tomada de decisão do indivíduo, o racionalista, o emotivo e o intuitivo. Em seu estudo, tais autores investigaram como trinta estudantes negociam e resolvem dilemas envolvendo engenharia genética. Para tanto, foram realizadas com cada estudante duas entrevistas semiestruturadas que envolviam seis cenários de terapia genética por meio de problemas extremamente abertos. O que se identificou, portanto, foi o uso desses três padrões de raciocínio informal, sendo o racionalista descrito como considerações baseadas nas razões, o emotivo descrito por uma perspectiva de “cuidado” em que a empatia e a preocupação pelo bem-estar dos outros guiaram suas decisões e o curso das ações, e o intuitivo baseado em reações imediatas ao contexto de um cenário particular, o qual não pode ser necessariamente explicitado em termos racionais.

Diversos outros pesquisadores realizaram estudos voltados para o exercício e análise do raciocínio informal de alunos e professores e da sensibilidade moral destes. Assumindo como exemplo de raciocínio informal, o raciocínio moral, o qual considera as ramificações morais das decisões tomadas diante de conflitos éticos (Guimarães, 2011) este também é passível de investigação.

Para Fowler *et al.* (2009), se o raciocínio moral é utilizado para determinar o curso das ações diante de um problema controverso, uma das principais necessidades seria a habilidade de reconhecer os aspectos morais das situações. Assim sendo, se torna importante para a tomada de decisão o desenvolvimento da sensibilidade diante desses aspectos. Segundo esses autores, essa sensibilidade apesar de necessária não é suficiente para o raciocínio moral, no entanto, um claro entendimento da sensibilidade moral é essencial para as pesquisas destinadas ao estudo do desenvolvimento moral.

Interessados, portanto, em promover o exercício do raciocínio moral de futuros professores de química de modo a contribuir não somente para o aprimoramento das suas habilidades argumentativas, como também para o desenvolvimento da sensibilidade moral dos mesmos, relatamos neste artigo uma atividade didática desenvolvida junto a alunos de licenciatura em química na qual investigamos as respostas empregadas pelos futuros professores diante de um caso que trata de conflito ético na prática científica.

Segundo Bebeau (1995), casos que promovam o exercício do raciocínio moral de profissionais em formação são amplamente empregados em cursos de medicina e direito, até porque os profissionais dessas áreas estão envolvidos frequentemente com questões éticas, como o caso envolvendo um paciente que inconsciente necessita de uma transfusão de sangue, mas a sua religião não permite esse tipo de procedimento. No entanto,

esquece-se que na prática científica dilemas morais também estão comumente presentes, e é nessa perspectiva que esse autor desenvolveu um material didático que conta com seis casos para o exercício do raciocínio moral dos educandos, o qual foi utilizado neste estudo.

Nessa perspectiva temos como objetivo a investigação da sensibilidade moral dos licenciandos, associada à identificação dos diferentes aspectos morais da situação narrada no caso que contribuiriam para a constituição de uma resposta bem fundamentada moralmente. Com este estudo buscamos, portanto, relatar uma das possíveis formas de contribuir para o desenvolvimento moral de educandos, seja da educação básica ou do ensino superior, por meio de um Modelo pouco explorado nacionalmente, e descrito sucintamente no tópico a seguir. Assim, os resultados aqui expostos e a prática narrada podem fornecer subsídios para que professores e futuros professores interessados na temática, a qual é preconizada pelos documentos oficiais que regem a educação brasileira, a promovam em sala de aula do ensino de ciências. Além disso, buscamos contribuir para o desenvolvimento de pesquisas sólidas envolvendo a educação moral, como também sinalizar lacunas no que diz respeito à formação inicial de professores de química.

Percurso Metodológico

Contexto de Aplicação da Atividade Didática

Com caráter de estudo de caso (Yin, 2005), o presente trabalho foi realizado com cinco alunos matriculados regularmente na disciplina Química, Sociedade e Cotidiano em curso de Licenciatura em Ciências Exatas, Habilitação em Química, de uma universidade pública do estado de São Paulo. A disciplina, oferecida no período noturno, está presente no último semestre do curso e tem como objetivo criar oportunidades para o desenvolvimento da capacidade de investigação e análise crítica dos alunos por meio do conhecimento, discussão, e posicionamento diante de problemas relacionados ao impacto da química na sociedade.

De forma a promover o exercício do raciocínio moral dos licenciandos utilizou-se um dos casos presentes no texto intitulado *Moral Reasoning in Scientific Research*, de autoria de Bebeau (1995). Este material didático foi desenvolvido no contexto do projeto denominado *Teaching Research Ethics: A Workshop at Indiana University*, e fornece elementos para o exercício, em sala de aula de ciências, do raciocínio moral dos educandos por meio de casos que envolvem dimensões éticas e morais.

Todos os casos presentes no material didático seguem um mesmo formato, isto é, narram uma situação na qual são apresentadas diversas informações ao leitor e que culmina em um dilema para o protagonista do caso. Diante do conflito, este toma uma decisão, cabendo ao leitor argumentar se a mesma deve ser levada a cabo. O interessante desse formato é que a

decisão já está tomada, e cabe ao educando concordar ou não, forçando-o a exercitar o raciocínio moral e não simplesmente apresentar uma solução, que não levando em conta os aspectos éticos, seria considerada a melhor em sua visão.

Nesse sentido, salientamos que, face à necessidade da argumentação para a resolução dos casos e, conforme objetivos da disciplina em que ocorreu a investigação, previamente à atividade didática aqui relatada, os educandos tiveram contato com diferentes modelos de tomada de decisão, como o de Kortland (1996). Além disso, modelos de argumentação também foram abordados na disciplina, é o caso do Padrão de Argumento de Toulmin (2001), o qual sinaliza a estrutura básica que valida um argumento, e do Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sociocientíficas (Sá, 2010).

Etapas de Aplicação da Atividade Didática

Além de apresentar no material didático os diferentes casos para o exercício do raciocínio moral dos estudantes, Bebeau (1995) sugere passos a serem adotados em sala de aula para a sua abordagem, bem como fornece uma grelha com os aspectos éticos de cada caso. Assim, o material auxilia o professor no estabelecimento das discussões em sala de aula, e indica os elementos que, quando considerados, conduzem a uma resposta bem fundamentada moralmente. Assim sendo, a dinâmica realizada com os licenciandos, a partir do que é proposto por Bebeau (1995), se encontra esquematizada na Figura 1.

Conforme esquematizado na Figura 1, inicialmente foi feita a leitura individual do caso selecionado para aplicação em sala de aula com os futuros professores. O caso escolhido para estudo é denominado Diane Archer (Bebeau, 1995, p. 41), e consiste em uma situação de plágio na ciência. Nele é narrada a história de Diane, pesquisadora do departamento de biologia em determinada universidade, que orientou em seus quinze anos de serviço no departamento, vinte alunos, ensinando-os o modelo da escrita de projetos e, por vezes, convidando-os a ajudá-la na análise de propostas de financiamento.

Certo dia, ao atuar como parecerista *ad hoc* em uma proposta de um ex-aluno, Charlie West, Diane percebe a mudança de estilo de escrita dentro do próprio texto e se lembra de uma revisão que este mesmo aluno, devido à proximidade de área de estudo, havia ajudado a realizar dois anos atrás. Perplexa, a professora acessa o antigo texto e verifica que o aluno copiou, palavra por palavra, a seção de introdução do projeto.

Diane, portanto, se vê diante de uma situação delicada,

afinal se ela reportar o plágio de Charlie, a carreira do jovem cientista será destruída. No entanto, dentre outras consequências, se ela não disser nada, estará colocando em risco sua própria reputação, caso o plágio venha a ser descoberto. Dessa forma, Diane decide contatar Charlie e confrontá-lo sobre a descoberta e, uma vez que ele aceite retirar a proposta de financiamento, ela não prosseguirá com a denúncia à agência de fomento. Isto posto, ao final do texto os licenciandos precisam responder se a protagonista deve prosseguir com o plano de contatar o ex-aluno, sim ou não, por quê.

Feita a leitura do caso, originalmente em inglês em que qualquer dúvida de vocabulário era prontamente atendida pelo docente, os alunos que participaram da atividade, distribuídos em grupos, discutiram na sequência se a protagonista deveria entrar em contato com Charlie, argumentando o porquê sim ou não. Elaboradas essas respostas iniciais, uma discussão geral foi conduzida pelo docente de modo a permitir a reflexão dos seguintes aspectos, indicados por Bebeau (1995) como fundamentais para o raciocínio moral, com destaque para a sensibilidade moral: ponto(s) de conflito presentes no caso; partes interessadas na questão exposta no caso; consequências das ações possíveis da protagonista e suas obrigações.

De forma a subsidiar tal discussão em sala de aula, o autor do caso fornece em seu material didático uma grelha contendo, o que em sua visão, seriam os aspectos morais inerentes ao caso narrado. A grelha fornecida pelo autor a respeito do caso Diane Archer está ilustrada no Quadro 1. Nela o professor pode inicialmente identificar a posição adotada pelos estudantes diante do conflito narrado, isto é, se estes são favoráveis à decisão de Diane (S) ou contrários (N) e, então, prosseguir com a colocação em discussão de aspectos morais envolvidos no caso, conforme exposto na sequência (Quadro 1).

As colunas vazias à direita no Quadro 1 constituem-se em espaços para o preenchimento do nome dos diferentes educandos e suas respectivas respostas, o que permite verificar cada um dos aspectos morais apontados pelos mesmos.

Métodos de Coleta e Análise de Dados

Os dados tomados para investigação da sensibilidade moral dos futuros professores consistem na gravação das discussões estabelecidas em sala de aula, bem como de registros fotográficos do quadro verde. Com relação às gravações de áudio, foram utilizados três gravadores, os quais permitiram captar as falas dos licenciandos no momento de discussão interna nos grupos, bem como falas dos alunos e do professor no momento

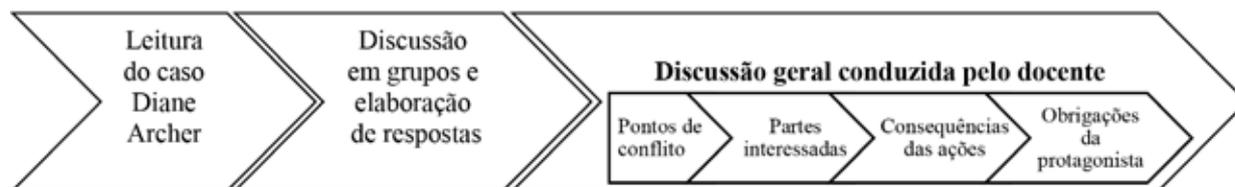


Figura 1: Esquematização da dinâmica ocorrida em sala de aula. Fonte: autores.

Quadro 1: Grelha de aspectos morais envolvidos no caso Diane Archer

Lista de verificação do caso Diane Archer					
	Posição (S ou N)				
Pontos de conflito					
Obrigação de Diane Archer em manter a confidencialidade vs. Obrigação de Diane Archer de educar jovens cientistas					
Dever de Diane Archer ensinar regras vs. Dever dos estudantes em aprendê-las					
Dever de Diane Archer de obedecer a política da agência de fomento vs. Dever de Diane Archer em mostrar consideração com seu ex-aluno					
Partes interessadas					
Diane Archer					
Charlie West					
O autor da proposta original (vítima de plágio)					
A agência de fomento					
A comunidade científica					
Consequências das possíveis ações					
Para a relação de Diane Archer com Charlie West					
Para a consciência de Diane Archer					
Para a reputação e/ou carreira de Diane Archer					
Para Charlie West					
Para o autor da proposta original (vítima de plágio)					
Para a agência de fomento					
Para a ciência em geral					
Obrigação de Diane Archer					
Reportar o plágio					
Admitir os seus próprios erros					
Submeter revisões honestas e objetivas					
Proteger a confidencialidade do processo de concessão de financiamento					
Educar jovens cientistas por meio do processo de concessão de financiamento					
Assegurar que seus alunos compreendam as regras da ciência					
Considerar os efeitos de suas ações sobre Charlie West					

Fonte: Traduzido e adaptado de Bebeau (1995, p. 49).

de discussão geral. Para tanto, os três gravadores foram distribuídos de forma que houvesse um próximo ao docente e outros dois próximos a cada grupo (no momento de aplicação da atividade contávamos com uma dupla e um trio).

No que tange às fotografias, a pertinência do seu registro se deve ao fato que o docente, ao conduzir a discussão, sistematizava no quadro os elementos evidenciados nas respostas dos licenciandos. A partir dessa ação era propiciada a reflexão sobre os aspectos indicados por Bebeau (1995) como fundamentais para o raciocínio moral diante da questão narrada, isto é, ponto(s) de conflito, parte interessadas, consequências das ações e obrigações da protagonista.

Modelo dos Quatro Componentes de Rest *et al.* (1986)

O Modelo dos Quatro Componentes, proposto por Rest *et al.* (1986), subsidiou teoricamente a realização desta

investigação. De acordo com Bebeau *et al.* (1999), este Modelo foi sugerido como forma de sobrepor o obstáculo que impede a realização de pesquisas sólidas envolvendo a educação moral. Esse obstáculo é o que os autores chamam de visão tripartida da moral, a qual fornece subsídios para medidas, por exemplo, envolvendo os estágios do desenvolvimento moral identificados por Piaget (1994) e Kohlberg (1992).

Em seus estudos, Piaget (1994) chegou à conclusão que há um paralelo entre o desenvolvimento moral e o desenvolvimento cognitivo, e que todo o ser humano passa por estágios de desenvolvimento quanto ao julgamento moral. Inicialmente existe uma fase de anomia, seguida pela fase de heteronomia, até que alcancemos a autonomia. No primeiro estágio, da anomia, não há qualquer consciência de obrigação com os outros. Nessa fase as crianças exercitam seus sentidos e movimentos sem que sigam propriamente regras estabelecidas. O momento de heteronomia ocorre quando há um respeito unilateral às

regras, o qual é fortemente influenciado pelo componente afetivo. Por fim, na fase da autonomia, as crianças entendem que as regras, sendo um tipo de contrato social, podem ser julgadas e modificadas (Guimarães, 2011).

Baseado nos estudos de Piaget, Lawrence Kohlberg foi outro estudioso que apresentou grandes contribuições para educação moral dos indivíduos, e de como esta se desenvolve. Assim como Piaget (1994), o autor também ressaltou a existência de uma sequência de passos do desenvolvimento moral, os quais nem todos são alcançados pelas pessoas. Kohlberg (1992), portanto, postulou seis estágios para esse desenvolvimento que se encontram em três diferentes níveis, os quais são denominados: Pré-Convencional, Convencional e Pós-Convencional.

Inicialmente no nível Pré-Convencional, o indivíduo pode apresentar dois estágios, o primeiro, orientado para a punição e obediência, se fundamenta nas consequências físicas do ato. Se a ação é punida (fisicamente), é moralmente errada, mas se não há punição, é moralmente correta. No segundo estágio, conhecido como hedonismo instrumental relativista, a ação justa é aquela que satisfaz a própria necessidade. Nesse momento também há a possibilidade de relação de troca em que um indivíduo ajuda o outro, desde que tenha algum tipo de ganho (Kohlberg, 1992).

O nível Convencional também apresenta mais dois estágios, o primeira, referente à moralidade do bom garoto, consiste na ação para aprovação, isto é, o comportamento certo é o que leva à aprovação dos outros. No segundo estágio desse nível há uma orientação para a lei e a ordem, a qual é típica da moral heterônoma de Kant (2005) e envolve o respeito pela autoridade, por regras fixas e pela manutenção da ordem social. Por sua vez, os últimos dois estágios se encontram no nível Pós-Convencional. No primeiro, orientado para o contrato social, há uma reflexão sobre as leis, elas não são mais aceitas apenas por serem leis. Nesse estágio, para além das regras fixas, as situações são analisadas levando-se em consideração valores e opiniões pessoais e, assim, por meio de um contrato social, há a possibilidade de mudança dessas regras. O sexto e último estágio, alcançado por poucas pessoas, compreende os princípios universais da consciência, em que há, por parte do indivíduo, o reconhecimento de princípios morais universais da consciência individual, e a ação de acordo com eles (Kohlberg, 1992).

Contudo, essa visão tripartida da moral assume como elementos básicos da moralidade o afeto, a cognição e o comportamento, isto é, motivação (consideração pelos outros), habilidade (autorregulação) e identidade (identidade moral) (Cohen e Morse, 2014). Nesse sentido, para Bebeau *et al.* (1999), embora grande número de trabalhos tenha sido escrito a respeito desses três elementos básicos, estes podem ter considerado uma lista equivocada de elementos.

Dessa forma, essa visão tripartida pode ser considerada como um obstáculo às pesquisas referentes à educação moral por sugerir que exista um tipo limitado de interação cognitiva-afetiva, o que segundo os autores não se sustenta

mediante uma série de estudos que têm mostrado que existem muitos tipos de cognições, muitos tipos de emoções (afetos) e muitos tipos de comportamentos observáveis envolvendo a moralidade. Com relação ao novo Modelo proposto, Bebeau *et al.* (1999) afirmam:

Assim, não há sentimentos puros completamente desprovidos de cognições, nem cognições completamente desprovidas de afetos, e todos os comportamentos são resultados do processo cognitivo-afetivo. Em vez de tentar dividir a moralidade em cognições, afetos e comportamentos, sugerimos analisar a moralidade mediante os processos psicológicos funcionais que devem surgir para produzir um comportamento moral (Bebeau et al., 1999, p. 22).

Nessa perspectiva, o Modelo dos Quatro Componentes surge na tentativa de incorporar diferentes teorias para defender uma concepção mais ampla do funcionamento moral, lidar com uma série de problemas conceituais, como as relações entre cognição, afeto e comportamento, inerentes ao modelo tripartido da moral, e fornecer uma estrutura para a implementação e avaliação de intervenções morais (Walker, 2002). Assim sendo, o Modelo sugere que a moralidade é construída com base em quatro componentes: sensibilidade moral, julgamento moral, comprometimento moral e caráter moral. Tais componentes, e como se relacionam estão esquematizados na Figura 2 e pormenorizados na sequência.

A sensibilidade moral (primeiro componente) diz respeito à capacidade de interpretação da situação. É a partir dela que o sujeito, em sintonia com as reações dos outros, cria cenários, com base em pistas limitadas e informações parciais, que o permite tomar conhecimento dos possíveis cursos de ações para situação. É por meio dessa sensibilidade moral que o sujeito se torna consciente que um problema moral está envolvido na situação. E, assim, ele deve ser capaz de reconhecer os pontos de conflito, as possíveis ações, antecipar como cada uma dessas ações poderia afetar o bem-estar das partes interessadas, e ainda, quem, incluindo a si mesmo, poderia ser afetado por essas ações.

O julgamento moral (segundo componente) envolve uma deliberação a respeito das várias considerações relevantes para os diferentes cursos de ações, identificando a moralmente justificável. Isto é, conhecendo as várias ações possíveis, a partir do julgamento moral o indivíduo deve ser capaz de avaliar qual ação é moralmente correta e qual é errada. Com relação aos estudos de Piaget (1994) e Kohlberg, citado pelo trabalho de Biaggio (2006), sabemos que, mesmo em estágios iniciais, as pessoas têm intuições sobre o que é justo e moral, e fazem julgamentos morais a respeito das mais variadas atividades humanas. Por meio da análise desse processo, cabe compreendermos como essas intuições surgem, e o que determina sua aplicação em eventos do cotidiano do indivíduo (Bebeau *et al.*, 1999).

O terceiro componente, o comprometimento moral, ou

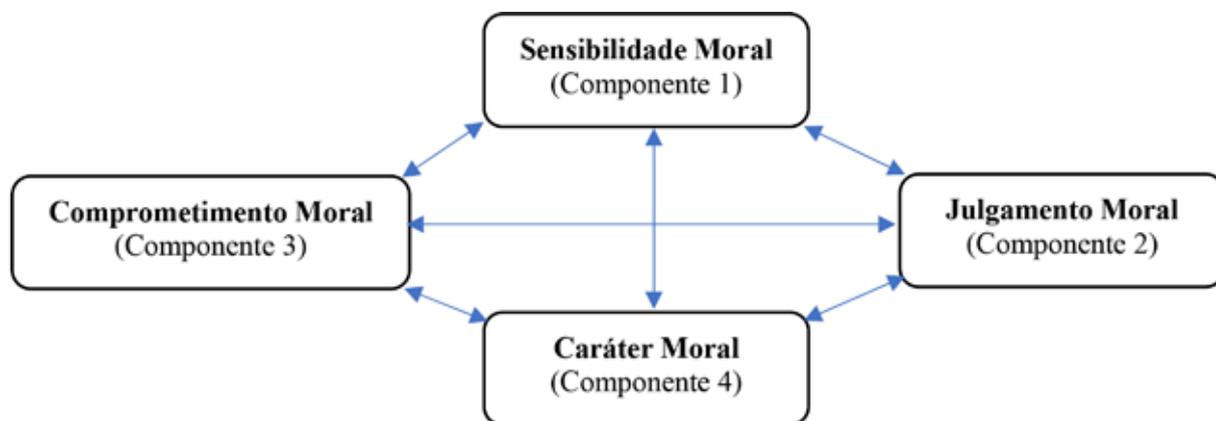


Figura 2: Modelo dos Quatro Componentes (Rest *et al.*, 1986). Fonte: adaptado e traduzido de Thoma (2006).

também conhecido, motivação moral, diz respeito ao ato de, na tomada de decisão, o indivíduo priorizar valores morais acima de outros valores pessoais e se comprometer com o curso de ações, se responsabilizando pelos possíveis resultados. A título de exemplo de o porquê priorizar tais valores, Bebeau *et al.* (1999) afirmam que pessoas consideradas “más” no mundo, como assassinos em série, podem ser explicadas não em termos de deficiências dos dois primeiros componentes, isto é, da sensibilidade ou do julgamento moral, mas em termos dos seus próprios valores, eles não se importam com o justo, ou com aquilo considerado decente, para ele outros valores são mais importantes.

Por fim, o caráter moral (quarto componente) ou perseverança moral, se relaciona com a força das convicções, coragem, persistência em superar distrações e obstáculos. Envolve habilidades e estratégias de implementação que suportam a decisão tomada no âmbito do julgamento moral. Dessa forma, uma pessoa pode apresentar os três primeiros componentes, mas perder a força sob pressão, não seguir adiante, ser desencorajada e apresentar então um raciocínio moral limitado.

Apesar de se complementarem de certa forma, com interação e influência mútua, conforme evidenciado na Figura 2, um processo pode ocorrer independentemente do outro. Por exemplo, uma pessoa pode ser capaz de interpretar as situações e se tornar consciente que um problema moral está envolvido (sensibilidade moral), mas não ter a habilidade de traçar um plano de ações ou apresentar uma resposta bem fundamentada para o julgamento moral. Dessa forma, Rest *et al.* (1986) salientam que uma falha moral pode ser devida a uma deficiência em qualquer um desses quatro componentes. E, é nessa possibilidade de entender as razões de uma falha moral que se encontra, para Bebeau *et al.* (1999), o valor do Modelo dos Quatro Componentes, o qual permite ao educador desenvolver estratégias mais efetivas e ao pesquisador estabelecer variáveis de investigação.

Para Bebeau *et al.* (1999), esse Modelo permite considerar os vários tipos de compreensões morais, por exemplo, o tipo de compreensão necessária para tomar conhecimento das ramificações morais de determinados atos (sensibilidade moral) é

diferente do conhecimento necessário para julgar qual curso de ações é moralmente mais justificável (julgamento moral), o que, por sua vez, é diferente daquele envolvido no ato de priorizar valores morais acima de outros valores (comprometimento moral), o que, por fim, também é diferente do conhecimento necessário para manter os objetivos claros em mente e suportar qualquer impedimento de implementação da ação tomada (caráter moral).

Enquanto todos os quatro componentes envolvem, de certa forma, um discernimento moral, eles necessitam de processos cognitivos qualitativamente diferentes, assim, os pesquisadores estudam esses processos por meio de diferentes operações e utilizando diferentes teorias para explicar o seu funcionamento. Essa característica difere esse Modelo do problema descrito pelos autores no que diz respeito à visão tripartida da moral, a qual falha em distinguir os tipos de conhecimentos necessários para um funcionamento moral efetivo (Bebeau *et al.*, 1999).

Nesse contexto, o referido Modelo pode ser usado para análise de cada um dos componentes, e dentre eles, destacamos, assim como Fowler *et al.* (2009), a necessidade de mais estudos voltados para o exercício e análise da sensibilidade moral de alunos e professores. Segundo os autores, a premissa de maior conhecimento sobre a sensibilidade moral envolvendo o desenvolvimento moral parte do pressuposto que, se o raciocínio moral é usado para determinar o curso de uma ação, então uma das primeiras necessidades desse processo consiste na habilidade de reconhecer os aspectos morais da situação.

Diante dos processos apresentados, uma boa resposta a um conflito ético que sinalizaria primariamente uma sensibilidade moral acurada do indivíduo, deve conter, na perspectiva de Bebeau (1995), conforme mencionado previamente ao discorrermos sobre o momento de discussão da atividade didática proposta, quatro pontos essenciais: uma descrição detalhada dos pontos de conflito; uma caracterização das partes interessadas envolvidas, apresentando para tanto a sua relação com o conflito; um detalhamento das consequências de cada uma das ações possíveis para o dilema; e as obrigações do protagonista, ou seja, em um caso em que o cientista deve decidir se

compartilha seus resultados com outro da mesma área temendo o roubo da ideia, a resposta deve conter as obrigações do cientista com relação à ciência que vão influenciar na sua decisão. No entanto, é válido ressaltar que em dilemas morais não há uma resposta correta, apenas a adequação desta mediante os elementos identificados.

Com relação à avaliação do caráter moral, esta envolve um segundo momento. Após a tomada de decisão inicial, as respostas são apresentadas e discutidas. Em contato com outros pontos de vista, com conflitos que podem ter sido ignorados e com outras consequências das possíveis ações e as obrigações do protagonista, o sujeito que apresenta perseverança moral deve ser capaz de manter sua posição, fortalecendo seus argumentos. Ou, caso ocorra uma mudança de posição, espera-se que ele apresente uma resposta bem fundamentada, evidenciando assim o porquê da mudança.

Diante do Modelo proposto por Rest *et al.* (1986) e das ideias de Bebeau (1995), utilizamos a grelha elaborada pelo autor do caso escolhido para estudo, a qual aponta para os diferentes aspectos morais envolvidos na situação narrada. A partir da comparação entre os elementos levantados pelos licenciandos sobre o caso e o que o autor considera como aspectos morais a ele vinculados (Quadro 1), serão feitas inferências sobre o primeiro componente do Modelo de Rest *et al.* (1986), ou seja, a sensibilidade moral dos futuros professores.

Resultados e Discussão

Neste tópico serão discutidas as respostas dos futuros professores, em contraposição às expectativas expostas na grelha proposta por Bebeau (1995) para o caso Diane Archer. Esta discussão será realizada a partir da consideração dos elementos que, segundo o autor, são necessários a uma resposta bem fundamentada moralmente. Pontos de conflito e partes interessadas envolvidas na situação narrada serão considerados inicialmente, seguidos das consequências das possíveis ações de Diane e das suas obrigações no contexto em questão.

Pontos de Conflito no Caso Diane Archer

Um único ponto de conflito no caso foi identificado nas respostas iniciais dos licenciandos: obrigação de Diane manter a confidencialidade *vs.* obrigação de Diane educar jovens cientistas.

O segundo e o terceiro pontos de conflito, evidenciados na grelha, no Quadro 1, não o foram: dever de Diane ensinar regras *vs.* dever dos estudantes em aprendê-las; dever de Diane de obedecer à política da agência de fomento *vs.* dever de Diane em mostrar consideração com seu ex-aluno. Apresentamos na sequência algumas afirmações levantadas nas discussões. A letra (A) corresponde à fala dos alunos, os quais são numerados de 1 a 5, indicando os cinco licenciandos que participaram da atividade.

A1: Acho que a gente pode começar aqui, se ela for avaliadora, ela deve reportar direto para esse ... esse órgão aí, porque ... não sei. Eu acho que se tratando em moral, é um dever dela como avaliadora, avaliar de mesmo modo, se ela conhece ou não a pessoa, então ela deve reportar. Agora, se ela não é uma das avaliadoras, ela pode primeiro contatar o cara e falar.
A2: Acho que a questão principal é que ela tem os deveres dela. Ela aceitou ser avaliadora, então ela tem os deveres, e ela não pode beneficiar um, uma pessoa só porque ela conhece essa pessoa. Se fosse assim, ela teria que dar a chance para todo mundo que fosse negado, essa bolsa, esse projeto.
A3: Ela decide entregar o West para os órgãos competentes, já que o West foi antiético e cometeu um crime, por conta de não se expor e não colocar a carreira dela em risco.

Nas três afirmações os licenciandos concluem que Diane não deve contatar Charlie. Observa-se com base no conflito identificado e pelos trechos apresentados dois possíveis enfoques assumidos pelos licenciandos em suas respostas, os quais a literatura denomina de deontológico e consequencialista (Costa, 2002). As duas primeiras afirmações contam com um enfoque deontológico, pois partem unicamente do pressuposto que a protagonista tem uma obrigação, uma espécie de moral a seguir, e independente das consequências, sair do anonimato e contatar Charlie seria errado. Na terceira afirmação por sua vez, o enfoque é consequencialista, para a tomada de decisão é considerada a consequência da protagonista falar com West, o que poderia colocar a sua própria carreira em risco.

Ao considerarmos a relação desses enfoques com os processos envolvidos na tomada de decisão diante de conflitos éticos, o enfoque deontológico assumido nas respostas vai ao encontro da moral heterônoma de Kant (2005), a qual permite a resolução de conflitos sem a necessidade de uma sensibilidade moral mais acurada. Contudo, a partir do que é apresentado por Guimarães (2011), relembremos um dos principais problemas que podem surgir a partir dessa abordagem e dessa moral heterônoma, isto é, o relativismo moral.

Assim sendo, constatamos, ao compararmos os aspectos morais presentes nas respostas dos licenciandos com aqueles apontados por Bebeau (1995), uma limitada sensibilidade moral dos futuros professores para a identificação dos pontos de conflito inerentes a este dilema ético. Podemos inicialmente atribuir essa sensibilidade ao enfoque principal adotado, isto é, ao enfoque deontológico. Ou seja, os licenciandos se restringiram, em um primeiro momento, apenas à observação sobre a obrigação de Diane de manter confidencialidade, enquanto parecerista *ad hoc*, não vislumbrando a obrigação social da professora de educar jovens cientistas.

Cabe destacar que o professor, durante a discussão geral, forneceu subsídios para que os licenciandos identificassem, na

sua totalidade, os dois lados do conflito, abordando a questão que havia sido negligenciada, sobre a referida obrigação social da protagonista do caso. A letra (P) indica a fala do professor, nos trechos a seguir.

P: Bom, o plágio é dado, mas o plágio significa o que, na verdade? O conflito seria qual?

A3: Chama ou não chama o cara (West) para conversar?

A4: Não, eu acho que o conflito é o cara poder se dar bem enquanto ...

A2: É a reputação dele.

P: É a reputação dele ou dela?

A3: Eu acho que pela questão do plágio, ele não está tão preocupado com a reputação dele, se ele se preocupasse não cometeria. E, eu acho que, assim, que o conflito é esse: se ela não fizer nada, o crime é compensado....

P: Ou seja, ela não estaria educando a pessoa?

A3: É.

P: Ela não está dando margem a educar alguém se ela não fizer isso, ela está deixando passar, seria igual a darmos o famoso “jeitinho brasileiro”. Ela está sofrendo também, porque se ela não falar nada, ele vai seguir com a vida dele, **e vai perder a oportunidade de aprender com isso** (grifo nosso).

Dessa forma, verificamos que o momento de discussão, baseado nas informações que constam na grelha, permitiu o encaminhamento para identificação de uma parte do conflito previamente negligenciada, sugerindo a relevância desse instrumento na prática do professor.

Por outro lado, a facilidade, por parte dos licenciandos, de identificação do conflito relacionado à obrigação de Diane em manter a confidencialidade da avaliação para o qual foi designada justifica-se, provavelmente, com base na sua formação. Estes se encontravam no último período de curso de licenciatura e já possuíam entendimento sobre alguns procedimentos inerentes à construção do conhecimento científico, como os preceitos que regem o processo de *peer review* (PPR), que está em pauta no caso. De fato, como concluintes do curso, muitos deles já submeteram trabalhos em eventos científicos ou solicitaram bolsas a agências de fomento, entrando em contato com o PPR.

Partes Interessadas no Caso Diane Archer

Prosseguindo a análise dos aspectos morais levantados pelos futuros professores em comparação com o que é apresentado por Bebeau (1995), aparentemente mais fácil foi a identificação das partes envolvidas no conflito. Com efeito, conforme ilustra o Quadro 2, apesar de não indicarem o autor da proposta original (vítima de plágio) e a comunidade científica como partes interessadas, os demais agentes (Diane Archer, Charlie West, agência de fomento) foram identificados.

Quadro 2: Partes interessadas no caso Diane Archer identificadas nas respostas iniciais dos licenciandos

Partes interessadas no caso
Diane Archer
Charlie West
Agência de Fomento
Demais candidatos concorrentes ao financiamento

Podemos perceber no Quadro 2, com relação às partes interessadas no caso, a inserção, por iniciativa dos licenciandos, de um componente que não consta na grelha do Quadro 1: demais candidatos concorrentes ao financiamento. Ao indicarem como partes envolvidas na situação narrada no caso os demais concorrentes ao financiamento, os futuros professores foram além da expectativa de Bebeau (1995), no que diz respeito a esse item da grelha. A inserção, perfeitamente coerente para o contexto do caso em estudo, salienta, portanto, que esta é flexível e está sujeita a ajustes. A título de exemplo, menções dos licenciandos a duas das partes interessadas no caso, com suas identificações entre colchetes, estão destacadas a seguir.

A4: O primeiro item que ela poderia levar em consideração seria a reputação dela [Diane Archer], mas tem essa questão de justiça com outras pessoas que estão concorrendo com ele [Demais candidatos].

Uma vez que os licenciandos destacaram durante a identificação dos pontos de conflito a obrigação de Diane enquanto parecerista *ad hoc*, não é surpreendente que tenham emergido desse contexto, como parte diretamente interessada no caso, tanto a pesquisadora, a qual deve confidencialidade assumida com a agência de fomento, quanto a própria agência. Na medida em que Diane possui certa relação com o candidato que cometeu plágio, este, o qual pode ter uma ação considerada moralmente incorreta não punida, está envolvido na situação e pode prejudicar os demais concorrentes ao financiamento. Em contraponto, os licenciandos assumiram que o autor plagiado, que não estava participando do processo competitivo em questão, não era parte interessada na situação. Além disso, eles não consideraram a comunidade científica como parte envolvida, pois a aquisição dessa perspectiva implicaria na necessidade de extrapolar a discussão para além dos limites do processo de financiamento do qual Diane participa, o que não ocorreu, tendo sido essa parte interessada também não mencionada pelos futuros professores.

Em suma, ao compararmos os aspectos morais presentes nas respostas dos licenciandos com aqueles apontados na grelha do Quadro 1, observamos que a sua sensibilidade moral para a identificação das partes interessadas no caso foi bem mais aguçada do que para a identificação dos pontos de conflito nele presentes.

Analogamente ao que se verificou na discussão sobre os pontos de conflito, o professor, tomando a grelha como fio condutor das suas ações, promoveu diálogos que possibilitaram aos futuros professores também a identificação do autor que teve seu projeto plagiado como parte interessada no caso.

Consequências das Possíveis Ações de Diane Archer

No que tange às consequências das ações da protagonista, o Quadro 3 apresenta aquelas consideradas, inicialmente, pelos licenciandos.

Quadro 3: Consequências das possíveis ações de Diane identificadas pelos licenciandos

Consequências identificadas pelos licenciandos
Relação de Diane com Charlie
Para a reputação de Diane
Para Charlie

Provavelmente devido ao fato da atenção dos licenciandos estar voltada principalmente para a obrigação de Diane em manter confidencialidade no PPR, poucas consequências das suas ações foram levantadas, a princípio, quando comparadas com aquelas apresentadas por Bebeau (1995). De fato, apenas três consequências foram identificadas, frente às sete que constam na grelha no Quadro 1, e todas elas vinculadas ao seu papel enquanto parecerista *ad hoc*. Ou seja, os licenciandos evidenciaram consequências apenas para os personagens centrais da narrativa, Diane e seu ex-aluno, Charlie. Assim sendo, poderiam ser afetadas, segundo os futuros professores, as reputações de Diane e Charlie, bem como a relação existente entre eles.

Comparativamente ao que é apresentado no Quadro 1, foi negligenciada pelos licenciandos, por exemplo, a consequência referente à consciência de Diane. Tal constatação não é surpreendente, tendo em vista o observado anteriormente no que diz respeito à identificação dos conflitos que permeiam o caso. Ou seja, uma vez que conflitos envolvendo a obrigação de Diane de educar jovens cientistas, e elementos que se afastam da “obrigação moral” da professora em seu papel de avaliadora não foram abordados nas discussões iniciais dos alunos, a identificação de consequências relacionadas a esse caráter social também não eram esperadas.

Outrossim, também verificamos que consequências para o autor da proposta original plagiada e para a ciência em geral não foram identificadas pelos futuros professores. Tais ausências, por sua vez, estão alinhadas com as partes interessadas percebidas pelos licenciandos (Quadro 2). Ou seja, dado que os alunos não consideraram inicialmente o autor da proposta original e a comunidade científica como personagens e instituições envolvidas na situação, consequências para elas são inexistentes nas respostas iniciais dos futuros professores.

Nessa perspectiva, constatamos, ao compararmos os

aspectos morais presentes nas respostas dos licenciandos com aqueles apontados na grelha do Quadro 1, uma limitada sensibilidade moral dos futuros professores para a identificação das consequências das possíveis ações da protagonista do caso. Conforme mencionado anteriormente, tudo leva a crer que esta limitação está estreitamente associada àquela já mencionada, na identificação dos pontos de conflito.

Assim como ocorrido para os pontos de conflito e partes interessadas, a discussão conduzida pelo docente possibilitou que os licenciandos percebessem outras consequências das ações de Diane. Foram identificadas, por exemplo, consequências para o autor da proposta original, vítima do plágio, e também para a consciência de Diane. As consequências para o autor vítima do plágio foram trazidas à tona no momento da discussão na qual este foi reconhecido como parte envolvida na situação narrada e estiveram relacionadas a um processo jurídico que poderia ser instituído por ele, uma vez que tivesse ciência da situação. Nesse sentido, destacamos a pertinência da sequência adotada para a discussão, a qual permitiu neste caso, a identificação, em determinado momento, do autor da proposta que foi plagiada enquanto parte interessada e posteriormente as consequências para esse personagem.

Com relação às consequências para a consciência de Diane, chamamos atenção mais uma vez para os aspectos sociais que foram negligenciados pelos futuros professores inicialmente. No entanto, a partir do momento em que outras questões foram levantadas no momento de discussão sobre o caso, tais aspectos emergiram e consequências envolvendo a consciência de Diane, principalmente no que tange à sua relação com Charlie, e ao seu papel como educadora, foram abordadas. O trecho a seguir ilustra parte da referida discussão.

P: E quais as consequências do SIM para Diane. No sim ela vai conversar com Charlie. Qual a consequência para ela?

A4: Violar a confidencialidade do trabalho.

P: Ela viola a confidencialidade, certo? Então, ela mesma pode ter a sua reputação abalada por causa disso?

A2: Sim.

P: E qual que é [a consequência] do NÃO? Se ela não vai [falar com Charlie], qual é a consequência para ela?

A2: Ela vai ter aquela consciência pesada, sabe?

A1: Ela vai se “pesar”, pelas consequências que pode acarretar para ele.

A2: É.

P: É, mas como é que a gente escreve isso?

A1: Ela se responsabiliza pelo erro dele, né? Porque ela o conhece.

Nesse sentido, podemos verificar pelo fragmento acima, que o docente, ao abordar o tópico das consequências das ações do protagonista, o faz por meio de uma sequência característica.

Dado que previamente haviam sido discutidas as partes envolvidas na situação narrada, o professor formador conduz os licenciandos a refletirem sobre as consequências para cada uma dessas partes, no caso específico do trecho apresentado, as consequências para Diane. Além disso, são abordadas nesse momento consequências para cada uma das possíveis ações, isto é, inicialmente o docente leva os alunos a refletirem sobre o que poderia acontecer para Diane caso ela contasse para Charlie sobre o plágio descoberto. Posteriormente são discutidas as consequências para o caso em que a pesquisadora não entrasse em contato com Charlie e, portanto, reportasse o plágio.

As Obrigações de Diane Archer

Por fim, no que tange às obrigações de Diane, os aspectos elencados pelos licenciandos em suas respostas se encontram expostos no Quadro 4.

Quadro 4: Obrigações de Diane identificadas pelos licenciandos

Obrigações de Diane
Reportar o plágio
Submeter revisões honestas e objetivas
Proteger a confidencialidade do processo
Considerar os efeitos das suas ações sobre Charlie

Provavelmente devido à familiaridade dos licenciandos com o PPR e ao enfoque deontológico assumido, as obrigações de Diane elencadas vão ao encontro daquelas presentes no Quadro 1. Os licenciandos identificaram quatro dentre as sete obrigações de Diane. As três primeiras obrigações levantadas pelos futuros professores (reportar o plágio, enviar parecer honesto e objetivo e proteger a confidencialidade do processo) estão diretamente relacionadas com a obrigação da protagonista em seu papel exclusivo de avaliadora, ou seja, sem considerar outros aspectos sociais envolvidos. A outra obrigação evidenciada pelos futuros professores (considerar os efeitos de suas ações

sobre Charlie) diz respeito a aspectos sociais que extrapolam os limites da ação de Diane enquanto parecerista *ad hoc*.

Não foram identificadas nas respostas dos licenciandos as seguintes obrigações de Diane: admitir os seus próprios erros; educar jovens cientistas por meio do processo de concessão de financiamento; assegurar o entendimento das regras da ciência pelos graduados. A ausência de percepção de tais deveres nas considerações iniciais feitas pelos licenciandos pode ser explicada novamente com base no fato de terem se limitado a considerar o papel da protagonista enquanto parecerista *ad hoc*.

Assim, ao compararmos os aspectos morais presentes nas respostas dos licenciandos com aqueles apontados na grelha do Quadro 1, constatamos uma limitada sensibilidade moral dos futuros professores para a identificação das obrigações da protagonista do caso. Porém, mais uma vez, a discussão conduzida pelo docente com base na grelha foi valiosa para que os licenciandos vislumbrassem tais aspectos sociais ignorados em suas respostas iniciais, principalmente a obrigação da protagonista de educar jovens cientistas por meio do processo narrado no texto. Ademais, a sequência adotada no momento de discussão se mostrou novamente adequada aos propósitos da atividade didática.

Considerando o panorama aqui traçado, as colocações apresentadas pelos licenciandos nos momentos de discussão estabelecidos em sala de aula apontam para a dificuldade que enfrentaram na elaboração de respostas bem fundamentadas que fornecessem indícios de sensibilidade moral aguçada. A relação entre os aspectos morais presentes no caso Diane Archer, segundo grelha de Bebeau (1995), e aqueles identificados pelos licenciandos em suas respostas pode ser visualizada na Figura 3.

A Figura 3 corrobora as considerações explicitadas sobre as dificuldades dos futuros professores no reconhecimento dos aspectos morais de uma situação controversa como a narrada no caso Diane Archer. A identificação dos pontos de conflito foi a que denotou uma menor sensibilidade moral. Nessa perspectiva, é cabível sugerir que, dada a dificuldade na sua percepção, estes sejam abordados após a discussão dos demais aspectos, quando subsídios poderiam ser fornecidos para a identificação dos pontos de conflito.

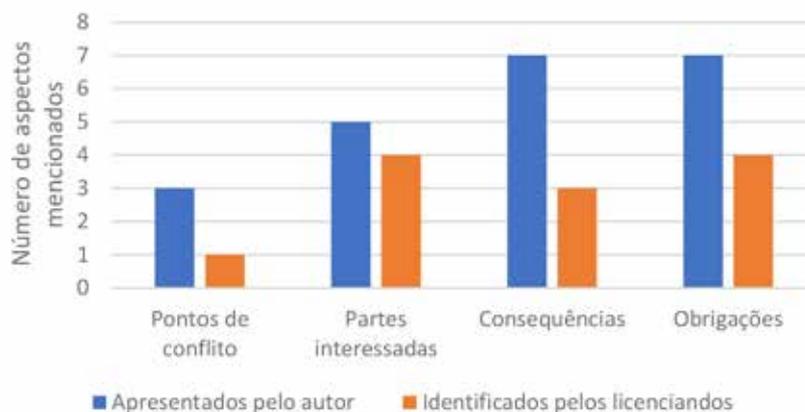


Figura 3: Representação gráfica dos aspectos morais presentes no caso Diane Archer, segundo grelha proposta por Bebeau (1995), e aqueles identificados pelos licenciandos.

Considerações Finais

Apesar das limitações inerentes a este estudo, como o número reduzido de licenciandos participantes, a análise da sensibilidade moral dos mesmos evidenciou as dificuldades que enfrentam na apresentação de respostas bem fundamentadas que sustentem suas posições diante de um conflito ético, como o do plágio na pesquisa científica. Dessa forma é desejável a realização de mais iniciativas envolvendo esse tipo de abordagem na formação inicial de professores, uma vez que práticas que promovam a tomada de decisão e o desenvolvimento moral dos alunos na educação básica estão diretamente relacionadas com as habilidades dos professores que as empregam.

Com relação ao Modelo dos Quatro Componentes (Rest *et al.*, 1986), este ofereceu suporte teórico à realização do presente estudo, principalmente no que diz respeito à sensibilidade moral de futuros professores de química. Ademais, esse Modelo pode nortear a realização de pesquisas que visem a tessitura de considerações sobre o ensino de ciências voltado para questões que perpassam o raciocínio moral.

Com relação ao processo de aplicação do estudo de caso, foi possível verificar a importância de uma discussão fragmentada sobre os aspectos morais, como a conduzida pelo docente da disciplina em questão. Esta fragmentação consiste na abordagem primeiramente das partes envolvidas no caso e, conseqüentemente, das conseqüências de cada uma das ações para cada uma dessas partes. Contudo, ao abordar essas conseqüências se faz interessante dividi-las em conseqüências para cada uma das possíveis ações. No caso específico deste estudo isso quer dizer considerar o que poderia resultar para as partes envolvidas a atitude de Diane entrar em contato com Charlie, bem como, as conseqüências para o caso da professora não entrar em contato com seu ex-aluno.

Ademais, almejando também tornar o momento de discussão mais consistente e dessa forma contribuir para o desenvolvimento moral dos educandos, sugerimos uma seqüência de etapas alternativa àquela que foi adotada em sala de aula neste estudo. Para a promoção de uma análise mais crítica e reflexiva dos pontos de conflito inerentes a casos, sugerimos que estes sejam abordados ao final da discussão, após o contato dos alunos com as diferentes partes envolvidas, as conseqüências para cada uma dessas partes, bem como, as obrigações da protagonista.

A partir desta pesquisa também ressaltamos, assim como Fowler *et al.* (2009), a importância da sensibilidade moral dentre os quatro processos básicos indicados por Rest *et al.* (1986) quando da tomada de decisão diante de conflitos éticos de diversas naturezas. Dessa forma, a grelha apresentada por Bebeau (1995) consistiu em um instrumento notável para o acesso a essa sensibilidade. Nesse contexto, partindo do pressuposto que não há, a princípio, uma resposta correta para um dilema moral, a grelha fornece ao professor e ao pesquisador um direcionamento para a abordagem e discussão, nos

diferentes níveis de ensino, de casos que envolvem dimensões éticas e morais.

É possível ainda apontar a potencialidade do caso Diane Archer no contexto de ações didáticas que envolvam não só o desenvolvimento moral e a tomada de decisão, mas também a compreensão sobre a construção do conhecimento científico. Além disso, se apresenta como possibilidade de estudo para pesquisas no campo do ensino de ciências, a elaboração de casos por parte do pesquisador que possibilitem o exercício da sensibilidade moral dos educandos a partir de temáticas que lhe seja de interesse. E aqui salientamos a possibilidade do trabalho com questões sociocientíficas para esse fim, tal qual da terapia genética evidenciada no trabalho de Sadler e Zeidler (2005). A pertinência de casos envolvendo questões dessa natureza se apresenta quando identificamos como uma de suas características, conforme apontam Ratcliffe e Grace (2003), o exercício de um raciocínio baseado em valores para a resolução de problemas controversos, geralmente mal estruturados.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- BEBEAU, M. J. *Moral reasoning in scientific research*. Bloomington: Indiana University, 1995.
- _____; REST, J. R. e NARVAEZ, D. Beyond the promise: a perspective on research in moral education. *Education Researcher*, v. 28, n. 4, p. 18-26, 1999.
- BIAGGIO, A. M. B. *Lawrence Kohlberg: ética e educação moral*. São Paulo: Editora Moderna, 2006.
- BRASIL. *LDB: lei de diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017.
- COHEN, T. R. e MORSE, L. Moral character: what it is and what it does. *Research in Organizational Behavior*, v. 34, p. 43-61, 2014.
- COSTA, C. F. Razões para o utilitarismo: uma avaliação comparativa de pontos de vista éticos. *ethic@ – Revista Internacional de Filosofia Moral*, v. 1, n. 2, p. 155-174, 2002.
- FOWLER, S. R.; ZEIDLER, D. L. e SADLER, T. D. Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 2, p. 279-296, 2009.
- GUIMARÃES, M. A. *Raciocínio informal e a discussão de questões sociocientíficas: o exemplo das células tronco humanas*. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011
- KANT, I. *Fundamentação da metafísica dos costumes*. Lisboa: Edições 70, 2005.
- KOHLBERG, L. *Psicologia del desarrollo moral*. Bilbao: Desclée de Bouver, 1992.

- KORTLAND, K. An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996
- LA TAILLE, Y. *Moral e ética: dimensões intelectuais e afetivas*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- PIAGET, J. *O juízo moral na criança*. São Paulo: Summus Editorial, 1994.
- RATCLIFFE, M. e GRACE, M. *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Philadelphia: Open University Press, 2003.
- RAZERA, J. C. C. e NARDI, R. Ética no ensino de ciências: responsabilidades e compromissos com a evolução moral da criança nas discussões de assuntos controversos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 53-66, 2006.
- REST, J. R.; BEBEAU, M. J. e VOLKER, J. An overview of the psychology of morality. In: REST, J. R. (Ed.). *Moral development: advances in research and theory*. Boston: Prager Publishers, 1986.
- SÁ, L. P. *Estudos de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química*. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.
- _____ e ZEIDLER, D. L. Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 1, p. 112-138, 2005.
- THOMA, S. J. Research using the defining issues test. In: KILLEN, M. e SMETANA, J. G. (Eds.). *Handbook of Moral Psychology*. Mahwah: Erlbaum Associates, 2006.
- TOULMIN, S. *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- WALKER, L. J. The model and the measure: an appraisal of the Minnesota approach to moral development. *Journal of Moral Education*, v. 31, n. 3, p. 353-367, 2002.
- WU, Y. e TSAI, C. High school students' informal reasoning on a socioscientific issue: qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, v. 29, n. 9, p. 1163-1187, 2007.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZOHAR, A. e NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.
- ZUCCO, C.; PESSINE, F. B. T. e ANDRADE, J. B. Diretrizes curriculares para os cursos de Química. *Química Nova*, v. 22, n. 3, p. 454-461, 1999.

Análise do Entendimento Conceitual em uma Sequência Didática sobre o Uso de Pesticidas Fundamentada na Modelagem Analógica

Analysis of Conceptual Understanding in a Didactic Sequence about the Use of Pesticides Based on Analogical Modelling

Adriana M. Lima e Nilmara B. Mozzer

82

Resumo: Neste trabalho investigamos como a vivência de uma sequência didática centrada na questão sociocientífica sobre o uso de pesticidas e fundamentada no processo de modelagem analógica influenciou o entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão. A pesquisa foi realizada em uma turma de Química do terceiro ano do ensino médio, de uma escola pública do município de Itabirito, Minas Gerais. As aulas em que a sequência didática foi desenvolvida foram registradas em áudio e vídeo e os dados de um grupo de quatro estudantes foram analisados em um estudo de caso. Em nossa análise, identificamos alguns fatores que foram essenciais para o entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão, como: o caráter colaborativo das atividades e do grupo; os questionamentos da professora e das pesquisadoras; e o uso de modelos e analogias como ferramentas de pensamento. Esses fatores justificam a importância da Modelagem Analógica no ensino de Ciências para a elaboração de entendimentos nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, embora nosso enfoque no presente trabalho tenha sido sobre a primeira delas.

Palavras-chave: Questões Sociocientíficas. Modelagem Analógica. Pesticidas.

Abstract: In this paper, we investigate how the experience of a didactic sequence centered on a socio-scientific issue about the use of pesticides and based on analogical modelling process influenced the students' understanding about the concept of dispersion. The research was conducted in a third-year, high school Chemistry class of a public school of Itabirito, Minas Gerais. The classes in which the didactic sequence was developed were recorded on audio and video and data from a group of four students were examined in a case study. In our analysis, we identified some factors that were essential to the students' understanding about the concept of dispersion: the collaborative nature of the activities and of the group; the questions of the teacher/researchers; and the use of models and analogies as tools of thought. These factors justify the importance of Analogical Modelling in science education to develop understandings in the conceptual, procedural and attitudinal dimensions, although our focus in this work was on the first one.

Keywords: Socio-Scientific Issues. Analogical Modelling. Pesticides.

Adriana Moreira Lima (adrianamoreiralima@yahoo.com.br), licenciada em Química (2013) pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), é mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Educação do Instituto de Ciências Humanas e Sociais (ICHS) da UFOP. Mariana, MG – BR. **Nilmara Braga Mozzer** (nilmara@ufop.edu.br), licenciada em Química (2004) pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é mestre e doutora em Educação em Ciências pela Faculdade de Educação da UFMG. Professora do curso de Química Licenciatura da UFOP e do Programa de Pós-graduação em Educação do ICHS-UFOP. Mariana, MG – BR.

Recebido em 23/08/2018, aceito em 05/12/2018

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

O ensino de Ciências é impactado (ou deveria ser) pelo avanço científico e tecnológico e pelas relações deste com a sociedade. Diante disso, é necessário reconhecer a importância de se discutir letramento científico mais amplamente, pensando-se no modo como as práticas educacionais estão sendo realizadas nas escolas e propostas nos currículos de Ciências (Zeidler *et al.*, 2005).

Autores como Sadler (2011), Mamede e Zimmermann (2005) e Santos e Mortimer (2001) vêm discutindo um letramento científico no qual todos os estudantes – e não apenas aqueles que almejam seguir uma carreira associada à ciência – sejam estimulados a confrontar e negociar ideias e tomar decisões em situações cotidianas que envolvam conhecimentos científicos.

De acordo com Mamede e Zimmermann (2005), um estudante letrado não é aquele que é capaz apenas de decodificar a linguagem da ciência, mas aquele que efetivamente faz uso do conhecimento tecnológico e científico na vida social de uma maneira mais ampla, dentro de um contexto sócio-histórico específico. Nesse mesmo sentido, Santos e Mortimer (2001) entendem letramento científico e tecnológico como a condição do indivíduo não apenas de reconhecer a linguagem científica e tecnológica, mas de cultivá-la e de fazer uso dela nas práticas sociais. No ensino de Ciências proposto a partir dessas perspectivas de letramento científico “*a aprendizagem é contemplada não como uma aquisição do conhecimento, mas como um processo de participação social em que o contexto e a natureza da situação têm grande influência*” (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 2).

Assim, faz-se necessário incluir no currículo de Ciências debates e discussões que possam favorecer o ensino contextualizado, que tende a privilegiar a consideração e integração de diferentes dimensões, sejam estas: a *social* (a qual aborda as estruturas da sociedade, aspectos de convivência, bem-estar, economia etc.); a *política* (a qual trata da interferência nos direitos e liberdades dos indivíduos que compõem uma sociedade); a *ética* (que diz respeito ao nível normativo, o que é considerado aceitável ou não); a *ambiental* (que afeta a proteção ao e melhoria do meio ambiente e recursos naturais), entre outras – na busca por contribuir para a formação de estudantes críticos e atuantes (Jiménez-Aleixandre, 2010; Silva e Marcondes, 2010).

Em consonância com esse gênero de ensino, a abordagem de Questões Sociocientíficas (QSC) mostra-se promissora. Estas são questões sociais controversas que possuem ligações científicas ou processuais com a ciência. A solução (ou soluções) dessas questões pode envolver princípios científicos, teorias e dados, mas não pode ser inteiramente determinada por considerações científicas (Sadler, 2011). Para Grace (2006) as QSC possuem algumas características comuns, como: ter base em ciência; conter um elemento de controvérsia; envolver a formação de opiniões e escolhas em nível pessoal ou social; lidar com informações incompletas devido à existência de evidências

científicas conflitantes; envolver análises de custo/benefício em que o risco interage com valores; envolver a consideração do desenvolvimento sustentável; envolver valores e raciocínio ético; exigir compreensão de probabilidade e risco.

Alguns trabalhos, como os de Aikenhead (1985), Conrado (2017), Torres e Solbes (2018) e Conrado *et al.* (2016), destacam a importância do tratamento de QSC no ensino, no sentido de contribuir para que os estudantes se sintam motivados a debatê-las, uma vez que essas são questões que os afetam diretamente. A introdução de QSC em atividades didáticas também pode proporcionar a ampliação da compreensão do conhecimento científico pelos estudantes e o desenvolvimento de habilidades como as argumentativas, pois se espera que os mesmos sejam confrontados com problemas autênticos,¹ que demandem deles a negociação de significados, o processamento de informações, o atendimento a questões morais e éticas e a adoção de uma posição sobre a questão (Sadler *et al.*, 2004).

Jiménez-Aleixandre e Agraso (2006) definem a argumentação como a capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz de dados empíricos e de usar provas (ou evidências) para fundamentar um raciocínio. Nesse sentido, as situações argumentativas são inerentes à abordagem de QSC em sala de aula, uma vez que nos debates e discussões envolvendo essas questões, os estudantes precisam ser incentivados a analisar informações, confrontar, negociar e argumentar perante ideias e dados, para se posicionarem em relação a elas. Por essas razões, a argumentação em torno de QSC pode favorecer o raciocínio crítico e contribuir para a aprendizagem de Ciências, pois explicita a necessidade dos estudantes desenvolverem uma opinião – como parte de uma competência social e cívica – embasando suas afirmações em evidências e debatendo-as no contexto social (Jiménez-Aleixandre, 2010).

A complexidade e abstração dos conceitos científicos e a dificuldade dos estudantes de relacioná-los ao seu cotidiano também realçam a importância da abordagem de questões sociocientíficas no ensino de Ciências e de ferramentas de pensamento como os modelos e as analogias. O processo de elaboração, crítica e refino de modelos e analogias é denominado *modelagem analógica* por autores como Nersessian (2002) e Mozzer e Justi (2018), o qual é descrito em mais detalhes na seção seguinte. Atividades de caráter colaborativo voltadas para o ensino de Ciências e fundamentadas nesse processo vêm sendo propostas e têm apresentado resultados positivos em termos da aprendizagem conceitual e de habilidades argumentativas pelos estudantes (Andrade e Mozzer, 2016; Andrade *et al.*, 2017).

Diante disso, e considerando-se a aprendizagem como um processo social, no qual os estudantes precisam ser motivados a confrontar e negociar ideias e a utilizar ferramentas de pensamento na elaboração de significados que permeiam a discussão de questões autênticas, neste trabalho nos propusemos a investigar como a vivência da sequência didática centrada na QSC sobre o uso de pesticidas e fundamentada no

processo de modelagem analógica influenciou o entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão.

A Modelagem Analógica

Os modelos são considerados ferramentas centrais na produção do conhecimento científico e no ensino de Ciências. Isso se deve às relações que estabelecem com a teoria científica, com o mundo (entidades modeladas) e com a aprendizagem de ambos (Morrison e Morgan, 1999; Mozzer, 2013). Nesse sentido, modelos são definidos por Knuuttila (2005) como artefatos que apoiam o pensamento humano e que são materializados a partir de diferentes modos de expressão (verbal, escrito, gestual, concreto, simulação, etc.) para favorecer a sua manipulação em diferentes práticas epistêmicas, como a modelagem. Justi e Gilbert (2002) propuseram uma representação para o processo de modelagem científica, a qual denominaram “Modelo de Modelagem” (Figura 1). O intuito desses autores foi de caracterizar os ciclos recorrentes de *criação*, *expressão*, *testes* e *avaliação* de modelos envolvidos nesse processo, que estão relacionados entre si e representados por esferas interconectadas na Figura 1. Os três processos cognitivos que permeiam a modelagem também foram representados pelos autores por meio de arestas de cordas que interligam as esferas. São eles: as representações imagéticas e os experimentos mentais, a argumentação e o raciocínio analógico (Gilbert e Justi, 2016).

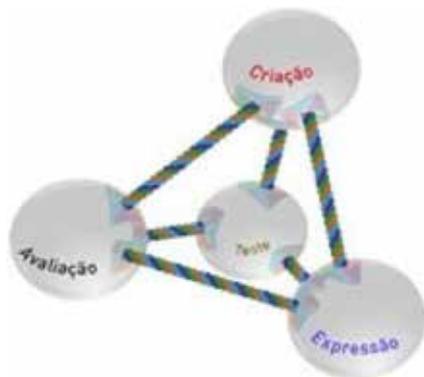


Figura 1: Modelo de Modelagem (Gilbert e Justi, 2016, p. 32).

Para orientar o ensino de Ciências fundamentado na Modelagem, Justi (2006) e Gilbert e Justi (2016) descrevem cada um dos ciclos (ou etapas) mencionados anteriormente. Na etapa de *criação*, os estudantes devem produzir um modelo inicial, a partir da definição do objetivo do modelo, da experiência com o alvo proporcionada pelo professor ou derivada de seus conhecimentos prévios e da seleção de uma origem para o modelo (como: aspectos da realidade com os quais seja possível estabelecer uma analogia; recursos matemáticos; ou um modelo base para a proposição de outro modelo). A etapa de *expressão* visa a materialização do modelo por meio de algum modo (concreto, gestual, verbal, matemático, entre outros) que possibilite as discussões entre pares. A etapa de

teste compreende a realização de testes mentais ou empíricos do modelo proposto, relacionados ao seu poder explicativo, os quais podem levar a sua revisão ou à proposição de um novo modelo. A etapa de *avaliação* consiste na análise da abrangência e das limitações do modelo proposto frente ao seu objetivo inicial, e a partir da tentativa de utilizá-lo em outros contextos.

Mozzer e Justi (2018) destacam a importância do raciocínio analógico como processo cognitivo de produção de modelos, pontuando, como Clement (2008), que as analogias podem ser *fontes de modelos*. Assim, entendidas como comparações de *relações de similaridade* entre um domínio familiar (análogo) e outro desconhecido ou pouco conhecido (alvo) (Gentner, 1989), as analogias são consideradas neste trabalho como fontes de ideias para a criação e revisão de modelos. Mas consideramos que o contrário também pode ocorrer, ou seja, modelos podem ser fontes de ideias para a criação e revisão de analogias (Mozzer e Justi, 2018). Isso realça a influência mútua que essas ferramentas podem exercer durante a modelagem. A elaboração de modelos pode permitir que aspectos do alvo sejam considerados nas relações de similaridade estabelecidas, assim como o estabelecimento dessas relações pode permitir que novos aspectos do alvo sejam considerados nos modelos propostos.

Com base na proposta de representação e descrição do processo de modelagem científica de Justi e Gilbert, Mozzer e Justi (2009; 2018) propuseram adaptações nas etapas descritas anteriormente, de forma que possibilitassem a elaboração, crítica e revisão de modelos e analogias em processos de *Modelagem Analógica* no ensino de Ciências. Essas etapas podem ser descritas sucintamente como:

- **Criação:** os estudantes são estimulados a ter ou recordar experiências com o domínio alvo e, paralelamente, selecionar um domínio análogo com o qual seja possível estabelecer uma analogia, que pode funcionar como fonte de um modelo inicial.
- **Expressão:** os estudantes são solicitados a expressar seus modelos a partir de diferentes modos de representação, dentre os quais, por meio de uma analogia (expressão verbal ou escrita), com explicitação das similaridades e das diferenças entre os domínios comparados.
- **Teste:** no caso das analogias, os estudantes fazem testes mentais envolvendo as similaridades e as diferenças indicadas. Caso as relações de similaridade não sejam condizentes com o alvo, os estudantes reformulam ou propõem uma nova analogia. O mesmo ocorre no caso de identificação de possíveis incoerências no modelo proposto.
- **Avaliação:** quando o modelo e a analogia dos estudantes são bem sucedidos nos testes, é necessária a proposição de novas situações para que eles identifiquem as limitações e a abrangência dos modelos e analogias elaborados e revisados.

Considerando que um dos intuítos de se fundamentar o ensino de Ciências nessas etapas é promover ou ampliar o

conhecimento dos estudantes em torno de um determinado problema, a modelagem analógica é vista com grande potencial na abordagem de QSC. Nesse processo, a dimensão científica é uma das que pode ser explorada durante as discussões que permeiam as atividades propostas, em conjunção com as dimensões ética, política, social, ambiental, etc.

Neste trabalho, isso se concretizou por meio do desenvolvimento de uma sequência didática centrada em discussões sobre o uso de agroquímicos, embasadas nos modelos e analogias propostos pelos estudantes para explicar o comportamento dessas substâncias.

O Uso de Pesticidas Como Uma QSC

Autores como Aikenhead (1985) e Conrado (2017) defendem a abordagem de temas que façam sentido no cotidiano dos estudantes, de forma a tornar o ensino mais real e funcional. O uso de pesticidas² apresenta-se como uma QSC ligada ao cotidiano dos estudantes, a qual possibilita discussões de aspectos ambientais, econômicos, sociais, entre outros.

Os agroquímicos são substâncias de origem natural ou sintética que podem matar diretamente um organismo indesejável ou interferir no seu processo reprodutivo. São comumente utilizados em áreas de agricultura, de pecuária e em domicílios (Peixoto, 2007).

No Brasil, no ano de 2015, houve grande incidência de surtos de doenças como a dengue, zika e febre chikungunya, que são transmitidas pelo mesmo mosquito *Aedes aegypti*. O Ministério da Saúde informou em seu Boletim Epidemiológico³ que foram registrados 41.264 casos de dengue, 146.914 casos de febre chikungunya e 128.266 casos de zika em todo o país. Campanhas de mobilização para combate à proliferação do mosquito foram promovidas por esse órgão.

O mosquito *Aedes aegypti* é originário da África e se adapta bem ao ambiente urbano, pois se utiliza, para o desenvolvimento de sua fase larvária, de recipientes diversos com água parada. Essa espécie é antropofílica e tem hábitos diurnos, alimenta-se e deposita seus ovos ao amanhecer (Braga e Valle, 2007).

Os agroquímicos Malathion e Diclórvos, da classe dos organofosforados, são utilizados no controle desse mosquito. A Cipermetrina, da classe dos piretróides, também é um agroquímico utilizado no controle do vetor (Campos e Andrade, 2001). Os organofosforados incluem todos os agroquímicos que contêm em sua composição molecular o átomo de fósforo (P), e possuem toxicidade aguda elevada aos seres humanos e outros mamíferos. A intoxicação por meio desses compostos pode ocorrer via inalação, ingestão ou absorção através da pele, podendo levar a problemas sérios de saúde. Eles se decompõem dentro de dias ou semanas e, com exceção do Diclórvos, possuem baixa volatilidade. A dispersão desses agroquímicos – processo no qual as moléculas de uma substância se dispersam gradualmente por uma região ocupada por moléculas de outra substância, em uma série de etapas aleatórias, sofrendo

colisões enquanto se movem (Atkins e Jones, 2012) – ocorre por pulverização, podendo se espalhar pelo vento por uma área de um a dois quilômetros. Eles podem contaminar o meio aquático por meio dos resíduos industriais, da infiltração no solo ou do seu escoamento superficial (Lopes *et al.*, 2011).

Os piretróides são compostos que apresentam ação rápida, eficiência em baixa dose, possuem baixo poder residual no ambiente, são praticamente atóxicos para mamíferos se comparados a vários outros agroquímicos, mas podem exercer efeitos neurotóxicos e cardiotoxicos nos vertebrados, causando paralisia nos insetos (Montanha e Pimpão, 2012).

Como uma alternativa ao uso desses agroquímicos e uma estratégia promissora no combate às larvas do mosquito *Aedes aegypti*, autores como Furtado *et al.* (2005) e Garcez *et al.* (2013) apontam os óleos essenciais,⁴ devido à sua eficiência, além da baixa toxicidade ao ser humano e ao ambiente.

Essa problemática em torno da conscientização sobre as doenças transmitidas pelo mosquito e sobre as formas de combatê-lo são parte da realidade dos estudantes brasileiros e, portanto, pode ser considerada uma QSC ou um problema autêntico nos termos de Aikenhead (1985). Sua abordagem no ensino de Ciências apresenta grande potencial de possibilitar discussões nas dimensões científica, ambiental, social, ética e política, que podem contribuir para a formação de estudantes letrados cientificamente.

Metodologia

Neste trabalho, trazemos um recorte da análise dos dados da dissertação de mestrado da primeira autora, a qual se encontra em elaboração. Os dados foram coletados durante o desenvolvimento, em sala de aula, da sequência didática (SD) fundamentada na modelagem analógica proposta por Andrade e Mozzer (2017) e descrita nesta seção.

A pesquisa realizada possui um caráter qualitativo, pois tem o intuito de investigar o desenvolvimento de conhecimentos pelos estudantes ao longo da SD. Trata-se, portanto, de uma investigação que foca no processo e em que os dados são predominantemente descritivos (Bogdan e Biklen, 1994).

A Sequência Didática

De acordo com Zabala (1998), uma SD pode ser entendida como um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos” (p. 18). Embasados nessa visão, Andrade e Mozzer (2017) desenvolveram uma SD que associa o processo de modelagem analógica ao tratamento de uma QSC com os objetivos iniciais de: “favorecer a vivência e compreensão pelos estudantes de aspectos relacionados às práticas científicas presentes na modelagem analógica; favorecer a tomada de decisão frente à questão sociocientífica; favorecer o

entendimento conceitual de tópicos como: interações químicas, solubilidade e dispersão” (p. 4).

A SD conta com nove atividades, cada uma delas com seus objetivos específicos, mas todos direcionados para auxiliar os estudantes na construção de conhecimentos durante a modelagem para avaliar o uso dos pesticidas:

- *Atividade 1:* consiste em uma atividade introdutória que tem o objetivo de apresentar e diferenciar as analogias de comparações de mera aparência, por meio da discussão de comparações do cotidiano e de uma comparação comumente estabelecida no ensino de Química.
- *Atividade 2:* consiste de sete questões, propostas para serem respondidas coletivamente, para que o(a) professor(a) tome conhecimento das ideias e opiniões dos estudantes a respeito da temática pesticida e para familiarizá-los com o caráter dialógico das atividades subsequentes. Por exemplo: O que são pesticidas?; Vocês já utilizaram algum tipo de pesticida em suas casas?; Você já ouviu o termo dedetizar?; O pesticida pode causar algum dano ao ambiente, pessoas e animais? Quais?; dentre outras.
- *Atividade 3:* consiste em introduzir informações sobre os pesticidas por meio de um texto explicativo; em específico, apresentar os três pesticidas Malathion, Diclorvos e Cipermetrina, que são comumente utilizados para combate ao mosquito *Aedes aegypti* (os quais serão o foco do estudo) e discutir os efeitos dessas substâncias à saúde e ao ambiente;
- *Atividade 4:* consiste em apresentar e discutir uma reportagem sobre a lei que autoriza a pulverização aérea dos pesticidas, e solicitar aos estudantes que criem, expressem, testem e avaliem seus modelos e analogias para explicar a dispersão dos pesticidas na atmosfera, utilizando dados da massa molar e da volatilidade dos pesticidas em estudo;
- *Atividade 5:* consiste em fornecer e discutir dados sobre o comportamento dos pesticidas em água, que fundamentem os modelos e analogias propostos pelos estudantes para explicar esse comportamento. Os modelos propostos irão subsidiar a análise da possível contaminação da água potável pelos pesticidas;
- *Atividade 6:* consiste em apresentar os óleos essenciais como uma alternativa para o combate ao mosquito *Aedes aegypti*. Os estudantes são solicitados a testar seus modelos e analogias anteriores para explicar o comportamento dos óleos essenciais no ar e na água, além de discutir outras maneiras para o combate ao mosquito;
- *Atividade 7:* consiste em fornecer e discutir novos dados sobre a persistência dos três pesticidas e do óleo essencial, a partir dos quais os estudantes são incentivados a avaliar os modelos e analogias anteriores e a analisar outros riscos de contaminação do ambiente pelos pesticidas;
- *Atividade 8:* consiste em apresentar, por meio de dois vídeos e uma entrevista escrita, três pontos de vista de especialistas (um médico sanitário, um químico ambiental e um

químico orgânico) sobre os pesticidas e óleos essenciais, com o objetivo de contribuir para a fundamentação dos argumentos dos estudantes na elaboração do parecer na atividade final;

- *Atividade 9:* consiste na elaboração de um parecer contendo um posicionamento sobre o uso de pesticidas, fundamentado nos modelos e analogias elaborados, nas discussões estabelecidas e nas diferentes fontes de informações a que os estudantes tiveram acesso durante as atividades.

Neste trabalho, analisamos o desenvolvimento da Atividade 4, intitulada “Pesticidas na atmosfera”, que teve duração de cinco aulas e o objetivo de trabalhar a dispersão dos pesticidas no ar por meio da proposição de modelos e analogias para representar esse processo. A escolha dessa atividade ocorreu pelo fato de ter sido a primeira em que os estudantes tiveram contato com a elaboração dos modelos e analogias, uma vez que as atividades anteriores foram de caráter introdutório e que as mesmas tinham como objetivo sondar as ideias dos estudantes e promover discussões gerais sobre o tema.

Durante a realização da Atividade 4, os estudantes foram solicitados a explicar o comportamento de três agroquímicos (Malathion, Diclorvos e Cipermetrina) no ar a partir da elaboração de modelos e analogias. Para isso, foi necessário que eles observassem e selecionassem aspectos do domínio alvo que consideraram pertinentes representar no modelo e analogia propostos. Em seguida, os estudantes foram solicitados a expressar seus modelos e analogias verbalmente e por meio de materiais disponibilizados: bolinhas de isopor de diferentes tamanhos, palitos de dente, massinha de modelar, lápis de cor e folhas A4. Nessa etapa de expressão, os estudantes foram solicitados a esclarecer o significado dos códigos de representação adotados em seus modelos e a explicitar as relações de similaridades e as limitações da analogia proposta.

O teste dos modelos e analogias criados foi realizado a partir da análise, pelos estudantes, de seu poder explicativo frente aos dados de massa molar e volatilidade fornecidos na atividade. A etapa de avaliação da modelagem analógica foi contemplada nessa atividade durante as solicitações pelo(a) professor(a) de que os estudantes analisassem as limitações de suas analogias frente aos objetivos iniciais para o quais elas foram elaboradas.

Outros Aspectos Metodológicos

A pesquisa realizada foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto. No parecer emitido, o comitê avaliou positivamente aspectos como a relevância da pesquisa; as medidas tomadas para minimizar riscos aos pesquisados durante o seu desenvolvimento; os esclarecimentos prestados aos pesquisados e seus responsáveis quanto à realização da pesquisa, à preservação da identidade dos participantes, à disponibilidade dos resultados finais e à confidencialidade; e as informações fornecidas sobre o arquivamento dos dados.

Para o desenvolvimento da SD, selecionou-se uma turma de terceiro ano de uma escola pública situada no município de Itabirito, Minas Gerais. Todos os estudantes da turma foram informados de que sua participação na pesquisa seria livre e espontânea, sem remuneração, e que sua identidade seria preservada durante todo processo. Eles receberam os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, os quais foram assinados pelos seus responsáveis, no caso de menores de 18 anos, e por eles mesmos e devolvidos para a pesquisadora.

A seleção da turma foi realizada por se esperar que os estudantes desse nível de ensino possuísem conhecimentos prévios necessários para se discutir os conceitos químicos trabalhados nas atividades, e pela disposição dos mesmos em participar da pesquisa. Na referida escola, havia uma única turma de terceiro ano no turno noturno, no qual desenvolvemos a nossa pesquisa. Ela contava com 25 estudantes, os quais foram divididos em quatro grupos.⁵ Os estudantes dessa turma ainda não haviam vivenciado atividades de modelagem, e situações argumentativas não eram muito frequentes nas aulas de Química. A SD foi desenvolvida durante 23 aulas de 45 minutos cada. A atividade 4, analisada neste trabalho, foi desenvolvida em cinco aulas sequenciais, da terceira à sétima aulas.

Selecionamos um grupo de 4 estudantes que participou ativamente de todo o processo, e que possuía a maior frequência nas aulas. A participação dos estudantes em todas as atividades da SD foi considerada um critério importante e necessário para a análise do desenvolvimento de seus entendimentos e capacidades durante os processos vivenciados.

Durante o desenvolvimento da SD estiveram presentes três pesquisadoras (havendo sempre duas delas por aula) e a professora, a qual conduziu toda a aplicação da sequência. As pesquisadoras auxiliaram os grupos a todo momento que eram solicitadas, uma vez que, em razão da quantidade de estudantes, era inviável a professora auxiliar os quatro grupos em atividades com as quais eles não tinham familiaridade.

Os dados foram coletados por meio de gravações em áudio e em vídeo. As atividades escritas também foram recolhidas. As gravações em áudio e vídeo foram transcritas, seguindo algumas normas adotadas por Preti (1999; 2009) e Carvalho (2011), a fim de mantermos um padrão de códigos e facilitar o entendimento dos dados. Por exemplo, a numeração sequencial dos turnos de fala ao longo da transcrição e a utilização dos dois parênteses (()) para a inserção de comentários do pesquisador sobre gestos e ações dos sujeitos.

Na descrição e análise dos dados utilizamos nomes fictícios para nos referir aos estudantes. Com relação à professora e às pesquisadoras, usamos os termos “Professora”, “Pesquisadora 1”, “Pesquisadora 2” e “Pesquisadora 3”.

O conjunto de dados foi analisado com o objetivo de identificar evidências que apontassem o desenvolvimento do entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão. Dessa forma, selecionamos trechos das transcrições dos diálogos estabelecidos entre os estudantes, a professora e as pesquisadoras

ao longo das etapas da modelagem analógica, e imagens dos modelos concretos elaborados, que nos possibilitassem discutir essas evidências do entendimento conceitual dos estudantes.

Resultados e Discussão

Na primeira aula da atividade 4, a professora leu com a turma uma reportagem intitulada “Nova lei contra o *Aedes* que prevê pulverização aérea de inseticida gera protestos”.⁶ Após a leitura, ela propôs uma situação fictícia: os estudantes fariam parte de uma comissão técnico-científica que pesquisaria o comportamento dos pesticidas no ambiente, com o objetivo de emitir um parecer por meio do qual se posicionariam contra ou a favor do uso dessas substâncias para combater o mosquito *Aedes aegypti*.

Após a explicação da professora sobre o objetivo da atividade, a pesquisadora 3 foi até o grupo investigado para esclarecimento das dúvidas dos estudantes sobre o que seria feito na segunda parte da atividade, intitulada “Como os pesticidas se comportam na atmosfera?”. Naquele momento, ela questionou os estudantes sobre como os pesticidas se comportam quando são lançados no ar, e eles explicaram que suas partículas caem e se espalham na plantação. Na tentativa de que os estudantes voltassem suas explicações para o nível submicroscópico, a pesquisadora auxiliou-os na interpretação das fórmulas moleculares dos pesticidas Malathion, Diclórovo e Cipermetrina, que foram disponibilizadas na atividade, e solicitou que eles representassem o comportamento das partículas desses compostos ao entrarem em contato com o ar e o explicassem na aula seguinte.

Na segunda aula de desenvolvimento da atividade 4, os estudantes inicialmente demonstraram dificuldade em como deveriam expor suas ideias. Após uma explicação mais detalhada sobre o que seria o nível submicroscópico, os estudantes começaram a propor o modelo expresso no trecho transcrito a seguir:

81. Wagner: *A gente tem que juntar muitas bolinhas. Esse pode ser o pesticida ((aponta para a bolinha de isopor de tamanho maior)). A gente faz e coloca no palitinho. Um palitinho coloca aqui ((mostra a inserção do palito entre a bolinha de isopor menor e a maior)) e coloca outro palitinho aí ((indica a outra bolinha de isopor maior)). Coloca mais e separa... Tipo... Coloca o ar e aí a gente pega mais um palito e coloca o pesticida. Entendeu?*

82. Eliane: *Então começa aí.*

83. Wagner: *Entendeu? No final coloca esse ((mostra a bolinha de isopor menor)).*

84. Eliane: *Não. No final já tem ((se refere à bolinha de isopor menor representando o ar no modelo da Figura 2)).*

85. Wagner: *Vai ligando eles... Essa daqui oh ((aponta para a bolinha menor ‘ligada’ à bolinha maior))... A gente coloca um monte de palitinhos para terminar...*

86. André: *Tem esse daqui ((aponta para uma bolinha de isopor colorida de laranja, Figura 2)).*

87. Wagner: *Pode ser até esses pintados* ((se referindo as bolinhas que foram pontilhadas pelo grupo))... *Me dá aí André. Só as maiores... Deixa eu escrever aqui como que escreve* ((escreve pesticida)).

88. Mariana: *Não estou entendendo isso* ((se referindo a bolinha de isopor menor do modelo da Figura 2)).

89. Eliane: *Aqui, Mariana, é só em cima* ((aponta para a bolinha de isopor menor do modelo, se referindo à partícula do ar)).

93. Pesquisadora 1: *Aqui* ((aponta para as bolinhas de isopor maiores da Figura 1)) *you representou o quê?*

94. Wagner: *Pesticidas. E aí eles vão se espalhando com o ar.*

95. Eliane: *Aí nossa plantação está aqui* ((mostra uma representação de grama, confeccionada com massinha de modelar, que pode ser visualizada na Figura 3)) *ela tem bichinhos para matar eles.*

96. Pesquisadora 1: *Entendi. Agora só uma pergunta, aqui* ((se refere às bolinhas maiores)) *you está representando o pesticida, né* ((se refere às bolinhas maiores))? *As partículas deles, né?*

97. Wagner: *É, várias moléculas de pesticidas.*

98. Pesquisadora 1: *Mas aí* ((aponta para a bolinha de isopor menor)), *you representou só uma partícula de ar?*

99. André: *É. Tem que ter mais.*

100. Wagner: *Tem que ter mais.*



Figura 2: Representação da dispersão do pesticida no ar.



Figura 3: Modelo reformulado da dispersão do pesticida no ar (detalhe da grama à direita da figura).

Como evidencia esse trecho, os estudantes do grupo iniciaram uma discussão sobre como eles iriam propor a representação, trabalhando de forma colaborativa na tentativa de *criar e expressar* um modelo para representar a dispersão das partículas do pesticida no ar. Percebemos, por meio do modelo expresso pelo grupo (vide Figura 2) e da discussão com a Pesquisadora 1, que eles imaginavam ser suficiente representar o ar por meio

de uma única bolinha de isopor (turnos 81 a 84), indicando que os estudantes entendiam que o mesmo seria constituído por uma única substância. Trabalhos como o de Melo e Silva (2017) reportam a dificuldade dos estudantes de formar um conceito científico de ar, os quais tendem a pensá-lo como constituído apenas de oxigênio e não de uma mistura de gases. Outra ideia evidenciada foi a de que as partículas dos constituintes dos pesticidas e do ar estariam ligadas quimicamente umas às outras (turnos 81 a 85). Essa ideia dos estudantes também foi identificada por autores como Fernandez e Marcondes (2006), Kind (2004), Quadros *et al.* (2017) e Queiroz (2009), que realçam que uma de suas possíveis origens pode ser a ausência de esclarecimentos no ensino do tema sobre o significado do uso de palitos, bolinhas, esferas na representação das ligações químicas.

Ao serem questionados pela pesquisadora sobre os códigos de representação utilizados, os estudantes afirmaram que as bolinhas de isopor maiores representavam os pesticidas e que eles estariam se espalhando no ar (turnos 93 a 95). Dando continuidade à discussão ela também os questionou sobre a quantidade de bolinhas que eles usaram no modelo da Figura 2 (turnos 96 a 100). A partir desses questionamentos, os estudantes passaram pelo primeiro momento de *teste* do modelo, reconhecendo a incoerência da representação e propondo a sua reformulação, como indica o trecho transcrito a seguir.

111. Eliane: *Deixa o modelo assim é só completar.*

112. Wagner: *André me empresta essa daí* ((se referindo à bolinha de isopor menor)) *para colocar aqui.*

113. Mariana: *Coloca mais dessa bolinha aqui* ((se referindo à bolinha de isopor maior)).

114. Wagner: *E onde eu vou colocar ela?* ((se referindo às bolinhas de isopor maior)).

115. Eliane: *Embaixo... Embaixo de tudo* ((aponta para o modelo da Figura 1)).

116. Wagner: *As bolinhas vão cair, não vai parar* ((se refere à sustentação da estrutura)).

117. André: *Coloca mais palitos para segurar.*

118. Professora: *O que vocês estão fazendo aí? O que vocês estão representando?*

119. Wagner: *É porque a gente fez aqui em cima* ((aponta para as bolinhas de isopor maiores)) *o pesticida e ele entra em contato com o ar e vai se espalhar. Aqui a gente colocou mais partículas das substâncias do ar* ((se refere às bolinhas de isopor menores que foram adicionadas ao modelo da Figura 2)).

120. Professora: *Entendi.*

121. Eliane: *E isso daqui é a grama e os bichinhos da plantação* ((se refere à representação em massa de modelar à direita na Figura 2)). *Então vai jogar o pesticida aqui nos bichinhos.*

122. Professora: *Então, olha só quando a gente está representando a grama e os bichinhos tudo isso daí é o macroscópico. É o que a gente está vendo, certo? E aí a gente está querendo saber como que as partículas vão se espalhar, pensando no nível submicroscópico.*

É possível perceber que Wagner sugeriu inserir a bolinha de isopor menor (associada à partícula de ar) no modelo, enquanto Mariana sugeriu inserir a bolinha de isopor maior (associada à partícula de pesticida) (turnos 112 ao 114). A partir da sugestão de André de utilizar mais palitos de dente para sustentar o modelo (turno 117), os estudantes optaram por aumentar a quantidade de bolinhas de isopor de ambos os tamanhos para representar as partículas de ar e de pesticidas (Figura 3).

Após a reformulação do modelo, a professora solicitou ao grupo que explicasse sua representação. A explicação fornecida por Wagner (turnos 118 ao 120) nos indica que o grupo compreendeu que o ar é constituído por partículas de diferentes substâncias. A partir da complementação da explicação pela estudante Eliane sobre a representação da grama, a professora buscou novamente diferenciar os níveis macroscópico e submicroscópico (turnos 121 e 122), com o intuito de que os estudantes compreendessem a incoerência de se conjugar representações nos níveis macro e submicroscópico em um mesmo modelo.

Estudos como os de Rappoport e Ashkenazi (2008) e Al-Balushi (2013) retratam a dificuldade dos estudantes em transitar de maneira adequada entre os diferentes níveis de representação, de pensar espontaneamente em explicações no nível submicroscópico e de compreender o papel de cada nível e de suas relações. Isso justifica as ações recursivas da professora e das pesquisadoras durante as atividades, no sentido de auxiliar os estudantes neste tipo de entendimento.

Na terceira aula, a pesquisadora retomou com o grupo a discussão sobre o modelo reformulado (Figura 3), a fim de auxiliar os estudantes a concluir o modelo e a refletirem sobre algumas das ideias expressas por meio do mesmo.

152. Pesquisadora 1: *Como vocês representaram aqui?* ((referindo ao modelo da Figura 3)).

153. André: *Os pesticidas e o ar.*

154. Pesquisadora 1: *Entendi. Ai, qual bolinha vocês estão representando o ar? E qual está representando o pesticida?*

155. André: *As menores são o ar.*

156. Wagner: *As maiores são os pesticidas.*

157. Pesquisadora 1: *E como essas partículas vão estar no ar? De que forma?*

158. André: *Espalhadas.*

159. Pesquisadora 1: *Esse modelo de vocês representa que elas estão espalhadas?*

160. André: *Acho que está.*

161. Wagner: *Tá.* ((aponta para o modelo da Figura 3)).

162. Pesquisadora 1: *E o que significa esse palito aqui... que está entre as partículas do ar e do pesticida aqui* ((aponta para um dos palitos da representação da Figura 3))?

163. Eliane: *É...*

164. André: *Sei lá.*

165. Pesquisadora 1: *Se vocês jogarem o pesticida aqui* ((se referindo à sala de aula)) *ele vai atingir a quadra?*

166. Eliane: *Vai, vai se espalhando assim* ((movimento circular com as mãos)) *através do ar e vai...*

167. Pesquisadora 1: *Se espalhando como? De que forma? O modo que vocês representaram aqui* ((se referindo ao modelo da Figura 3)) *parece que está todo mundo junto. Esses palitos estão dando a ideia de quê?*

168. André: *De um estar ligado no outro.*

169. Pesquisadora 1: *É isso que vocês queriam passar? Que a partícula do pesticida se liga na partícula do ar?*

170. André: *Sim.*

171. Pesquisadora 1: *Aqui* ((aponta para o modelo da Figura 3)) *vai formar uma nova substância, ou o pesticida vai continuar sendo pesticida e interagir com o ar? Ai está falando que vai formar outra coisa?*

172. Eliane: *Não.*

173. Wagner: *Não.*

174. Eliane: *Mas como vai separar?* ((se refere ao modelo da Figura 3)). *Eu não sei.*

175. Pesquisadora 1: *Eliane você me falou assim, os pesticidas estão espalhados no ar* ((movimento circular com as mãos)). *Então, como você poderia representar ele aí?*

176. André: *Tirando os palitos que estão entre as bolinhas.*

177. Wagner: *Assim não estão ligados, só interagindo.* ((aponta para o modelo da Figura 4)).



Figura 4: Modelo reformulado dos pesticidas no ar.

No trecho acima, podemos notar uma nova explicitação do grupo em relação aos códigos usados no modelo reformulado da Figura 3 (turnos 152 ao 158). Além disso, a fim de entender o significado do termo “espalhadas”, usado pelos estudantes em diferentes momentos de discussão, e de contrapor tal significado com a utilização dos palitos na representação da Figura 3, a pesquisadora questionou o grupo, dando início ao segundo momento de teste do modelo.

Para auxiliar os estudantes nesta etapa de teste, a pesquisadora buscou diferenciar a formação de novas substâncias, que caracteriza uma reação química, do estabelecimento de interações entre as partículas constituintes das substâncias (turnos 171 ao 173). Mortimer e Miranda (1995) explicam

que a dificuldade dos estudantes na compreensão das reações químicas pode estar associada ao fato de que eles nem sempre reconhecem as entidades que se transformam e as que permanecem constantes. Tal incompreensão também pode refletir e ser influenciada pela dificuldade de diferenciar as interações interatômicas das intermoleculares (Peterson e Treagust, 1989; Nakhleh, 1992).

A ação da pesquisadora de discutir sobre as diferenças entre reação e interação parece ter levado os estudantes ao reconhecimento de uma nova incoerência, e da necessidade de reformular o modelo proposto, devido à compreensão de que não haveria uma reação química entre os componentes do ar e do pesticida durante a dispersão, mas interações entre suas partículas. Essa compreensão foi expressa nas falas de André (turno 176) e de Wagner (turno 177), que propuseram a retirada dos palitos na reformulação do modelo para representar as interações estabelecidas entre os pesticidas e o ar.

Dando sequência à atividade, a pesquisadora solicitou que os estudantes propusessem uma analogia para explicar o comportamento dos pesticidas que eles haviam representado, e que identificassem as relações de similaridade entre os domínios comparados e as limitações da comparação. O trecho a seguir ilustra aspectos importantes das discussões que ocorreram em consequência dessas solicitações.

215. Eliane: *Poderia ser aquele negócio de banheiro, porque espalha e dá um cheiro.*

216. Wagner: *Então fala com ela* ((se referindo à pesquisadora)).

217. Eliane: *Então, como chama aquele negócio de jogar no banheiro e dá cheiro. Aquilo que faz* ((balança a mão e faz som com a boca de xiiiiiii))... *É bom ar que fala?*

218. Wagner: *Isso.*

219. André: *É.*

220. Wagner: *Pode ser quando eu vou usar um perfume assim... que eu joga* ((faz o movimento no corpo)).

221. Eliane: *Mas isso vai ser só pra mim, no meu corpo. Tipo o bom ar vai se espalhar no ar todo. Tipo, se você estiver no quarto vai sentir.*

((A Pesquisadora 1 dirige-se para o grupo para que os estudantes expressem sua proposição)).

222. Pesquisadora 1: *O que vocês pensaram?*

223. Eliane: *É porque os pesticidas entram em contato com o ar atingindo a plantaçao, né? Aí, sabe aquele negócio que você joga no cômodo, para dar cheiro?*

224. Pesquisadora 1: *O bom ar?*

225. Eliane: *Isso! Aí, tipo... se você jogar ele no quarto, ele vai se espalhar no quarto todo e vai dar o cheiro. Você vai sentir aquele cheiro, porque ele vai se espalhar através do ar.*

226. Pesquisadora 1: *Então, qual a relação de semelhança que a gente pode fazer com o bom ar e com os pesticidas no ar?*

227. Eliane: *Tipo... vai ser a mesma coisa. Tudo que acontecer com esse daí* ((se referindo ao modelo da Figura 4)), *vai acontecer no bom ar. O pesticida vai estar espalhando suas partículas através do ar, ele vai se espalhando e atingindo as*

plantações. A mesma coisa acontece com o bom ar. Você vai jogar no ar e vai se espalhando. Tipo... qualquer lugar de um cômodo você vai sentir o cheiro. Normal, igual acontece com esse daí.

((A Pesquisadora 2 se junta à Pesquisadora 1)).

228. Pesquisadora 2: *As partículas aqui do ar e dos pesticidas elas estão paradinhas assim?* ((aponta para o modelo da Figura 4)).

229. Eliane: *Não.*

230. Pesquisadora 2: *Como elas estão?*

231. Eliane: *Em movimento.*

232. Wagner: *Movimento.*

233. Pesquisadora 2: *E no caso do bom ar?*

234. Eliane: *Tipo... vai estar em movimento também, circulando.*

235. Pesquisadora 1: *Por quê?*

236. Eliane: *Porque tipo, ah...*

237. Wagner: *Em qualquer lugar do cômodo vai* ((faz movimento circular com o braço)).

238. Eliane: *Porque se você colocar no quarto... você espirrasse no quarto, vai ficar circulando e você vai sentir o cheiro no outro cômodo. Ele vai ficar circulando, em movimento.*

239. Pesquisadora 2: *Se elas estão se movimentando, elas podem se chocar umas nas outras? O pesticida no ar, e o bom ar no ar?*

240. Wagner: *Pode. Elas estão em movimento...*

241. André: *Pode, elas vão se chocar.*

Dando início às etapas de criação e expressão da analogia, Eliane sugeriu aos seus colegas comparar o comportamento dos pesticidas no ar com o de um odorizador de ambiente. O perfume foi apresentado por Wagner como outra possibilidade de análogo. Essa ideia foi refutada por Eliane com a justificativa de que o alcance das partículas do Bom Ar® seria maior do que as do perfume (turnos 215 ao 225).

Naquela situação, o argumento de Eliane parece ter sido aceito pelo grupo, visto que deram continuidade à discussão do análogo proposto pela mesma, seja pelo fato de terem considerado plausível a justificativa de maior alcance do odorizador, ou porque se configurou em um “argumento de autoridade”, cuja aceitação está mais ligada ao *status* daquele que o produziu do que à plausibilidade das ideias que o embasam (Jiménez-Aleixandre, 2010). No caso de Eliane, esse possível *status* parece evidenciado em diferentes momentos em que seus comandos e sugestões foram acatados pelo grupo, como: aquele em que ela ordena que Wagner inicie o modelo da Figura 2 (turno 82); quando ela auxilia Mariana na construção do modelo (turno 89); quando ela sugere não modificar o modelo da Figura 2 e apenas completá-lo após o primeiro teste (turno 111), opinando sobre onde deveriam ser colocadas as bolinhas de isopor (turno 115).

Ao retornar ao grupo a pesquisadora 1 solicitou aos estudantes que expressassem a analogia proposta. Eliane se prontificou, explicitando como única similaridade o espalhamento

do odorizador e do pesticida no ar (turnos 222 ao 227). Com a intenção de auxiliar os estudantes na identificação de outras relações de similaridade possíveis de serem estabelecidas a partir da analogia proposta, a pesquisadora 2 se juntou à pesquisadora 1 para promover tal discussão (turnos 228 ao 241). Ela questionou novamente o grupo sobre o comportamento das partículas a partir do modelo proposto. Isso possibilitou a identificação de outras duas relações de similaridade pelos estudantes, referentes aos aspectos discutidos anteriormente: a movimentação e os choques entre as partículas no alvo e no análogo (vide Quadro 1).

Dessa forma, notamos que os questionamentos realizados aqui e em outros momentos pelas pesquisadoras e pela professora, durante as explicações dos modelos e analogias pelos estudantes, contribuíram de forma significativa para que eles pudessem refletir, compreender e construir suas ideias. Isso é consonante com os resultados de trabalhos como de Andrade *et al.* (2017) e Andrade e Mozzer (2016), que realçam a importância desses questionamentos para orientar a condução de atividades de modelagem analógica e minimizar as dificuldades encontradas pelos estudantes durante as etapas do processo.

Apesar de terem sido capazes de estabelecer uma analogia no sentido definido por Gentner (1989), os estudantes não foram capazes de identificar relações de ordem superior, ou seja, relações de relações nessa comparação. No caso da analogia proposta, eles teriam evidenciado uma compreensão ainda mais elaborada do domínio alvo se tivessem sido capazes de identificar a relação causal entre o espalhamento das partículas e a movimentação e os choques das mesmas, visto que essa relação causal é estabelecida a partir da inter-relação das outras relações de similaridade.

Dando continuidade à discussão da analogia, a pesquisadora 1 solicitou aos estudantes que explicitassem as limitações que haviam identificado na comparação proposta, o que os levou a passar pela etapa de *avaliação* da analogia. As limitações foram sintetizadas no Quadro 1, e o trecho do diálogo que ilustra sua discussão encontra-se transcrito a seguir.

291. Pesquisadora 1: *Lembra quando eu falei* ((mostra na folha

de atividade)) *para vocês falarem da semelhança e da limitação? Então em qual limitação vocês pensaram?*

292. Eliane: *A diferença pode ser que esse daqui* ((se referindo ao odorizador)) *vai ser para dar cheiro e esse daí* ((se referindo ao pesticida)), *para matar... pode ser tóxico. E esse de cá* ((se referindo novamente ao odorizador)) *não. Porque assim... se esse bom ar fosse para matar, você não poderia usar ele dentro de casa. Então pode ser essa diferença.*

293. Wagner: *Matar as pragas e esse* ((aponta para o odorizador)) *para perfumar o ambiente.*

294. Pesquisadora 1: *Entendi. Isso pode ser uma limitação. Vocês conseguem pensar em outra?*

295. Pesquisadora 2: *E quando a gente pensa assim, tudo que é jogado em ar livre vai se espalhar na mesma velocidade que o que não está em ar livre?*

296. Wagner: *Não.*

297. Eliane: *Acho que não, porque o vento que está lá fora é mais forte.*

298. Wagner: *Vai se espalhar mais rapidamente.*

299. Eliane: *O ar é mais forte e vai se espalhar mais rápido em lugar aberto do que no lugar fechado.*

Como uma das limitações da comparação elaborada, o grupo apontou a diferença de toxicidade dos pesticidas em relação ao odorizador (turno 291 ao 293). Essa identificação parece ter sido baseada nas experiências vivenciais dos estudantes com a utilização de odorizadores e inseticidas, uma vez que ela não foi associada às diferentes composições de pesticidas e odorizadores. Outra limitação identificada pelos estudantes diz respeito às diferentes velocidades de difusão do odorizador em relação aos pesticidas, em decorrência da diferença de movimentação do ar em ambiente externo e interno (turnos 295 ao 299).

Na quarta aula, a professora apresentou para toda a turma informações sobre a massa molar e a volatilidade dos pesticidas, além de relembrar conceitos já discutidos. Os grupos foram solicitados a levar em consideração as novas informações para tentar explicar o comportamento de cada pesticida, utilizando,

Quadro 1: Relações de similaridade estabelecidas pelos estudantes entre a dispersão das partículas de um odorizador e as partículas no ar

Análogo (Comportamento do Bom Ar® no ar)	Correspondência	Alvo (Comportamento do Pesticida no ar)
Movimentação das partículas	↔	Movimentação das partículas
Choque entre as partículas do Bom Ar® com as partículas do ar	↔	Choque entre as partículas dos pesticidas com as partículas do ar
Espalhamento das partículas do Bom Ar® entre as partículas de ar	↔	Espalhamento das partículas do pesticida entre as partículas de ar
Limitações		
<ul style="list-style-type: none"> • Diferença de toxicidade dos pesticidas em relação ao odorizador; • Diferentes velocidades de difusão do odorizador em relação aos pesticidas, em decorrência da diferença de movimentação do ar em ambiente externo e interno. 		

para isso, os modelos e analogias propostos anteriormente (terceiro momento de teste).

347. Pesquisadora 1: *Quais são as possíveis diferenças que existem entre esses três pesticidas?*

348. André: *A massa molar.*

349. Pesquisadora 1: *O Malathion então tem a massa molar de 330. Ela é o quê em relação a do Diclorvos?*

350. Wagner: *Maior.*

351. Pesquisadora 1: *E a da Cipermetrina?*

352. André: *Maior.*

353. Wagner: *Maior ainda.*

354. Pesquisadora 1: *E o que a massa molar tem a ver com a volatilidade aqui, de acordo com a tabela. Qual é a relação que vocês podem observar aí?*

355. Wagner: *Eu acho que quanto menor a massa molar, maior a volatilidade.*

356. André: *O Diclorvos, ele vai espalhar, andar mais rápido.*

357. Pesquisadora 1: *E porque ele vai se espalhar mais rápido?*

358. Wagner: *Porque ele tem menos massa.*

359. Pesquisadora 1: *E o Malathion?*

360. Wagner: *Tem massa molar maior e vai demorar mais a se espalhar.*

361. Pesquisadora 1: *O que vai acontecer com os pesticidas de maior massa?*

362. Wagner: *Que uns vão chegar primeiro.*

363. Pesquisadora 1: *O que mudou agora?*

364. Eliane: *A velocidade.*

365. Pesquisadora 1: *Então este modelo aqui explica o comportamento dos três pesticidas?*

366. Wagner: *Não. Esse modelo era o geral ((aponta para o modelo da Figura 4)) a gente não deu nome para nenhum, foi geral. Aqui por exemplo a gente tem que dar nome para cada pesticida.*

((Estudantes discutem entre si)).

367. André: *Mas tipo, eu estou pensando assim, os maiores vão ocupar mais espaços que os menores. Então será que eles vão ficar mais parados? Se bem que é a massa. Então, como ele vai ficar?*

368. Wagner: *Aqui, André, a gente tem esse que é o ar ((aponta para a bolinha menor)). Para a gente reformular nosso modelo, tipo esses que tem mais massa ((aponta para as bolinhas)) são os maiores, aí o pequeno a gente coloca uma bolinha menor.*

369. André: *As menores vão ser as pequenininhas, e as pequenininhas passam mais fácil pelas maiores. E as maiores podem ser essas daqui oh ((aponta para as bolinhas de isopor maior)) pela massa do Diclorvos.*

370. Wagner: *Se a gente desse o nome, por exemplo, esse daqui tem quantidade de massa menor então chegaria...*

371. André: *Passaria mais fácil.*

372. Wagner: *Chegaria mais rápido. Mas eu acho que se a gente desse nome...*

373. André: *Mas a massa vai interferir na velocidade... mas agora como vai fazer?*

374. Wagner: *Mas a diferença logicamente vai ser de boa. O que tiver a massa molar menor, vai se espalhar mais rápido, terá maior velocidade. O que tiver massa molar maior demora mais, a velocidade é menor.*

No terceiro momento de teste, na tentativa de usar o modelo da Figura 4 para explicar a relação da massa com a velocidade de espalhamento dos pesticidas no ar (turnos 366 ao 368), os estudantes perceberam que haviam representado todos os tipos de pesticidas com bolas de isopor de um mesmo tamanho, diferenciando-as apenas pelas cores dos pontinhos de caneta que fizeram nelas. Diante disso, eles reformularam o modelo, expressando-o por meio da linguagem verbal, na qual utilizaram expressões como: “*passam mais fácil pelas maiores*” (turno 369); “*chegaria mais rápido*” (turno 372); e “*o que tiver a massa molar menor vai espalhar mais rápido*” (turno 374). Essas expressões nos fornecem indícios de uma compreensão mais elaborada da influência da massa das partículas na sua velocidade de dispersão (partículas de pesticida de maior massa se espalhariam no ar com menor velocidade do que aquelas de menor massa).

Jiménez-Aleixandre (2010) sinaliza, em seu trabalho, a importância do raciocínio argumentativo para o ensino de Ciências, uma vez que os estudantes são levados a construir explicações e aprender conceitos, além de desenvolver capacidades distintas de explicação. Isso pode ser observado, por exemplo, nesse terceiro momento de teste do modelo realizado pelos estudantes: diante das novas informações apresentadas, os estudantes modificaram seu modelo explicativo apoiados no desenvolvimento de um argumento fundamentado na relação entre a massa e a volatilidade dos pesticidas.

Como se deu em relação ao modelo, os estudantes também foram questionados sobre a adequação da analogia proposta para explicar a relação entre a massa molar e a velocidade das partículas. O grupo percebeu a necessidade de reformular sua analogia, uma vez que as similaridades estabelecidas não contemplavam aquela explicação, mas apresentaram dificuldade em fazê-lo. Eles foram, então, auxiliados pela professora.

Na quinta aula, o grupo apresentou a analogia reformulada durante o momento de socialização das ideias com a turma, como ilustra o trecho transcrito a seguir.

834. Pesquisadora 1: *Qual foi a analogia que vocês fizeram? Com o quê vocês compararam?*

835. André: *Com o bom ar.*

836. Professora: *E aí como vocês estabeleceram a comparação com o bom ar?*

837. Mariana: *Nós identificamos a diferença das massas, que quando a massa molar é maior a partícula tem mais dificuldade de passar do estado líquido para o estado gasoso.*

838. Professora: *Vamos só retomar. Qual é o seu análogo?*

839. Mariana: *Estamos comparando o pesticida com o bom ar. As diferenças das massas são que quando a massa é maior, ele tem mais dificuldade de passar do estado líquido para o estado*

gasoso. O pesticida com massa menor irá ter mais facilidade de se espalhar no ar do que um com a massa maior. As moléculas no estado líquido estão um pouco atraídas umas nas outras e no gasoso se encontra com mais movimento. Nossa limitação é que o pesticida fica em um espaço aberto com vento e espalha mais rápido, e o bom ar é só em lugar fechado.

840. Professora: Tá bom então. Essa diferença é a mesma que as outras analogias apresentadas pelos outros grupos do alcance. Se eu comparar apenas um bom ar ele vai ter a mesma composição, então teremos alguma diferença?

841. André: Não.

842. Mariana: Por isso a gente comparou o bom ar com o glade.

843. Wagner: Dois tipos diferentes.

844. Mariana: Dois tipos diferentes de marca.

845. Professora: Entendi. Então o que vai acontecer com esses dois tipos diferentes?

846. Wagner: Vai ter composição diferente o que levará a ter massa molar diferente.

847. Mariana: E volatilidade diferente.

848. Professora: Isso mesmo. A mesma ideia do perfume apresentada pelo outro grupo: dois tipos de perfume diferentes e com isso vão ter comportamentos diferentes. Assim acontece com o bom ar. Só que aí a dispersão é uma reação química?

849. Wagner: Não.

850. André: Não.

851. Mariana: Não.

852. Mariana: Ele vai apenas passar do estado líquido para o estado gasoso e espalhar.

853. Wagner: Ele vai continuar sendo bom ar.

Ao serem questionados pela professora, os estudantes André e Mariana explicitaram novamente as relações de similaridade da analogia reformulada (turnos 835 a 839). O grupo apresentou como análogo ao comportamento dos pesticidas (alvo) dois tipos de odorizadores de ar (Bom Ar® e Glade®) e forneceu indícios, durante a discussão de socialização das ideias, de uma compreensão mais elaborada do alvo por ter sido capaz de estabelecer as seguintes relações entre os domínios (vide Quadro 2): compostos diferentes são constituídos de partículas

com massas molares diferentes; a volatilidade de um composto depende da massa de suas partículas; partículas de maior massa molar têm maior dificuldade para passar da fase líquida para a gasosa.

Nesse momento, é possível notar a influência mútua discutida por Mozzer e Justi (2018) entre os modelos e as analogias no processo de modelagem analógica. Nesse caso, como discutido, os estudantes buscaram reformular a comparação para contemplar a relação entre a massa e a volatilidade dos compostos, que passou a fundamentar o seu modelo explicativo. Isso pode ser observado também em outros momentos das atividades, como nos turnos de fala 228 a 241, quando os estudantes foram questionados sobre o modelo da Figura 4 e conseguiram, a partir dele, estabelecer outras duas relações de similaridade entre o análogo e o alvo, referentes à movimentação e aos choques entre as partículas.

Essa influência pode ser notada ainda em momentos como aquele em que os estudantes expressaram a limitação da diferença de velocidade de espalhamento das partículas na primeira analogia (turnos de fala 295 a 299). Esse aspecto parece ter inspirado a discussão posterior sobre a influência das massas molares nessa diferença de velocidades de espalhamento das partículas dos pesticidas, durante a reformulação do modelo explicativo (turnos de fala 363 a 374). Assim, torna-se notável o papel de modelos e analogias como ferramentas de pensamento, visto que os mesmos foram manipulados em diferentes momentos das atividades (como este) para a criação e desenvolvimento de ideias pelos estudantes.

Como limitação dessa comparação o grupo voltou a identificar os diferentes alcances das substâncias, o que é ocasionado pela diferença de movimentação do ar em ambientes fechados e abertos (turno 839), sem mencionar a diferença de toxicidade como haviam feito num primeiro momento (vide Quadro 1). Isso pode indicar que, ao avaliarem a comparação, os estudantes perceberam que a limitação referente à diferença de comportamento das partículas dos análogos comparados seria mais adequada face ao objetivo inicialmente estabelecido pela professora para a criação da analogia: explicar o comportamento dos pesticidas e do ar no nível submicroscópico.

Quadro 2: Analogia estabelecida pelos estudantes entre a dispersão das partículas de odorizadores e pesticidas no ar e sua limitação

Análogo (Comportamento do Bom Ar® e do Glade® no ar)	Correspondência	Alvo (Comportamento dos Pesticidas no ar)
Odorizadores diferentes são compostos por partículas de massas molares diferentes	↔	Pesticidas diferentes são compostos por partículas de massas molares diferentes
A diferença de massa das partículas dos diferentes odorizadores determina a diferença de volatilidades destes	↔	A diferença de massa das partículas dos diferentes pesticidas determina a diferença de volatilidades destes
Partículas de maior massa molar têm maior dificuldade de passar da fase líquida para a gasosa	↔	Partículas de maior massa molar têm maior dificuldade de passar da fase líquida para a gasosa
Limitação		
• O alcance de um odorizador de ar utilizado em ambiente fechado é menor que o do pesticida utilizado em ambiente aberto.		

Além desses aspectos, o episódio nos fornece um novo indício de que os estudantes compreenderam que a dispersão não é um fenômeno químico. Isto pode ser observado a partir das respostas de Wagner e Mariana ao questionamento feito pela professora sobre o processo de dispersão (turnos de fala 852 e 853): quando as partículas dos pesticidas entram em contato com as partículas de ar, elas não sofrem nenhuma modificação em sua estrutura, “*vai continuar sendo bom ar*”.

Conclusões

No desenvolvimento da SD proposta, os estudantes forneceram indícios de compreender o processo de dispersão como o espalhamento das partículas dos pesticidas no ar, o qual envolve a movimentação e os choques das mesmas. Esses aspectos são coerentes com o conceito científico de difusão, definido como um processo que consiste na dispersão gradual de uma substância na região ocupada por outra substância, ocasionado por colisões de suas partículas enquanto elas se movem (Atkins e Jones, 2012).

Ao analisarmos os dados, identificamos alguns fatores que foram essenciais para o entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão durante a SD: o caráter colaborativo das atividades e do grupo; os questionamentos da professora e das pesquisadoras; e o uso de modelos e analogias como ferramentas de pensamento.

Nos trechos dos diálogos apresentados na seção anterior é possível ter indícios da participação ativa dos estudantes em cada uma das etapas da Modelagem Analógica. Isso realça o caráter dialógico e colaborativo dessas atividades, destacado por autores como Mortimer e Scott (2003) e Jiménez-Aleixandre (2010) como necessário para que os estudantes se engajem no processo de aprendizagem de Ciências.

Nos momentos em que, por exemplo, a professora e as pesquisadoras questionaram os estudantes quanto à quantidade de partículas de ar; quanto ao significado do palitinho entre as bolinhas de isopor; e em que ocorreu a inserção de novos dados como a massa molar e a volatilidade dos pesticidas, conseguimos identificar que eles testaram suas ideias e reformularam seus modelos e analogias de forma mais coerente com o conceito científico. Em resposta ao primeiro questionamento mencionado, os estudantes refletiram sobre a representação elaborada por eles, que continha apenas uma bolinha de isopor, e passaram a representar uma maior quantidade delas em referência às inúmeras partículas de ar. Em resposta ao segundo questionamento mencionado, eles passaram a refletir sobre a ideia de reação química presente em sua representação e desconectaram as bolinhas de isopor, indicando que reconheciam a existência de interações mais fracas entre as partículas do pesticida e do ar. Com relação à inserção de novos dados, eles levaram em consideração em sua comparação com os diferentes tipos de odorizadores – além das ideias que já haviam expressado sobre a movimentação, choques e espalhamento

das partículas dos pesticidas – a relação entre a massa molar e a velocidade das mesmas.

Vale ressaltar a importância dos questionamentos da professora e das pesquisadoras realizados durante todo o processo, como os mencionados nos exemplos anteriores. Conforme evidenciam os trabalhos de Andrade e Mozzer (2016) e Andrade *et al.* (2017), os questionamentos dos professores auxiliam os estudantes na atribuição e negociação de significados de conhecimentos científicos. Isso também pôde ser identificado nos diálogos apresentados neste trabalho.

Como Mozzer e Justi (2018), apontamos o uso dos modelos e analogias como *ferramentas de pensamento* nas atividades de modelagem analógica, uma vez que sua manipulação concreta ou mental possibilitou aos estudantes avançar no entendimento conceitual sobre o processo de dispersão ao longo das etapas vivenciadas.

As etapas de *criação e expressão* dos modelos e analogias proporcionaram à professora, às pesquisadoras e aos pares acesso às ideias que embasavam o entendimento dos estudantes sobre o processo de dispersão; como aquelas sobre a constituição do ar expressa a partir dos modelos da Figura 2 e sobre a relação entre a massa das partículas de pesticida e sua volatilidade, expressa na analogia do Quadro 2. Os estudantes foram conduzidos a analisar suas ideias frente a novas informações, explicações e evidências em diferentes etapas de *teste* dos modelos e analogias propostos. Por exemplo, a mencionada análise da adequação do modelo da Figura 3 para representar a interação entre as partículas dos pesticidas a partir da reflexão sobre o conceito de reação química levou os estudantes a reformular o modelo, conforme indica a Figura 4. A etapa de *avaliação*, que neste recorte se deu em relação às limitações das analogias propostas, possibilitou aos estudantes considerar a adequação de suas ideias frente aos objetivos iniciais estabelecidos para criação das comparações e, como consequência, aprimorar seus entendimentos sobre o domínio alvo. Por exemplo, a seleção da limitação referente à diferença de comportamento das partículas do análogo e do alvo em função da velocidade de movimentação das partículas de ar e a desconsideração da limitação referente à diferença de toxicidade das substâncias dos domínios comparados (vide Quadros 1 e 2) foram indicativas da evolução na compreensão dos estudantes sobre o processo de dispersão no nível submicroscópico.

Os fatores identificados nesta pesquisa que contribuíram para o entendimento dos estudantes sobre o conceito de dispersão justificam a importância da proposta de Modelagem Analógica no ensino de Ciências de Mozzer e Justi (2018) para a elaboração de significados sobre conhecimentos científicos (dimensão conceitual). O desenvolvimento de entendimentos pelos estudantes nas dimensões procedimentais e atitudinais, embora não constitua o foco de investigação deste trabalho, também foi indiciado por esse recorte. A dimensão procedimental, por exemplo, está associada às ações dos estudantes de interpretar informações e dados sobre volatilidade, solubilidade e persistência, de reformular os modelos e analogias propostos e de identificar suas limitações. A

dimensão atitudinal, por exemplo, foi indiciada na colaboração dos estudantes com os pares, no interesse frente à elaboração de significados, na participação das atividades e no posicionamento perante as ideias em discussão. O desenvolvimento de entendimentos nessas dimensões pelos estudantes tem sido explorado em nossa pesquisa mais ampla, e nos fornecem motivos adicionais para defender as implicações do ensino fundamentado na modelagem analógica e na abordagem de QSC para uma aprendizagem de Ciências voltada para o letramento científico.

Agradecimentos

CNPq, FAPEMIG e UFOP

Notas

¹Conjunturas de relevância na vida cotidiana dos estudantes e que são referentes a alguma problemática relacionada às dimensões mencionadas anteriormente ou a uma combinação destas (Aikenhead, 1985).

²Em trabalhos atuais não temos utilizado o termo pesticida, devido à carga valorativa da palavra, que aporta aos insetos a qualidade de “pestes”. Em seu lugar, utilizamos a palavra ‘agroquímico’.

³<http://portalms.saude.gov.br/boletins-epidemiologicos>, acessado em Fevereiro 2019.

⁴Óleos essenciais são definidos pela *International Standard Organization* (ISO) como óleos voláteis, obtidos de partes de plantas por meio de destilação com vapor d’água ou de pressão (Vasconcelos *et al.*, 2011).

⁵Durante o desenvolvimento da SD houve um remanejamento de estudantes entre os grupos; por isso, alguns grupos ficaram com mais integrantes que outros. Isso ocorreu por solicitação dos estudantes, devido às afinidades entre eles.

⁶Fonte: Agência CNM, com informação da Agência Brasil. Trecho da reportagem do site Notícias do Cerrado, publicada no dia 30 de julho de 2016. Disponível em <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-06/entidades-criticam-lei-que-autoriza-pulverizacao-aerea-de-inseticida>, acessado em Fevereiro 2019.

Referências

- AIKENHEAD, G. S. Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, v. 69, p. 453-475, 1985.
- AL-BALUSHI, S. M. The effect of different textual narrations on students’ explanations at the submicroscopic level in chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, v. 9, n. 1, p. 3-10, 2013.
- ANDRADE, G. M. P. C. e MOZZER, N. B. Análise dos questionamentos do professor em atividades fundamentadas em modelagem analógica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 3, p. 825-850, 2016.

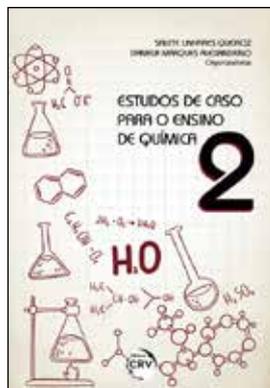
- ____ e _____. Proposta de uma sequência didática sobre o uso de pesticidas fundamentada na modelagem analógica. In: *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2017.
- ____; ____ e OLIVEIRA, T. M. A. O papel dos questionamentos do professor em atividades fundamentadas em modelagem analógica. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. extra, p. 4535-4540, 2017.
- ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRAGA, I. A. e VALLE, D. *Aedes aegypti: inseticidas, mecanismos de ação e resistência*. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 4, p. 279-293, 2007.
- CAMPOS, J. e ANDRADE, C. F. S. Susceptibilidade larval de duas populações de *Aedes aegypti* a inseticidas químicos. *Revista Saúde Pública*, v. 35, p. 232-236, 2001.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T. e GRECA, I. M. (Eds.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. 3ª ed. Ijuí: Unijuí, 2011. p. 13-47.
- CLEMENT, J. *Creative model construction in scientists and students: the role of imagery, analogy and mental simulations*. Dordrecht: Springer, 2008.
- CONRADO, D. M. *Questões sociocientíficas na educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento crítico*. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.
- ____; NUNES-NETO, N. e EL-HANI, C. N. Análise de argumentos em uma questão sociocientífica no ensino de biologia. *Revista da SBEnBio*, n. 9, p. 5522-5534, 2016.
- FERNANDEZ, C. e MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 20-24, 2006.
- FURTADO, R. F.; LIMA, M. G. A.; NETO, M. A.; BEZERRA, J. N. S. e SILVA, M. G. V. Atividade larvívora de óleos essenciais contra *Aedes aegypti*. *Neotropical Entomology*, v. 34, p. 843-847, 2005.
- GARCEZ, W. S.; GARCEZ, F. R.; SILVA, L. M. G. E. e SARMENTO, U. C. Substâncias de origem vegetal com atividade larvívora contra *Aedes aegypti*. *Revista Virtual de Química*, v. 5, n. 3, p. 363-393, 2013.
- GENTNER, D. The mechanisms of analogical learning. In: VOSNIADOU, S. e ORTONY, A. (Eds.). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, p. 199-241.
- GILBERT, J. e JUSTI, R. *Modelling-based teaching science education*. Basel: Springer International Publishing, 2016.
- GRACE, M. Teaching citizenship through science: socio-scientific issues as an important component of citizenship. *Prospero*, v. 12, n. 3, p. 42-53, 2006.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. La argumentación sociocientífica contribuye al pensamiento crítico. In: *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó, 2010, p. 121-133.

- _____. e AGRASO, M. F. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento na sala de aula. *Educação em Revista*, v. 43, p. 13-33, 2006.
- JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.
- _____. e GILBERT, J. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.
- KIND, V. *Más allá de las apariencias – ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Editorial Santillana, 2004.
- KNUUTTILA, T. *Models as epistemic artefacts: toward a non-representationalist account of scientific representation*. Helsinki: University of Helsinki, 2005.
- LOPES, R. M.; FILHO, M. V. S.; MARSDEN, M. e ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. *Química Nova*, v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011.
- MAMEDE, M. e ZIMMERMANN, E. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de ciências. *Enseñanza de Las Ciencias*, n. extra, VII Congreso, p.1-4, 2005.
- MELO, M. S. e SILVA, R. R. A interação entre conceitos cotidianos e científicos no ensino do tema atmosfera. In: *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2017.
- MONTANHA, F. P. e PIMPÃO, C. T. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes – revisão. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, n. 18, p. 1-58, 2012.
- MORRISON, M. e MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In: MORGAN, M. S. e MORRISON, M. (Eds.). *Models as mediators: perspectives on natural and social science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p. 10-37.
- MORTIMER, E. F. e MIRANDA, L. C. Transformações – concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 23-26, 1995.
- _____. e SCOTT, P. H. *Meaning making in secondary science classrooms*. Philadelphia: Open University Press, 2003.
- MOZZER, N. B. *O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da teoria de campos conceituais*. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013
- _____. e JUSTI, R. Introdução ao tema dissolução através da elaboração de analogias pelos alunos fundamentada na modelagem. In: *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Florianópolis, SC, 2009.
- _____. e _____. Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018.
- NAKHLEH, M. B. Why some students don't learn chemistry: chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 3, p. 191-196, 1992.
- NERSESSIAN, N. J. The cognitive basis of model-based reasoning in science. In: CARRUTHERS, P.; STICH, S. e SIEGAL, M. (Eds.). *The cognitive basis of science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, p. 133-153.
- PEIXOTO, S. C. *Estudo da estabilidade a campo dos pesticidas carbofurano e quincloraque em água de lavoura de arroz irrigado empregando SPE e HPLC-DAD*. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- PETERSON, R. F. e TREAGUST, D. F. Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, v. 66, n. 6, p. 459-460, 1989.
- PRETI, D. Entre o oral e o escrito: a transcrição de gravações. In: *Oralidade em textos escritos*. São Paulo: Humanitas, 2009, p. 303-326.
- _____. *O discurso oral culto*. 2ª ed. São Paulo: Humanitas, 1999.
- QUADROS, A. L.; CRUZ, M. L. F.; BARCELOS, A. S.; CARMO, N. H. S. e SANTOS, B. F. As relações sociais que regulam a prática docente no ensino de ligações químicas. *Chemical Education in Point of View*, v. 1, n. 1, p. 144-166, 2017.
- QUEIROZ, A. S. *Contribuições do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento da capacidade de visualização*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- RAPPOPORT, L. T. e ASHKENAZI, G. Connecting levels of representation: emergent versus submergent perspective. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 12, p. 1585-1603, 2008.
- SADLER, T. D. Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In: SADLER, T. D. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom*. Dordrecht: Springer, 2011, p. 1-9.
- _____.; CHAMBERS, F. W. e ZEIDLER, D. L. Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 4, p. 387-409, 2004.
- SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.
- SILVA, E. L. e MARCONDES, M. E. R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. *Revista Ensaio*, v. 12, n. 1, p. 101-118, 2010.
- TORRES, N. e SOLBES, J. Pensamiento crítico desde cuestiones socio-científicas. In: CONRADO, D. M. e NETO, N. N. (Eds.). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018, p. 59-76.
- VASCONCELOS, M. A. M.; ALVES, S. M.; SOUZA FILHO, A. P. S.; FIGUEIRÊDO, F. J. C. e CUNHA, R. L. Extração do óleo essencial de folhas e galhos de oriza (*Pogostemon heyneanus* Benth.). *Comunicado Técnico 277*. Belém: Embrapa, 2011.
- ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, M. L. e HOWES, E. V. Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

Resenha

Estudos de Caso para o Ensino de Química 2

Por: Mara E. Fortes Braibante (Departamento de Química/Universidade Federal de Santa Maria)



O livro “Estudos de Caso para o Ensino de Química 2”, organizado por Salete Linhares Queiroz (USP) e Daniela Marques Alexandrino (UESB), publicado recentemente pela Editora CRV, constitui-se em uma importante referência para o Ensino de Química. Estudos de caso são histórias com uma determinada mensagem, não são simples narrativas para entretenimento, são

histórias “casos” apresentadas a estudantes com a finalidade de facilitar a aprendizagem. O livro apresenta 11 capítulos, sendo que os capítulos 2 ao 11 contêm um material didático interessante e instigante na forma de casos elaborados por mestrandos e doutorandos, egressos de disciplina ministrada pela Professora Salete Linhares Queiroz. O capítulo 1 desta obra discorre sobre a inserção e popularização desta metodologia no Ensino de Química no Brasil, cuja pioneira foi a referida Professora. O diferencial desta obra, a exemplo do primeiro volume “Estudos de Caso para o Ensino de Química 1”, é a forma como cada caso é explorado, além de serem casos originais e inspiradores, apresentam *apontamentos didáticos*, cujos autores subsidiam o leitor discutindo o contexto em que cada caso está inserido. No item *Características e contextualização do tema*, cada capítulo apresenta as características de cada caso, atendendo aos critérios de Herreid (*J. Coll. Sci. Teach.*, 2016), tais como, é um caso estruturado, curto, inclui diálogos, desperta interesse pela temática abordada, suscita discussões, dentre outros critérios citados e utilizados. Além de ser discutida a utilidade pedagógica dos casos, é apresentada uma contextualização rica sobre o tema abordado, servindo de referência para que professores de todos os níveis de ensino, bem como professores em formação, possam utilizá-los em suas práticas educativas. Ao ler cada caso percebe-se em cada item o cuidado com que foram elaborados. As *Fontes de inspiração na produção do caso*, citadas na obra, que levaram os autores a elaborar as narrativas foram diversas, desde capítulo de livros, notícias publicadas em jornais até a própria experiência de vida de cada um deles, constituem-se em um tópico muito interessante, sendo também inspirador para o leitor que pretende utilizar este método para dinamizar suas aulas. No item *Soluções para o caso e conteúdos de Química em*

pauta, os autores orientam o leitor para a resolução do estudo de caso, finalizando cada capítulo com um rico referencial.

No Ensino de Química o método de Estudos de caso demanda a relação de dois componentes básicos: a informação química e o contexto social, neste sentido as narrativas deste livro trazem de forma primorosa estes dois componentes. O Capítulo 2 *Transgênico e transgênero?* aborda questões socio-científicas relacionadas a alimentos transgênicos, pesticidas e meio ambiente, sem contar com o trocadilho que leva à discussão de uma reação química, a conversão da testosterona em estradiol, a partir da detecção da diminuição na procriação em um ranário. É um caso instigante, não requerendo uma solução, mas sim provoca no leitor uma reflexão sobre quais as causas que provocaram tal fato, incentivando a pesquisa. Dependendo das propostas encontradas para explicar as causas, conteúdos de Química e Bioquímica podem ser explorados. Alguns capítulos, como o 3, intitulado *Mirou erro, foi diagnosticado!*, além dos conteúdos necessários para a resolução do estudo de caso, como os adoçantes, sua composição e estrutura química, traz sugestões dos autores sobre outros conteúdos de Química que podem ser abordados com o mesmo estudo de caso, o que amplia a sua aplicação. As Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais sugerem propostas interdisciplinares na organização curricular, não bastando somente uma integração de conteúdos, sendo necessário também o envolvimento do professor em atitudes interdisciplinares. Neste contexto os estudos de caso apresentados permitem que o leitor estabeleça diversas relações, favorecendo atitudes interdisciplinares. Empolgada com a leitura de cada estudo de caso, sobre as questões ambientais relatadas, éticas, relações sugeridas em diversas áreas e os conteúdos científicos que emergem de cada capítulo, ‘quase’ não deixo para os leitores a leitura prazerosa e análise dos demais capítulos. *Embalados na sacola, Do coco eu quero a casca, E se os pássaros tomassem antidepressivos? Luz cores e confusão, O aroma de seus sonhos, A loira perigosa, Contaminação nas águas do Rio Paraíba: a quem será que se destina e A carne lãnguida* são as demais narrativas que compõem este livro, todas muito interessante, baseadas em fatos reais ou imaginários que fazem com que sua leitura seja agradável. Desta forma recomendo fortemente esta obra que possibilita vários olhares sobre cada estudo de caso, mesmo que possuam estruturas semelhantes, o livro abre um leque imenso de possibilidades para serem aplicadas no Ensino de Química, suscitando reflexão, discussão, interdisciplinaridade e formação cidadã, não abandonando a metodologia científica.

Salete Linhares Queiroz e Daniela Marques Alexandrino (Orgs.). Estudos de Caso para o Ensino de Química 2. Editora CRV, 2018. 152 páginas. ISBN:978-85-444-2862-7. DOI: 10.24824/978854442862.7

Tendências das Pesquisas de Gênero na Formação Docente em Ciências no Brasil

Trends in Gender Research in Teacher Education in Science

Amanda O. Proença, Matheus J. Baldaquim, Irinéa L. Batista e Fabiele C. D. Broietti

98

Resumo: Buscou-se, por meio de uma análise documental, esboçar um quadro a respeito das discussões de Gênero na pesquisa em Formação Docente e em Educação em Ciências presentes em dois eventos (ENPEC e ANPED), no Brasil. Para tal, foram analisados trabalhos publicados nas atas das edições de 2005 a 2017 dos eventos selecionados mediante busca nos resumos. Elaboraram-se Unidades de Registro prévias e as interpretações seguiram os princípios da Análise de Conteúdo. Evidenciou-se um crescimento de publicações nesta temática e o predomínio de alguns focos de pesquisa, tais como: questões de Gênero articuladas à prática docente; artigos de revisão teórica; participação feminina na História da Ciência; frequência relativa do Gênero feminino e suas relações com a Ciência; abordagens metodológicas articulando Gênero no ensino de Ciências; e questões de Gênero em diferentes mídias. Nesse sentido, ressaltamos a relevância da continuidade e aprofundamento de tais pesquisas na Formação Docente e na Educação Científica.

Palavras-chave: Gênero e Ciência. Educação Científica. Formação Docente.

Abstract: Searched through a documental analysis, to outline a framework regarding gender discussions in research in science teaching education present in two events (ENPEC and ANPED), in Brazil. For that, an analysis of published works in the proceedings of the editions from 2005 to 2017 the events selected through search in the abstracts. The previous Registration Units were elaborated, and the interpretations followed the Analysis of Content. There was an increase in the number of papers that deal with this topic and the predominance of some research centers. The papers was about gender issues articulated to teaching practice; theoretical review articles; the participation of women in the history of science; relative frequency of the female gender and its relations with science; methodological approaches to gender issues in science teaching; and gender issues in different media. In this sense, we emphasize the relevance of continues and deeper research in science teaching education as Scientific Education.

Keywords: Gender and Science. Scientific Education. Teacher Training.

Amanda Oliveira Proença (amanda.proenca@hotmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Atualmente, é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (PECEM-UEL). Londrina, PR – BR. **Matheus Junior Baldaquim** (matheusbaldaquim@gmail.com) é licenciado em Química e especialista em Educação Matemática e Ciências pela UTFPR. Atualmente, é mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá (PCM-UEM). Maringá, PR – BR. **Irinéa de Lourdes Batista** (irinea2009@gmail.com) é graduada em Física, mestre em Ensino de Ciências e doutora em Filosofia. Atualmente, é professora associada no Departamento de Física, e docente e orientadora no PECEM-UEL. Londrina, PR – BR. **Fabiele Cristiane Dias Broietti** (fabieledias@uel.br) é licenciada em Química, mestre e doutora em Ensino de Ciências. Atualmente, é professora adjunta no Departamento de Química, e docente e orientadora no PECEM-UEL. Londrina, PR – BR.

Recebido em 21/08/2018, aceito em 14/01/2019

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

A história da participação da mulher no âmbito social sempre foi marcada por lutas e batalhas que nem sempre foram favoráveis a elas, e na Ciência isso não é diferente. No início do século XIX, o papel feminino tinha valor no casamento para se alcançar a estabilidade financeira ou se encontrava como dama de companhia ou como professora de Educação Infantil. As áreas de engenharia, física, química e biologia raramente foram a principal escolha das mulheres. Alice Rossi (1965) atribui esse fato a incompatibilidades biológicas e/ou sociais, bem como a prioridade pelo casamento, pela maternidade, e pela interferência dos pais na formação profissional de seus filhos.

Segundo uma revisão de Matthews (1995), os estudos históricos abordam uma Ciência androcêntrica e machista derivada da Ciência ocidental. Tindall e Hamil (2004) discutem a afirmação de que comportamentos ativos relacionados a meninos e passivos relacionados a meninas influenciam na escolha da carreira profissional, o que gerou grande desinteresse feminino em pesquisas científicas e em estudos em instituições e universidades, quando se refere a Ciências aplicadas ou da Natureza. Esses dados são confirmados por Melo *et al.* (2004), que relatam que apesar da crescente discussão do papel feminino na sociedade, a presença de mulheres que cursam o Ensino Superior nas áreas de Ciências da Natureza e tecnológicas no Brasil ainda é muito pequena.

O destaque para as mulheres na Ciência veio com Mozans, em 1913, com o primeiro escrito a respeito da participação das mulheres na Ciência. No âmbito internacional, pesquisas (Harding e McGregor, 1996; Batista *et al.*, 2011; 2013) mostram que a partir dos anos 70 houve um crescimento significativo das mulheres em instituições e universidades importantes na área das Ciências. Outras mulheres pesquisadoras se tornaram destaque quando se referem a estudos de Gênero na Ciência e Tecnologia, elas são: Evelyn Foz Keller, Sandra Harding, Donna Haraway, Margaret Rossiter, Sally Gregory Kohlstedt, Helen Longino e Londa Schiebinger.

O objetivo das discussões realizadas por essas mulheres na Ciência é apresentar a ausência da participação feminina, questionando a sub-representação na história da humanidade e as definições do que é Ciência, baseando-se nos estudos de Gêneros (Lopes, 1998).

A temática Gênero em pesquisas brasileiras ainda está em crescimento e grande parte das discussões tem sido na área da Educação e Ciências Sociais. Entretanto, como já relatado em Rezende e Ostermann (2007), na área de Ciências da Natureza em específico, ainda são deficientes as discussões relacionadas às questões de Gênero.

Em um levantamento realizado por Souza (2008, p. 151) não foram encontrados artigos que abordassem questões de Gênero “em duas das mais importantes publicações sobre Ensino e Ciências – Investigações em Ensino de Ciências (140 artigos) e Ciência & Educação (216 artigos)” entre os anos de 1998 a 2007. Batista *et al.* (2011) realizaram um levantamento em atas de dois eventos da área de Ensino de Ciências e em periódicos

da área de Ensino de Ciências e Educação Matemática no Brasil entre os anos 2005 a 2011 e foram encontrados apenas sete trabalhos ao total que abordavam questões de Gênero e Formação Docente.

No Brasil, atualmente, existe um grupo de estudos em Investigações em Filosofia e História da Ciência e Educação em Ciências e Matemática (IFHIECEM, 2019) na Universidade Estadual de Londrina que possui um projeto em desenvolvimento: “Produção científica feminina: sua estrutura e dinâmica e seu papel na Formação Docente”. Este grupo está há oito anos pesquisando a respeito desta temática, com produções de teses, dissertações e publicações em periódicos e eventos da área.

A partir desses estudos, considera-se a necessidade de pesquisas científicas estarem cada vez mais próximas ao professor, dando destaque à formação histórico-epistemológica a respeito da participação feminina na História da Ciência. Desse modo, as discussões a respeito de Gênero e da participação feminina na Ciência podem ser inseridas no currículo e na Formação Docente, para que, então, o entendimento da Ciência se torne contextualizado e apresente a contribuição de pesquisas femininas ao longo da construção histórica.

Dando prosseguimento aos levantamentos já realizados por Batista *et al.* (2013) e Chiari e Batista (2015), este trabalho apresenta resultados de um levantamento realizado nos anos de 2015 a 2017 nas atas dos eventos da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) a respeito da temática Gênero e formação de professores. O objetivo central consistiu em esboçar um quadro evidenciando aspectos e tendências das discussões de Gênero nas pesquisas em Formação Docente em Educação em Ciências no Brasil de 2005 a 2017.

Procedimentos Metodológicos

Este trabalho busca dar continuidade nos levantamentos realizados e publicados por membros do grupo de pesquisa Investigações em Filosofia e História da Ciência e Educação em Ciências e Matemática, em que Batista *et al.* (2011) realizaram um levantamento nos eventos ANPED e ENPEC, entre os anos de 2005 a 2011, e Chiari e Batista (2015) realizaram o levantamento nos mesmos eventos no período de 2010 a 2014. Neste artigo damos prosseguimento à investigação realizando o levantamento no período de 2015 a 2017, bem como uma análise metateórica desses dados.

Por seu impacto nacional na área de Ensino de Ciências e Matemática, os eventos analisados foram ANPED e ENPEC nos eixos temáticos Formação de Professores e Diversidade, Multiculturalismo e Educação em Ciências. Nesse contexto, foram consultadas as atas do ENPEC e ANPED no período de 2015 a 2017, pesquisando a temática ‘Gênero’ na Educação Científica e na Formação Docente em Ciências da Natureza.

Considerando os objetivos e a temática de investigação,

optou-se pelo desenvolvimento de uma pesquisa qualitativa de cunho interpretativo, tendo como pressuposto metodológico a análise documental (Bogdan e Biklen, 1994). Para o tratamento e a interpretação dos dados coletados utilizou-se a análise de conteúdo proposta por Bardin (2004). Para a exploração do material foram utilizadas Unidades de Registro prévias com base no referencial teórico e nos objetivos da pesquisa.

Levantamento Realizado em Atas de Eventos 2005-2014

Nesta seção, são apresentadas as referências dos trabalhos identificados nos artigos de Batista *et al.* (2011) em que foram encontrados quatro trabalhos entre 2005 a 2011 e os seis trabalhos encontrados por Chiari e Batista (2015) entre os anos de 2010 a 2014 nos mesmos eventos. Os trabalhos encontrados, as referências e seus códigos estão destacados nos Quadros 1 e 2 apresentados a seguir.

Levantamento Realizado em Atas de Eventos 2015-2017

Por meio da busca realizada nas atas do ANPED e do ENPEC, de 2015 e 2017, foi possível encontrar 21 trabalhos que relacionavam Gênero na Educação Científica e a Formação de Professores. Sendo 15 apresentados no ENPEC e 6 apresentados no ANPED. Abaixo são apresentadas as referências dos trabalhos, o evento e o código de cada trabalho.

Pode-se perceber um aumento nos últimos anos na quantidade de trabalhos apresentados no ANPED e no ENPEC relacionados ao tema Gênero. No ano de 2013 encontrou-se

apenas três publicações no evento ENPEC e na edição seguinte, em 2015, observa-se no Quadro 2 um total de seis artigos com a mesma temática, possibilitando novas discussões. Em 2017, destaca-se um crescimento com 9 trabalhos apresentados. Isso demonstra uma possibilidade de maior visibilidade ao tema no decorrer dos últimos anos.

Nota-se também o crescimento no número de trabalhos no evento ANPED, em que no ano de 2015 foram apresentados apenas dois trabalhos relacionados à temática pesquisada e dois anos depois o número de trabalhos foi quatro.

Outro fator perceptível são as publicações do grupo de pesquisa Investigações em Filosofia e História da Ciência e Educação em Ciências e Matemática, entre os anos de 2005 a 2014 foram apresentados apenas dois trabalhos, já nas últimas edições foram apresentados seis trabalhos com tal problematização.

Exploração do Material: Construção das Unidades de Registro

A seguir, são apresentadas as Unidades de Registro prévias (UR) para a análise dos artigos encontrados (atas de 2015 a 2017). Foram utilizadas as Unidades de Registros propostas por Batista *et al.* (2011) e por Silva *et al.* (2017):

UR 1. Gênero e materiais didáticos. Os artigos classificados nesse eixo analisam como ocorrem as representações de Gênero nos livros didáticos (Batista *et al.*, 2011, p. 5).

UR 2. Gênero e inferências de interpretação. Os artigos nesse eixo estudam os motivos da frequência relativa do Gênero feminino e suas relações com a Ciência em cursos de nível médio, técnico e superior de ensino (Batista *et al.*, 2011, p. 5).

Quadro 1: Trabalhos publicados em eventos nacionais entre 2005 e 2011

Evento	Artigo/Autores	Código
ANPED 2006	Educando as novas gerações: representações de gênero nos livros didáticos de matemática/CASAGRANDE, L. S. e CARVALHO, M. G.	T1
ENPEC 2007	Uma análise das diferenças de gênero no discurso escolar/LIMA JÚNIOR, P. R. M.; OSTERMANN, F.; REZENDE, F. e CAVALCANTI, C. J. H.	T2
ENPEC 2007	Visão de alunos sobre a predominância feminina no programa de vocação científica da Fundação Oswaldo Cruz/SOUSA, I. C. F.; BRAGA, C. N.; FRUTUOSO, T. M.; FERREIRA, C. A. e VARGAS, D. S.	T3
ENPEC 2009	Gênero e educação científica: uma revisão da literatura/LIMA JÚNIOR, P. R. M.; OSTERMANN, F. e REZENDE, F.	T4
ENPEC 2011	Gênero feminino e formação de professores na pesquisa em educação científica e matemática no Brasil/BATISTA, I. L.; TOREJANI, A. T. C.; HEERDT, B.; LUCAS, L. B.; OHIRA, M. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G. e BASTOS, V. C.	T5
ENPEC 2011	Questões de gênero e sexualidade na sala de aula: um relato dos professores/LIMA, A. C. L. M. e SIQUEIRA, V. H. F.	T6
ENPEC 2011	Possíveis relações entre HFC, concepção da natureza da ciência e a questão do gênero feminino na formação docente/HEERDT, B. e BATISTA, I. L.	T7
ENPEC 2013	Corpo, gênero e sexualidade no espaço escolar: lembranças de futuros/as professores/as/SANTOS, S. P.	T8
ENPEC 2013	Questões de gênero na ciência e na educação científica: uma discussão centrada no prêmio Nobel de física de 1903/CORDEIRO, M. D.	T9
ENPEC 2013	Saberes docentes e invisibilidade feminina nas ciências/BATISTA, I. L.; HEERDT, B.; KIKUCHI, L. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G. e BASTOS, V. C.	T10

Quadro 2: Trabalhos publicados em eventos nacionais entre 2015 e 2017

Evento	Artigo/Autores	Código
ENPEC 2015	Formação de professores no Brasil e questões de gênero feminino em atividades científicas/BATISTA, I. L.; SOUZA, D. C.; KIKUCHI, L. A.; CORRÊA, M. L.; HEERDT, B.; STAL, J. Ç.; COSTA, M. e CHIARI, N. D. A.	T11
ENPEC 2015	Perspectiva de género y diversidad cultural en la enseñanza de las ciencias: mapeamiento informacional bibliográfico (MIB)/ROJAS, Q. A. S. e ANDRADE, A. M.	T12
ENPEC 2015	Pesquisas na área de educação científica a respeito de questões de gênero no Brasil/CHIARI, N. D. A. e BATISTA, I. L.	T13
ENPEC 2015	Saberes docentes: natureza da ciência e as relações de gênero na educação científica/HEERDT, B. e BATISTA, I. L.	T14
ENPEC 2015	Sexualidade e gênero na pauta escolar: mediações com a literatura paradidática/SILVA, A. C. e SIQUEIRA, V. H. F.	T15
ENPEC 2015	Articulando química, questões raciais e de gênero numa oficina sobre diversidade desenvolvida no âmbito do PIBID: análise da contribuição dos recursos didáticos alternativos/SANTOS, R. G.; SIEMSEN, G. H. e SILVA, C. S.	T16
ANPED 2015	Gênero e educação superior: um estudo sobre as mulheres na física/PINTO, E. J. S. e AMORIM, V. G.	T17
ANPED 2015	Discursos de bolsistas do programa institucional de bolsa de iniciação à docência sobre sexualidade/SILVA, E. P. Q. e PARREIRA, F. L. D.	T18
ENPEC 2017	Desigualdades de gênero no contexto de um curso de licenciatura em ciências biológicas/CHIARI, N. D. A. e BATISTA, I. L.	T19
ENPEC 2017	É possível ser mulher na ciência?/ROSENTHAL, R. e REZENDE, D. B.	T20
ENPEC 2017	Gênero: questão sociocientífica no ensino de ciências/MARTINS, L. G. e LOPES, N.	T21
ENPEC 2017	O sexismo e suas consequências: um ensaio sobre a percepção de ciência/MARCHI, M. e RODRIGUES, A.	T22
ENPEC 2017	Questões de gênero na educação científica: tendências nas pesquisas nacionais e internacionais/SILVA, A. F.; SANTOS, A. P. O. e HEERDT, B.	T23
ENPEC 2017	Saberes docentes: mulheres na ciência/HEERDT, B. e BATISTA, I. L.	T24
ENPEC 2017	A educação em ciências e a perspectiva de gênero/ALMEIDA, E. A. E. e FRANZOLIN, F.	T25
ENPEC 2017	Diversidade sexual, de gênero e raça/etnia nos trabalhos apresentados nas duas últimas edições do ENPEC (encontro nacional de pesquisa em educação em ciências) (2013-2015)/GONTIJO, L. S.; SOARES, Z. M. P.; GRACIANO, P. H. L. e FARIA, J. M. L.	T26
ENPEC 2017	Sexualidade, gênero e educação sexual nas atas do encontro nacional de pesquisa em educação em ciências – ENPEC de 2009 a 2015/MIRANDA, P. R. M.; KALHIL, J. B. e ALVES, J. M.	T27
ANPED 2017	O ataque à discussão de gênero na escola, construção identitária e a importância da liberdade docente/MONTEIRO, M. V. P.	T28
ANPED 2017	Amor, cuidado e competência: um olhar de gênero sobre a profissionalização do trabalho docente/SCHERER, R. P. e DAL'IGNA, M. C.	T29
ANPED 2017	“Coisas de meninos e coisas de meninas”: a produção do curso gênero e diversidade na escola sobre educação infantil/SILVA, F. J. C. e MORAIS, A. B. A.	T30
ANPED 2017	Refletindo sobre gênero, trabalho e formação docente: um olhar para o pedagogo do gênero masculino iniciante na educação infantil/CRUZ, S. P. S. e SOUSA, F. S.	T31

UR 3. Gênero e estudos teóricos. Os artigos classificados nesse eixo apresentam uma revisão teórica sobre a necessidade da incorporação das questões de Gênero nas investigações em Educação em Ciências e Matemática (Batista *et al.*, 2011, p. 5).

UR 4. Gênero, práticas e Formação de Professores. Os artigos classificados nesse eixo analisam as noções e a Formação Docente acerca das questões de Gênero (Silva *et al.*, 2017, p. 3).

UR 5. Gênero e a participação de Mulheres na Ciência. Os artigos classificados nesse eixo analisam a participação das mulheres na História e na atualidade da Ciência (Silva *et al.*, 2017, p. 3).

UR 6. Gênero e Intervenções escolares. Os artigos classificados nesse eixo apresentam abordagens metodológicas das questões

de Gênero na Ciência em sala de aula (Silva *et al.*, 2017, p. 3).

UR 7. Gênero e Mídia. Os artigos classificados nesse eixo analisam como questões de Gênero relacionadas à área de Ciência são abordadas em diferentes mídias (Silva *et al.*, 2017, p. 3).

Resultados, Inferências e Interpretação

Todos os trabalhos foram agrupados e classificados nas UR acima apresentadas e seguem expostos no Quadro 3. Esclarecemos que um trabalho pode ser classificado em mais de uma UR em função da abrangência das temáticas nele tratadas. Para nossa análise foram utilizados todos os trabalhos presentes

Quadro 3: Número de trabalhos analisados com suas respectivas Unidades de Registro

Unidades de Registro	No. de Trabalhos	Código dos Trabalhos
1. Gênero e materiais didáticos	01	T1
2. Gênero e inferências de interpretação	06	T2; T3; T18; T19; T20; T25
3. Gênero e estudos teóricos	11	T4; T5; T12; T13; T23; T26; T27; T28; T29; T30; T31
4. Gênero, práticas e Formação de Professores	16	T5; T6; T7; T8; T10; T11; T12; T13; T14; T16; T17; T18; T19; T21; T22; T24
5. Gênero e a participação de Mulheres na Ciência	07	T9; T10; T11; T17; T19; T20; T24
6. Gênero e intervenções escolares	02	T15; T16
7. Gênero e Ciência na Mídia	01	T22

no Quadro 1 e no Quadro 2, totalizando 31 produções. Nesta seção, buscou-se uma análise com ampliação, somando os trabalhos já identificados por Batista *et al.* (2011) e Chiari e Batista (2015), com os identificados no intervalo estabelecido neste trabalho de 2015 a 2017.

Adotou-se a unitarização encontrada nos artigos de Batista *et al.* (2011) e por Silva *et al.* (2017) e as análises serão complementadas com a apresentação de um resumo de cada artigo e por fim um comparativo com as análises das pesquisas anteriores. A seguir, é retratado um quadro em que todos os trabalhos estão apresentados nas suas Unidades de Registro e a quantidade de trabalhos em cada UR.

Gênero e Materiais Didáticos: foi encontrado apenas um trabalho. O trabalho (T1) de Casagrande e Carvalho (2006) analisa as representações de Gênero de enunciados e ilustrações nos livros didáticos de Matemática para Educação Infantil. Os autores concluem que os padrões de lazer e de estudo, para as meninas é passivo e para os meninos é ativo, reproduzindo estereótipos. Esta UR apresenta que ainda há uma grande necessidade de estudos relacionados a Gênero e materiais didáticos e a pesquisa revela a falta de equidade entre os Gêneros.

Gênero e Inferências de Interpretação: Foram encontrados seis trabalhos. No artigo (T2) de Lima *et al.* (2007) o enfoque foi sociocultural. Por meio de questões abertas respondidas por alunas e alunos do Ensino Médio de três escolas diferentes, foram identificadas nas respostas dos meninos discursos que potencializam o acesso ao conhecimento científico, o que não foi encontrado nos discursos das meninas.

Sousa *et al.* (2007) (T3) analisaram relatos de alunos do Ensino Médio que participaram do Programa de Vocação Científica na Fundação Oswaldo Cruz de dois estados brasileiros. As características atribuídas às jovens meninas foram positivas, pois além de maturidade e organização, as participantes apresentaram interesse no futuro profissional. A pesquisa destacou também a Biologia como uma área vista como conhecimento feminino.

A pesquisa realizada (T18) por Silva e Parreira (2015) com alunos bolsistas do PIBID de Ciências Biológicas, identificou

por meio de questionário, entrevista e grupo focal, discursos de hegemonia e de uma sexualidade fortemente baseada na Biologia.

Na investigação (T19) de Chiari e Batista (2017) as autoras buscam discutir desigualdades de Gênero com estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas da UEL. A maioria dos estudantes identificaram situações de desigualdade de Gênero, nas quais meninas ou mulheres foram discriminadas por meninos ou homens no espaço acadêmico e principalmente por docentes.

O trabalho (T20) de Rosenthal e Rezende (2017) utiliza um *software* para evidenciar as palavras mais citadas nas entrevistas feitas com mulheres que estão no meio acadêmico. As questões que nortearam a pesquisa foram os fatores que têm contribuído para afastar as mulheres da carreira científica e quais têm auxiliado na permanência na carreira acadêmica.

Almeida e Franzolin (2017) (T25) investigam as concepções das meninas nos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação à possibilidade das mulheres atuarem fazendo Ciência; analisaram o comportamento nas aulas de Ciências e quais assuntos relacionados a temas científicos elas se interessaram mais. Ao final da pesquisa, as meninas reconheceram mulheres como cientistas, entretanto, algumas afirmaram que tal carreira é para homens, poucas apresentaram interesse pela Ciência.

Por meio dessa Unidade de Registro é observada uma preocupação com a baixa participação das meninas/mulheres em temas relacionados à Ciência. Essa falta de interesse pode derivar de fatores como discriminação nas escolas e universidades e no âmbito familiar.

Gênero e Estudos Teóricos: foram encontrados 11 trabalhos. Lima e colaboradores (2009) (T4) realizaram um levantamento em periódicos em Ensino de Ciências no período de 2005 a 2007. O trabalho teve como objetivo investigar o efeito diferenciado da educação formal entre estudantes. Batista e colaboradores (2011) (T5) buscaram em artigos científicos e em atas de eventos no período de 2005 a 2011, trabalhos que discutissem Gênero na pesquisa em Formação de Professores em Educação em Ciências e Matemática no Brasil.

As pesquisadoras Rojas e Andrade (2015) (T12) buscaram artigos em quatro revistas que relacionassem Gênero com atuação de professores de Ciências. Chiari e Batista (2015) (T13) realizam levantamento de publicações entre 2010 e 2014 em periódicos, atas de eventos e em dissertações e teses da área de Ensino de Ciências. Buscavam conhecer a atual produção científica brasileira a respeito de Gênero no Ensino de Ciências e na Formação de Professores da área. Silva *et al.* (2017) (T23) realizaram uma pesquisa em nível nacional e internacional em periódicos de estratos A1, A2 e B1 na área de Ensino. O levantamento foi feito no período de 2003 a 2016. A pesquisa aponta maior quantidade de trabalhos publicados em nível internacional, mostrando a necessidade de publicações em revistas nacionais.

Gontijo e colaboradores (2017) (T26) buscaram trabalhos apresentados na nona e décima edição do ENPEC, a fim de compreender como a pesquisa em Ciências se articula com diversidade sexual, Gênero e raça/etnia. Nesta mesma perspectiva, (T27) de Miranda *et al.* (2017) tinham como objetivo investigar como os temas de sexualidade, Gênero e educação sexual foram abordados nos trabalhos do ENPEC no período de 2009 a 2015.

A pesquisa (T28) de Monteiro (2017) apresenta uma reflexão entre as relações de construção igualitária, Gênero e interculturalidade, no sentido de limitar a liberdade dos professores na escola. Baseado no campo dos estudos culturais discute o que o cerceamento da liberdade docente implica na ação do professor e na educação de crianças.

No mesmo sentido, (T29) Scherer e Dal'Igna (2017) examinaram também o trabalho docente vinculado a processos de feminização e profissionalização do magistério; elas se pautaram nos estudos pós-estruturalistas. Observaram que na literatura brasileira ocorreu um deslocamento nos anos 1980 da feminização do magistério e atualmente as professoras têm mobilizado saberes para defender um compromisso político com a escola e os conhecimentos escolares.

Silva e Moraes (2017) (T30) analisaram as relações de Gênero nas instituições de Educação Infantil em diversas cidades por meio de onze trabalhos de conclusão de curso de Especialização em Gênero e Diversidade na Escola. O trabalho (T31) de Cruz e Sousa (2017) analisa produções depositadas no Banco de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, no período de janeiro de 2006 a março de 2017. Os dois trabalhos defendem a importância de estudos de Gênero na Formação de Professores e buscaram analisar a escola como espaço de discussão e de grandes interferências das relações de Gênero.

Os levantamentos realizados são importantes, pois apresentam tanto no âmbito nacional como internacional o panorama das pesquisas de Gênero na educação em Ciências. Por meio dessas pesquisas observa-se que há carência de conhecimentos desses temas, principalmente na formação inicial e continuada dos docentes. Existem lacunas também nos estudos das questões de Gênero no Ensino de Ciências.

Gênero, Práticas e Formação de Professores: foram encontrados 16 trabalhos. A pesquisa (T8) de Santos (2013) investigou narrativas de 23 professores a respeito de lembranças mais marcantes relacionadas ao corpo, Gênero e sexualidade. As narrativas foram construídas em um curso de Formação de Professores em Ciências Biológicas. Ele conclui que o espaço escolar produz e propaga ideais de masculino, feminino, desqualificação da homossexualidade e travestilidade.

Heerdt e Batista (2011) (T7) buscaram apresentar como as questões de Gênero podem se articular de maneira contextualizada, com a História e Filosofia da Ciência e a Natureza da Ciência. A discussão apresentou a relevância em desenvolver abordagens de inserção dos estudos de Gênero na Formação Docente.

Batista *et al.* (2011) (T5) analisaram como as pesquisas de Gênero feminino têm sido discutidas na Formação de Professores em Educação em Ciências e Matemática no Brasil. Essa análise se fez por meio de um levantamento realizado pelas autoras e autores e foram encontrados apenas sete artigos. Batista *et al.* (2013) (T10), em um curso de Formação Docente, investigaram noções e saberes de professores da região norte do Paraná a respeito da visibilidade da mulher na Ciência. E o resultado foi uma carência predominante do conhecimento do papel e da participação feminina na História da Ciência e na Formação Docente dos participantes.

Os mesmos pesquisadores apresentaram um trabalho no ENPEC de 2015 (T11) investigando as noções e os saberes de professores a respeito de Gênero no ambiente escolar. Nesta pesquisa foram coletadas informações de docentes dos estados do Paraná, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Belém e Mato Grosso. O resultado reforça a escassez de conhecimentos dos temas abordados e a necessidade de se tratar, com enfoque metodológico adequado, tal tema na Formação Docente.

Lima e Siqueira (2011) (T6) investigaram os significados de professores de uma escola técnica do Rio de Janeiro diante de questões de Gênero e sexualidade. O enfoque biológico e adiantamento destas questões no debate em sala de aula foram predominantes nos discursos dos docentes.

Em um levantamento feito por Rojas e Andrade (2015) (T12), em quatro revistas que relacionassem Gênero com atuação de professores de Ciências, identificou-se que de 150 artigos encontrados, apenas 6% deles discutiam a temática, indicando um campo que ainda pode ser explorado, principalmente a respeito do que pensam os docentes.

O trabalho (T13) de Chiari e Batista (2015) se classifica nesta UR também, pois, por meio de um levantamento feito entre 2010 e 2014, as autoras buscaram conhecer a produção científica brasileira a respeito de Gênero no Ensino de Ciências e na Formação de Professores da área. Elas observaram um início de tendência de abordagens que incluem na formação inicial e em serviço de professores de Ciências a temática Gênero.

Em uma pesquisa (T14) de Heerd e Batista (2015) a respeito de saberes docentes, Natureza da Ciência e Gênero, as autoras buscaram compreender e explicitar tais saberes interligados com a Ciência, para isto, analisaram respostas de duas questões obtidas em um curso de Formação Docente. Por meio do curso e das respostas, pode-se perceber que os docentes refletiram a respeito das questões de Gênero e da Natureza da Ciência, além de ter possibilitado a construção de tais saberes docentes.

Heerd e Batista (2017) (T24) buscaram explicitar alguns saberes docentes em relação a contribuição científica da mulher na Ciência e analisaram, por meio de planos de aulas, como tais saberes fazem parte dos seus planejamentos pedagógicos. Destacaram a falta de conhecimento da participação feminina na História da Ciência.

O trabalho (T16) de Santos *et al.* (2015) foi desenvolvido por alunos do PIBID em que eles elaboraram e aplicaram uma oficina por meio de recursos alternativos a fim de discutir conceitos químicos, questões raciais e Gênero. As autoras concluíram que houve essa articulação entre os temas, proporcionando a contribuição para o Ensino de Ciências/Química.

Nessa mesma linha, (T17) Pinto e Amorim (2015) examinaram as experiências acadêmicas de cinco mulheres estudantes do curso de Física. Apresentaram uma cultura preconceituosa e discriminatória por parte de seus colegas e professores da universidade. As estudantes relataram a pressão que existe em ter que se destacar mais do que os homens para serem aceitas no universo acadêmico.

Uma pesquisa realizada (T18) por Silva e Parreira (2015), com alunos bolsistas do PIBID de Ciências Biológicas, debateu a respeito de sexualidade com a futura atuação docente. Foram analisados os discursos dos bolsistas relacionados a diferentes espaços em que foram apontados múltiplos discursos.

Chiari e Batista (2017) (T19), por meio de uma abordagem didática aplicada a alunos de Ciências Biológicas da UEL, discutiram questões de Gênero na formação inicial dos futuros docentes atrelando a Educação Científica. Os pesquisados reconheceram a desigualdade entre homens e mulheres existente no ambiente educacional.

O trabalho (T21) de Martins e Lopes (2017) analisou duas oficinas com alunos e docentes da área de Ciências a fim de identificar as potencialidades e as dificuldades das abordagens das questões sociocientíficas relacionadas a Gênero no Ensino de Ciências. Os pesquisadores identificaram a necessidade de se debater tal temática, para esclarecer equívocos conceituais e controvérsias construídas ligadas com a palavra Gênero.

Por fim, Marchi e Rodrigues (2017) (T22), com um recurso midiático, analisaram comentários agressivos e discriminatórios de professores, com o objetivo de identificar como tais comentários desmotivam estudantes mulheres do Instituto de Física da USP.

Um destaque é que dentre os 16 trabalhos apresentados, oito são trabalhos originados do grupo Investigações em Filosofia e História da Ciência e Educação em Ciências e Matemática, apresentando a preocupação do grupo em desenvolver intervenções.

Gênero e Participação de Mulheres na Ciência: foram encontrados sete trabalhos. Cordeiro (2013) (T9) explorou o prêmio Nobel de Física de 1903, destacando a participação de Marie Curie, suas potencialidades e dificuldades, além de discutir na Formação Docente os preconceitos que ainda existem na Ciência. Essa pesquisa evidencia a relevância da participação feminina para a contribuição da Ciência.

Os trabalhos (T10) e (T11) de Batista *et al.* (2013; 2015) também são classificados nesta UR, pois foram investigadas noções e saberes dos professores de 5 estados brasileiros diferentes a respeito da visibilidade da mulher na Ciência, evidenciando a necessidade de se conhecer melhor o papel feminino na História da Ciência e na Formação Docente dos participantes.

Pinto e Amorim (2015) (T17) entrevistaram estudantes do curso de Física e apontaram que ainda há uma cultura de preconceito e discriminação na academia. O que gera desconforto, desânimo e pressão para serem aceitas, levando-as a se destacarem mais do que os homens para obterem reconhecimento profissional.

As pesquisadoras Chiari e Batista (2017) (T19) desenvolveram uma abordagem didática aplicada a alunos de Ciências Biológicas da UEL, em que foram discutidos alguns temas de desigualdade de Gênero, entre eles, a discriminação das mulheres, privilégio de homens, relações de poder e igualdade de tratamento no meio acadêmico.

Com o uso de um *software*, Rosenthal e Rezende (2017) (T20) evidenciam as palavras mais citadas nas entrevistas feitas com mulheres que estão no meio acadêmico. Analisam os fatores que têm contribuído para a participação e para o afastamento das mulheres na Ciência.

Na intervenção pedagógica (T24) realizada com docentes da Educação Básica que atuam na área de Ciências Biológicas no Paraná, Heerd e Batista (2017) buscaram saberes docentes em relação à contribuição científica da mulher na Ciência. Por meio dessa pesquisa, percebeu-se a necessidade de docentes buscarem mais conhecimento na História da Ciência para reconhecerem e disseminarem a participação de mulheres na Ciência.

Por meio desta UR identifica-se que o tema Gênero e participação de mulheres na Ciência são discussões recentes, pois os primeiros trabalhos encontrados nesses eventos em que é pesquisada diretamente esta temática são os de Cordeiro (2013) e de Batista *et al.* (2013). Desde então, as discussões e o destaque favorecendo a participação feminina na Ciência têm aumentado, porém com uma frequência ainda baixa.

Gênero e Intervenções Escolares: foram encontrados dois trabalhos. O trabalho (T15) de Silva e Siqueira (2015) analisou

livros paradidáticos como recurso de discussão de questões de sexualidade e Gênero com docentes e com grupos focais de alunos em quatro escolas do Ensino Fundamental do Rio de Janeiro. Outro trabalho (T16) foi de Santos *et al.* (2015), as autoras desenvolveram uma oficina a respeito de diversidade com alunos do PIBID articulando Química, questões raciais e de Gênero. As contribuições de tal oficina foram muitas, e destaca-se a possibilidade de trabalhar conceitos químicos com o tema diversidade utilizando recursos didáticos alternativos.

Há poucos trabalhos apresentados nesses eventos que relatam intervenções realizadas nas escolas, principalmente relacionados a disciplinas científicas. Porém, se percebe que é possível desenvolver tais práticas.

Gênero e Ciência na Mídia: foi encontrado um trabalho. Marchi e Rodrigues (2017) (T22) destacaram relatos de estudantes mulheres do Instituto de Física da USP obtidos por meio de uma página do *Facebook*. O objetivo foi procurar entender de que forma os comentários e concepções dos professores podem contribuir no compreender o que é Ciência e no caráter agressivo e discriminatório que os relatos apresentaram. É interessante analisar o uso de um recurso midiático para o debate e relatos das estudantes quando são discriminadas ou pré-julgadas. Outro aspecto é a área de formação das estudantes (Física), uma área predominantemente masculina que ainda se requer grandes reconhecimentos da participação feminina.

Metatexto

De acordo com o referencial seguido (Bardin, 2004), para uma inferência dedutiva e interpretação dos resultados é proposto um texto logo em seguida da unitarização e descrição dos dados. Esse texto dialoga com os referenciais teóricos que sustentaram esta pesquisa e as Unidades de Contexto e de Registros.

Destaca-se que as Unidades de Registro prévias foram baseadas no trabalho de Batista *et al.* (2011) que realizou um levantamento nos anos de 2005 a 2011 em periódicos da área de Ensino de Ciências e Matemática e nas atas dos eventos ANPED e ENPEC, pesquisando a temática Gênero na Educação Científica e na Formação Docente. Todos os trabalhos encontrados foram unitizados em três eixos: “Gênero e materiais didáticos”, “Gênero e inferências de interpretação” e “Gênero e estudos teóricos”, e foi identificado que não havia publicações no eixo de Formação de Professores em Ciências da Natureza e Matemática, mostrando a premente necessidade de pesquisas nessas temáticas.

O segundo referencial utilizado na unitarização desta investigação é o trabalho de Silva *et al.* (2017), que buscaram artigos em revistas nacionais e internacionais online no Ensino de Ciências entre os anos de 2003 a 2016. As autoras utilizaram os três eixos de Batista *et al.* (2011) e elaboraram cinco novas

Unidades de Registro. Sendo que dessas cinco, quatro delas foram utilizadas para a análise deste trabalho.

Na primeira UR – Gênero e materiais didáticos, foi encontrado apenas um trabalho que analisa as representações de Gênero nos livros didáticos, publicado em 2006 no ANPED. Este trabalho (T1) é o mesmo identificado por Batista *et al.* (2011), que no total encontraram dois artigos, sendo o outro publicado em periódico. Para esta mesma UR, Silva *et al.* (2017) encontraram também dois artigos, sendo um deles em revista internacional e o outro foi o mesmo trabalho identificado por Batista *et al.* (2011).

Destacam-se as datas de publicações desses trabalhos nos eventos ANPED e ENPEC e nas revistas investigadas, entre os anos de 2006 a 2008, ou seja, faz 10 anos que não são publicados trabalhos que investigam Gênero nos livros didáticos, tanto no âmbito nacional como no internacional na área de Ensino de Ciências. Isto é preocupante, pois Fiorese e Delizoicov (2015) apresentam que o livro didático continua sendo o principal recurso utilizado pelo professor no processo de ensino e de aprendizagem em sala de aula, visto que na Educação Pública do Brasil o livro didático é financiado pelo Governo e fornecido a todos os alunos.

Por meio da investigação de Casagrande e Carvalho (2006) foram identificados padrões estereotipados para meninas e meninos, logo, houve a provável reprodução e a propagação desses padrões por meio do livro didático para crianças desde o início da vida escolar.

Na segunda UR – Gênero e Inferências de Interpretação foram identificados seis trabalhos, a mesma quantidade de artigos que foram encontrados em revistas na pesquisa de Silva *et al.* (2017). Dois dos trabalhos identificados nas atas dos eventos desta pesquisa também foram classificados por Batista *et al.* (2011).

Nessa UR os trabalhos apresentam inferências da representação da mulher nas Ciências, bem como as desigualdades de Gênero e a influência de tal desigualdade como causa de discriminação e desmotivação de mulheres para seguirem carreira nas Ciências da Natureza e Engenharias. Destaca-se que investigações da sub-representação da mulher ocorrem nos anos iniciais do Ensino Fundamental (T24), no Ensino Médio (T2; T3) e no Ensino Superior (T18; T19 e T20).

Tindall e Hamil (2004) discutiram a respeito da influência que a sociedade, a família e a escola têm na escolha da carreira profissional de meninos e meninas. Por meio dos resultados desta investigação, se observa que a invisibilidade da mulher cientista e a desmotivação por áreas de Ciências aplicadas ou da Natureza inicia-se desde os primeiros anos escolares e quando se chega à universidade essa desigualdade reflete na permanência das mulheres no campo científico.

Na terceira UR – Gênero e estudos teóricos foram encontrados 11 trabalhos que por meio dos levantamentos apresentam a carência de conhecimentos e de publicações relacionadas à temática Gênero no Ensino de Ciências. Entre

os anos de 2005 a 2011 Batista *et al.* (2011) encontraram apenas dois trabalhos que se encaixaram nesta UR, sendo um deles publicado em revista e o outro publicado no ENPEC. Na pesquisa de nível nacional e internacional, realizada por Silva *et al.* (2017), foram encontrados sete artigos, destes, apenas um é nacional.

Os trabalhos dessa UR apresentam levantamentos em revistas nacionais e internacionais classificados no Qualis da CAPES da área de Ensino e Educação nos estratos A1, A2, B1 e B2, em atas de eventos, dissertações e teses da área de Ensino de Ciências e Matemática, na formação e na ação docente. Por meio dessas pesquisas pode-se obter um panorama das discussões de Gênero no âmbito escolar e, como visto, para a necessidade de incorporar as questões de Gênero na Educação em Ciências e Matemática, bem como em novas pesquisas da área.

A partir do mapeamento da situação atual das pesquisas de Gênero, o passo seguinte é estudar teoricamente outros aspectos como sala de aula, ação dos professores, destaques de participação feminina na Ciência, materiais didáticos, ou seja, há campo expandido de novas pesquisas que abordem outros temas, uma vez que por meio do Quadro 3 se deduz que há um reduzido número de trabalhos resultantes de pesquisas nessa temática.

A UR 4 – Gênero, práticas e Formação de Professores é a UR com maior quantidade de trabalhos identificados, no total foram 16. Na pesquisa de Silva *et al.* (2017) foram encontrados cinco trabalhos, sendo 3 deles internacionais.

Um destaque para esta UR é a relevância de se construir abordagens para a discussão desta temática, pois, por meio desses trabalhos, se reconhece a discriminação e o preconceito que docentes ainda encontram na formação inicial e em serviço. Por meio dos levantamentos na UR 3 se identifica que os docentes e futuros docentes estão despreparados para tratar com as situações que relacionam Gênero e a Educação em Ciências.

Mesmo encontrando 16 trabalhos que apresentam abordagens e que forneçam algum tipo de momento de reflexão e formação para os professores, ainda há a necessidade de elaborar cursos e momentos de formação inicial e em serviço, que de forma prática forneçam instrumentos para que docentes apliquem seus conhecimentos em sala de aula, independente dos níveis de ensino.

Ressalte-se que todas as pesquisas mostraram a falta de conhecimento dos docentes em relação à participação feminina na Ciência e das discussões de Gênero, a existência de preconceito e discriminação no ambiente educacional e a predominância biológica nas discussões de Gênero. Assuntos que por meio de Formação Docente são discutidos e possibilitam a desconstrução de estereótipos nos professores e a não propagação destes estereótipos em sala de aula.

Na UR 5 – Gênero e participação de mulheres na Ciência, foram encontrados sete trabalhos nesta Unidade, sendo que as primeiras publicações foram a partir de 2013 (T9 e T10). Esta

UR analisa trabalhos que discutem a participação feminina na Ciência tanto na história como também na atualidade. Identifica-se que apenas Cordeiro (2013) (T9) pesquisa a participação de uma cientista na história, analisando o Prêmio Nobel de Física de 1903 destinado a Marie Sklodowska Curie e Heerdt e Batista (2017) (T24) que utilizaram da História da Ciência para discutir a participação feminina em uma abordagem didática para docentes. Os outros cinco trabalhos investigam a participação feminina na Formação Docente com participações na atualidade, tanto com professores quanto com estudantes.

Na investigação de Silva *et al.* (2017) foram encontrados três artigos, dois em revistas internacionais que tratavam da participação das mulheres ao longo da História da Ciência e um nacional que pesquisou trajetórias de mulheres cientistas universitárias.

Assim como na UR 4, os trabalhos relatavam falta de conhecimento das questões de Gênero, nesta UR 5 isto se confirma por meio de poucas pesquisas que investigam a participação de mulheres na Ciência. A participação feminina nos assuntos científicos sempre foi presente, porém, nunca reconhecida pelos cientistas masculinos, isso gerou invisibilidade da contribuição da mulher, principalmente nas áreas de Ciências da Natureza.

A UR 6 – Gênero e Intervenções escolares foram identificados dois trabalhos, sendo que (T15) trabalhou com grupo de docentes e alunos de quatro escolas e analisou as questões de Gênero por meio do uso de livros paradidáticos e no (T16) foram desenvolvidas atividades por meio de uma oficina de Química relacionando Gênero e questões raciais. Identifica-se uma baixa preocupação em levar até a escola a discussão de temas relacionados a Gênero. Observa-se que não há trabalhos publicados que apresentem intervenções para o Ensino Superior, apontando uma lacuna neste nível de ensino.

Por meio da UR 2 se observa que, quando questionados, os docentes sentem diferenças no tratamento e nos discursos dos alunos, o que reforça a necessidade de elaborar abordagens e intervenções que gerem, na prática de sala de aula, discussões da temática Gênero com os conteúdos científicos.

No levantamento em revistas de Silva *et al.* (2017) também foram encontrados dois artigos, um que realiza uma intervenção em uma escola secundária sueca e o outro apresenta uma proposta para o Ensino Superior em Química.

Na última UR 7 – Gênero e Ciência na Mídia foi encontrado apenas um trabalho (T22) que buscou em páginas de uma rede social muito utilizada por brasileiros, relatos de estudantes de um curso de Física em que a predominância é masculina, quais influências que docentes têm na discriminação das estudantes. Em periódicos da área de Ensino de Ciências, a publicação de trabalhos que discutem essa UR também é pouco presente. De acordo com Silva *et al.* (2017), foram encontrados apenas três artigos, sendo que apenas um deles é publicado em revista brasileira.

Utilizar recursos midiáticos para investigação na área de Gênero é pequena. Entretanto, a mídia em geral transmite imagens estereotipadas de cientistas, assim se não houver a sensibilização dos docentes para que reconheçam e desfaçam esses estereótipos, é improvável que trabalhem com seus alunos esta temática.

Conclusões

Neste trabalho buscamos evidenciar a inserção da temática de Gênero na Formação Docente de Ciências, focalizando na visibilidade do Gênero feminino e sua participação ao longo da História da produção científica.

Os trabalhos identificados e analisados neste artigo evidenciam alguns aspectos acerca das pesquisas de Gênero na Formação Docente de Ciências da Natureza. Diante da análise realizada observa-se que uma maioria numérica dos trabalhos trata das questões de Gênero articuladas à prática docente, mas no aspecto majoritariamente de diagnósticos. Identificamos artigos de revisão teórica acerca da incorporação das questões de Gênero; sete trabalhos que versam a respeito da participação das mulheres na História da Ciência; seis trabalhos analisados estudam os motivos da frequência relativa do Gênero feminino e suas relações com a Ciência em cursos de diferentes níveis de ensino; apenas dois trabalhos apresentam abordagens metodológicas para serem desenvolvidas em sala de aula e, por fim, apenas um trabalho aborda as representações de Gênero nos livros didáticos e outro a respeito de questões de Gênero em diferentes mídias. Ao comparar esta pesquisa com a de Silva *et al.* (2017) percebe-se um resultado semelhante nos períodos e fontes de levantamento coincidentes.

Assim como a pesquisa das autoras acima mencionadas, esta investigação reconhece a necessidade de novas pesquisas que abordem a temática em foco, nas mais diferentes perspectivas. Dos resultados encontrados, destaca-se a pouca produção de pesquisas no desenvolvimento de abordagens metodológicas apropriadas a temática. Salientamos que o próximo objetivo é poder contribuir com um levantamento a ser realizado em dissertações e teses de programas de pós-graduação no Brasil, a fim de obtermos um panorama de como está sendo discutido Gênero na Ciência e na Formação Docente.

Referências

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Ed. 70, 2004.
- BATISTA, I. L.; HEERDT, B.; KIKUCH, L. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G. e BASTOS, V. C. Saberes docentes e invisibilidade feminina nas ciências. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP, 2013.
- _____; TOREJANI, A. T. C.; HEERDT, B.; LUCAS, L. B.; OHIRA, M. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G. e BASTOS, V. C. Gênero feminino e formação de professores na pesquisa em educação científica e matemática no Brasil. In: *Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campinas, SP, 2011.
- BOGDAN, R. e BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.
- CHIARI, N. D. A. e BATISTA, I. L. Pesquisas na área de educação científica a respeito das questões de gênero no Brasil. In: *Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP, 2015.
- FIGLIARELLI, J. Z. e DELIZOICOV, N. C. Livros didáticos de biologia e a história da ciência. *Roteiro*, v. 40, n. 1, p. 101-126, 2015.
- HARDING, S. e MCGREGOR, E. The gender dimension of science and technology. In: MOORE, H. J. (Ed.). *UNESCO world science report*. Paris: UNESCO, 1996.
- IFHIECEM. Investigações em filosofia e história da ciência, educação em ciências e matemática. Disponível em <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/ifhiecem/index.html>, acessado em Fevereiro 2019.
- LOPES, M. M. "Aventureiras" nas ciências: refletindo sobre gênero e história das ciências naturais no Brasil. *Cadernos Pagu*, n. 10, p. 345-368, 1998.
- MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MELO, H. P.; LASTRES, H. M. M. e MARQUES, T. C. N. Gênero no sistema de ciência, tecnologia e inovação no Brasil. *Gênero*, v. 4, n. 2, p. 73-94, 2004.
- REZENDE, F. e OSTERMANN, F. A questão de gênero no ensino de ciências sob o enfoque sociocultural. In: *Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Luís, MA, 2007.
- ROSSI, A. Women in science: why so few? *Science*, v. 148, n. 3674, p. 1196-1202, 1965.
- SILVA, A. F.; SANTOS, A. P. O. e HEERDT, B. Questões de gênero na educação científica: tendências nas pesquisas nacionais e internacionais. In: *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2017.
- SOUZA, A. M. F. L. Ensino de ciências: onde está o gênero? *Faced*, n. 13, p. 149-160, 2008.
- TINDALL, T. e HAMIL, D. B. Gender disparity in science education: the causes, consequences, and solutions. *Education*, v. 125, n. 2, p. 282-295, 2004.

Alimentação e o Ensino de Química: Uma Análise de Livros Didáticos Aprovados pelo PNLD 2018

Food and Chemistry Teaching: An Analysis of Textbooks Approved by PNLD 2018

Alana M. Homrich, Nicolle Ruppenthal e Carlos A. Marques

Resumo: A alimentação é um assunto que faz parte do cotidiano dos estudantes e é muito importante, pois está relacionada com o bem-estar e saúde de todos. Apesar de existirem estudos sobre alimentação em interlocução com o ensino de química, esse assunto é pouco investigado em relação à sua presença nos livros didáticos (LDs) da área. Nesse sentido, desenvolveu-se uma pesquisa cujo objetivo foi analisar como o tema alimentação é abordado em LDs de química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2018, dado que esses livros estão entre os principais materiais didáticos utilizados pelos docentes na educação básica. Foram analisadas quatro das seis coleções de LDs aprovadas, utilizando os procedimentos metodológicos da análise textual discursiva. Da análise, emergiram duas categorias: (i) A alimentação na abordagem de conhecimentos químicos; e (ii) Interações entre a Química e outros componentes curriculares. Os resultados obtidos indicam, na maioria das vezes, que essa temática está associada a assuntos da bioquímica, sendo menos expressivamente relacionada aos conteúdos de termoquímica e transformações químicas. Além disso, alguns LDs associam a alimentação com assuntos como cultura e saúde, ressaltando a possibilidade de se articular diferentes componentes curriculares para trabalhar essa temática, como a Biologia e a História. De forma geral, as coleções analisadas abordaram a alimentação de modo pouco expressivo, sendo que apenas uma delas trabalhou o assunto em uma perspectiva de abordagem temática, na qual os conteúdos químicos foram subordinados ao tema.

Palavras-chave: Alimentação. Livros Didáticos. Ensino de Química.

Abstract: Nutrition is a very important subject, belonging to the daily lives of students and related to everybody's welfare and health. Despite the existence of studies on food and its relations to chemistry teaching, this subject still lacks studies associating its presence in textbooks of the area. A research was conducted in order to analyse how food is approached as a subject in textbooks approved by the *Programa Nacional do Livro Didático* [National Textbook Program] (PNLD) 2018, given that such textbooks are the primary didactic materials used by teachers in basic education. Four out of the six approved textbook collections were analysed, using the discursive textual analysis methodological approach. From the analysis, two categories were constructed: (i) Food as an approach to chemical knowledge; and (ii) Interactions between chemistry and other curricular components. Results show that in general this subject is related to biochemistry and to a lesser extent to thermochemistry and chemical transformations. Moreover, some textbooks articulate food with culture and health subjects, showing potential to articulate the subject with different curricular components such as Biology and History. Altogether, most of the textbook collections approached food in an inexpressive way, and only one of them adopted a thematic approach in which chemical knowledge was subordinated to food as a study subject.

Keywords: Food. Textbooks. Chemistry Teaching.

Alana da Maia Homrich (homrichalana@hotmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Química da UFSC com bolsa CNPq. Florianópolis, SC – BR. Nicolle Ruppenthal (nicolleruppenthal@gmail.com) é licenciada em Química pela UFSC, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC e professora de Educação Básica da Rede Estadual do Mato Grosso. Várzea Grande, MT – BR. Carlos Alberto Marques (carlos.marques@ufsc.br) é licenciado, bacharel e mestre em Química (UFSC), doutor em Ciências Químicas (Università degli Studi di Venezia, Itália) e professor titular junto ao Departamento de Metodologia de Ensino (MEN/CED/UFSC). Florianópolis, SC – BR.

Recebido em 23/08/2018, aceito em 15/01/2019

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

A alimentação é cada vez mais um objeto de preocupação dos brasileiros: os que não têm o que comer, os que se preocupam com a beleza física, os que precisam estar atentos aos aspectos ligados à saúde, etc. Nos dias atuais, o acesso à informação é bastante amplo, de modo que diversos estudos sobre alimentação consciente e hábitos saudáveis estão disponíveis facilmente nos meios de comunicação (Tomazoni, 2017). Apesar disso, algumas pessoas, influenciadas por propagandas e pelo atual estilo de vida mais acelerado, acabam por realizar várias refeições fora de casa, consumindo basicamente alimentos industrializados e ultraprocessados (Brasil, 2012). De acordo com o Ministério da Saúde, o consumo excessivo desse tipo de alimento é um dos principais fatores de risco para o aumento do número de brasileiros com doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade, diabetes e hipertensão (Brasil, 2011).

No outro extremo, existem também muitos casos de pessoas que, ao buscar por beleza, geralmente associada socialmente a corpos magros, adquirem hábitos chamados “mais saudáveis”, que podem levar a métodos drásticos de controle de peso, com dietas restritivas e nutricionalmente pobres (Castro *et al.*, 2016; Witt e Schneider, 2011). Nesse sentido, parece não haver dúvidas de que há relação entre consciência alimentar e qualidade de vida.

A alimentação é uma das principais formas de promover e de proteger a saúde das pessoas, sendo que essa promoção pode ser potencializada, por exemplo, pela inserção da educação alimentar no ensino básico. Diversas pesquisas têm salientado a importância de abordar a alimentação neste nível de ensino (Pontes *et al.*, 2016; Pazinato e Braibante, 2014; Ramos *et al.*, 2013; Aquilla, 2011; Santos, 2005).

Além de estar relacionada com a saúde, a alimentação constantemente é alvo de notícias envolvendo políticas públicas. Em 2017, por exemplo, houve uma comoção popular referente ao lançamento, na cidade de São Paulo, de um programa denominado “Alimento para todos”, que consistia na distribuição da chamada *farinata*, apelidada de ração humana, para a população carente (Poltronieri, 2017). A nutricionista Fabiana Poltronieri apresentou críticas a esse programa, associadas ao fato de que a ração humana possui composição desconhecida e à sua compreensão de que a alimentação vai além da mera ingestão de nutrientes. Para Poltronieri (2017), se alimentar abrange diferentes aspectos, como os históricos, culturais, étnicos, sociais, sensoriais e religiosos. Ante o exposto, nota-se a complexidade desse assunto, que é extremamente relevante para a sociedade brasileira, seja em um viés cultural, político ou relacionado à saúde da população.

Tratando-se de um tópico atual e importante, é possível encontrar alguns trabalhos na literatura que correlacionam a alimentação com o ensino de Química (Lopes *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2014; Pazinato e Braibante, 2014; Agostinho *et al.*, 2012). Esses trabalhos apresentam propostas e análises ligadas a oficinas ou momentos em sala de aula, como, por exemplo, o trabalho de Santos *et al.* (2014), que analisa um projeto

interdisciplinar¹ envolvendo a interpretação de rótulos alimentares e a conservação de alimentos. Outro trabalho que aborda a educação alimentar como forma de proteção da saúde é o realizado por Albuquerque *et al.* (2012) que, de acordo com os autores, possibilitou a mudança dos hábitos alimentares de estudantes envolvidos no projeto. Apesar de existirem vários trabalhos relacionando a alimentação com a Química, nossa busca na literatura não identificou estudos acerca da presença desse assunto tão importante em livros didáticos (LDs) de Química.

Os LDs ainda constituem um importante – e às vezes único – instrumento didático de ensino para os docentes (Fracalanza, 2006). A função dos LDs é a de, juntamente com outros materiais auxiliares, contribuir para a formação dos estudantes enquanto cidadãos e possibilitar o desenvolvimento de habilidades envolvidas no processo de aprendizagem (Brasil, 2017). Nesse sentido, o LD é um material que visa auxiliar o trabalho docente. Mesmo com os avanços tecnológicos, o livro impresso continua sendo o material didático mais utilizado no ambiente escolar, podendo servir como uma forma de refletir tanto sobre uma situação específica da escola quanto sobre os conhecimentos que envolvem a realidade escolar (Verceze e Silvino, 2008).

Um dos fatores que contribui para a maioria das escolas utilizar o livro didático é o de que esse é um material gratuito distribuído pelo Governo Federal, através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). O PNLD é um programa que avalia e disponibiliza obras didáticas, pedagógicas e literárias, ofertando diferentes coleções a serem escolhidas pelas escolas e professores de acordo com suas realidades (Brasil, 2017). Devido à abrangência do PNLD, os livros didáticos selecionados por esse programa são extremamente relevantes enquanto objetos de pesquisa, pois permitem uma análise de possíveis situações de ensino vivenciadas nacionalmente, visto que estão disponíveis para uso de inúmeros docentes na totalidade do território brasileiro.

Em relação ao Ensino de Química, os LDs têm sido alvo de pesquisas já há algum tempo devido à sua importância no contexto brasileiro, compreendendo desde análises de como alguma temática ou conteúdo é abordado no LD até estudos sobre a elaboração e avaliação de um LD no âmbito do PNLD (Oliveira e Rosa, 2016; Pazinato *et al.*, 2016; Farías *et al.*, 2013; Cássio *et al.*, 2012). Como o PNLD é renovado a cada três anos e existem alterações nas coleções aprovadas, estudos de natureza investigativa envolvendo os LDs aprovados por esse programa são constantemente significativos para pesquisas na área de ensino.

Considerando a magnitude do assunto “alimentação” para a sociedade e a utilização expressiva dos LDs nas salas de aula pelos docentes, considerou-se relevante desenvolver uma pesquisa a fim de compreender como esse assunto é trazido em LDs de Química. Dessa forma, propomos responder ao seguinte questionamento: como os livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018 abordam o assunto “alimentação”?

Para relatar nossa pesquisa, dividimos o presente artigo em quatro partes: inicialmente, são apresentados os aspectos metodológicos da pesquisa. Na sequência, encontra-se a primeira categoria analítica, que abrange as relações entre alimentação e a abordagem de conhecimentos químicos. Na terceira seção, trazemos a segunda categoria analítica, na qual são discutidas as possíveis interações entre a Química e outros componentes curriculares, a partir do contexto em que a alimentação é apresentada nos LDs analisados. Por fim, seguem nossas considerações finais.

Aspectos Metodológicos

Os LDs analisados foram escolhidos como material de pesquisa devido à sua aprovação no PNLD 2018 (Brasil, 2017). Foram aprovadas 6 coleções de LDs de Química; entretanto somente 4 delas estavam disponíveis nos sites das editoras para consulta *online*. Desse modo, foi preciso limitar a pesquisa para as coleções disponíveis. O Quadro 1 apresenta as coleções estudadas neste trabalho.

Quadro 1: Obras analisadas

Editora	Código	Coleção
SM	0074P18123	Ser protagonista – Química
Editora Positivo	0153P18123	Vivá: Química
Moderna	0185P18123	Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti
AJS	0206P18123	Química cidadã

Fonte: Brasil, 2017.

Os LDs foram analisados de acordo com os procedimentos da análise textual discursiva – ATD (Moraes e Galiuzzi, 2007), que se dividem em três momentos: unitarização, categorização e comunicação. Primeiramente, foi realizada uma busca no sumário das obras por palavras que remetesse à alimentação (alimentos, comida, nutrição, nomes de frutas, nutrientes, etc.). Em seguida, os trechos escolhidos foram consultados com a finalidade de selecionar fragmentos que pudessem responder à questão de pesquisa (etapa de unitarização). Os fragmentos foram agrupados de acordo com semelhanças semânticas, originando categorias emergentes (categorização). Por fim, as categorias foram analisadas, resultando em textos interpretativos e discussões fundamentadas na literatura (comunicação).

As categorias que emergiram da análise foram: (i) A alimentação na abordagem de conhecimentos químicos; e (ii) Interações entre a Química e outros componentes curriculares. Essas categorias são apresentadas e discutidas a seguir.

A Alimentação na Abordagem de Conhecimentos Químicos

Na maior parte das coleções analisadas foi possível identificar fragmentos que relacionaram a alimentação com

conhecimentos químicos. Geralmente, essas associações ocorreram para a discussão de assuntos relacionados à bioquímica. Por exemplo:

Cereais, pães, massas, frutas e vegetais são fontes importantes não só de carboidratos, mas também de triglicerídeos, proteínas, vitaminas e sais minerais. No entanto, a prevalência é de carboidratos, que podem ser basicamente divididos em dois tipos: os digeríveis – como amido e sacarose – e os não digeríveis – as chamadas fibras, classificadas em solúveis e insolúveis [...]. (Ciscato et al., 2016a, p. 223-224)

Proteínas, lipídeos e carboidratos são componentes importantes de nossa alimentação. São chamados de macronutrientes porque o corpo humano precisa deles em quantidade relativamente grande.

As proteínas são encontradas, por exemplo, em ovos, leite, carne e feijões. Os lipídios estão presentes no leite e em seus derivados, nas margarinas, nos óleos vegetais (coco, girassol, soja, entre outros) e azeites. O açúcar (sacarose) que usamos para fazer doces, a batata, o arroz e as massas são exemplos de alimentos ricos em carboidratos.

Além desses três grupos de nutrientes, há outros que, mesmo em pequenas concentrações, desempenham papel relevante em nossa alimentação, como as vitaminas e os sais minerais [...]. (Novais, 2016a, p. 240)

A aproximação de conhecimentos bioquímicos com a alimentação é de fato esperada, no sentido de que a bioquímica é considerada “essencial no processo de compreensão dos fundamentos da nutrição associados à manutenção de uma boa saúde” (Pires, 2011, p. 15). Ambos os fragmentos expostos acima citam alguns alimentos como exemplos de conteúdos abordados no texto principal do livro.

Em outras seções, a alimentação também foi inserida como forma de exemplificação. O volume 3 da coleção *Vivá*, por exemplo, apresenta um texto auxiliar que se propõe a correlacionar as gorduras *trans* aos riscos à saúde:

[...] A gordura trans também pode se formar no aquecimento de óleo. Esse é o principal risco de reutilizar óleos que já foram aquecidos. [...]

O ácido graxo elaidico, isômero do ácido oleico, é encontrado, por exemplo, em batatas fritas de lanchonetes tipo fast-food. Para indicar que o ácido elaidico tem uma dupla ligação e que seus ligantes estão em posição trans, usa-se a notação C18:1 trans (estrutura com 18 átomos de carbono e 1 dupla ligação com conformação trans).

Pesquisadores relacionaram a gordura trans ao aumento da incidência de infartos e derrames, por exemplo [...]. (Novais, 2016a, p. 252, grifo nosso)

O trecho grifado é a única parte do texto que efetivamente aborda os riscos à saúde, sendo que o restante versa sobre conteúdos de química orgânica e bioquímica. Além disso, nesse excerto a batata frita é utilizada como um exemplo para trabalhar o conteúdo de ácidos graxos. Muitas vezes, os materiais didáticos se propõem a explorar situações do cotidiano, porém frequentemente essa exploração não vai além da apresentação de exemplos que servem (apenas) à abordagem de conceitos científicos, como visto acima.

O reducionismo de um assunto à exemplificação já foi discutido em documentos oficiais, como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006). De acordo com Wartha et al. (2013), os exemplos podem ser empregados para tentar aproximar conceitos científicos da realidade dos estudantes, com o intuito de facilitar a compreensão de tais conceitos. Para esses autores, estudar o cotidiano não é reduzi-lo ao campo da exemplificação de aspectos da vida das pessoas e muito menos um trunfo motivacional para que os estudantes se interessem por ciência. Um dos caminhos para realizar a abordagem do cotidiano de forma que não ocorram os tipos de reduções citadas acima é elaborar e realizar trabalhos educativos mais contextualizados, visando à alfabetização científica dos estudantes, a partir da articulação entre contextos sociais e aspectos políticos, econômicos, ambientais e tecnológicos (perspectiva CTS), sempre se fundamentando em conhecimentos científicos e tecnológicos (Santos, 2007; Auler e Delizoicov, 2006; 2001).

A alimentação também foi utilizada como temática nos LDs analisados. De acordo com o PNL D 2018 (Brasil, 2017), muitas das coleções aprovadas possuem a perspectiva de problematizar conhecimentos relacionados à Química a partir de leituras introdutórias sobre temáticas que possam contextualizar conceitos científicos. O terceiro volume da coleção *Química Cidadã*, por exemplo, possui um capítulo denominado “A Química e os alimentos”, o qual traz o seguinte texto introdutório:

Um alimento pode ser obtido diretamente da natureza, como uma goiaba colhida da goiabeira, ou ser processado industrialmente, como um suco de goiaba industrializado. Nesse processamento, pode haver adição de substâncias que mantêm ou realçam características do alimento, além de aumentar seu tempo de conservação.

Entretanto, assim como tudo o que nos rodeia, todo alimento é formado por substâncias. Seja natural ou artificial, um alimento poderá ou não ter os componentes nutricionais adequados à nossa dieta. Além disso, os alimentos podem conter substâncias tóxicas para o nosso organismo, causando-nos alergias ou outros problemas de saúde.

Vale destacar que, apesar da riqueza nutricional de parte dos alimentos industrializados que foram processados visando atender as necessidades da alimentação humana, eles nem sempre são tão saudáveis quanto os naturais.

A partir do momento em que entram em nosso organismo, os alimentos passam por uma série de transformações químicas necessárias para que possam formar e renovar biomoléculas e estruturas celulares, envolvendo o consumo e a produção de energia útil para as células. Essas transformações são denominadas metabolismo [...]. (Santos et al., 2016a, p. 50)

Nesse capítulo, a alimentação é empregada como tema para abordar conteúdos como carboidratos, proteínas e lipídeos. O uso de temáticas é uma das formas de contextualização mais discutidas na literatura (Wartha et al., 2013). Alguns dos documentos oficiais norteadores para o Ensino Médio defendem a utilização de temas, como as Orientações Curriculares Nacionais:

Defende-se uma abordagem de temas sociais (do cotidiano) e uma experimentação que, não dissociadas da teoria, não sejam pretensos ou meros elementos de motivação ou de ilustração, mas efetivas possibilidades de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes. (Brasil, 2006, p. 117)

Além da utilização desse tipo de temática como forma de contextualização, existem outros tipos de abordagem temática, como, por exemplo, os temas geradores, os temas conceituais e as situações de estudo. Vários são os aspectos que influenciam os docentes a optar por uma dessas formas, porém sabe-se que, em relação ao ensino puramente centrado na abordagem de conceitos científicos, as abordagens temáticas se destacam por favorecer a formação de cidadãos mais críticos (Halmenschlager e Delizoicov, 2017).

Para além de ser expressa como exemplo e tema, em um dos LDs analisados a alimentação também foi associada à experimentação. A experimentação é muito presente no ensino de Química (Gonçalves e Marques, 2006), sendo bastante utilizada como forma de aproximar a ciência e os estudantes. No terceiro volume da coleção *Vivá*, há uma experiência sobre a adulteração do mel:

Material necessário

- 4 tubos de ensaio
- 3 pipetas de 1 mL ou seringas descartáveis sem agulha
- bagueta de vidro ou colher
- caneta marcadora de vidro

- balança
- solução de Lugol 5% (pode ser adquirida em farmácias)
- suspensão de amido em água a 1% recém-preparada
- solução aquosa de sacarose a 0,1 mol/L
- mel natural
- mel artificial (xarope de milho ou alimento à base de glicose comercial)
- conta-gotas
- água

Procedimentos

1. Identifiquem os tubos de ensaio com números de 1 a 4.
2. No tubo 1, coloquem 1 mL da suspensão de amido.
3. No tubo 2, coloquem 1 mL da solução de sacarose.
4. No tubo 3 coloquem 1 g de mel natural.
5. No tubo 4 coloquem 1 g de mel artificial.
6. Adicionem 1 mL de água nos tubos 3 e 4. Em seguida, agitem.
7. Adicionem 2 gotas de solução de Lugol a cada tubo. Agitem e observem.

[...]

Analisem suas observações

1. Sabendo que a solução de Lugol contém iodo e que esta forma um complexo colorido com o amido, mas não com dissacarídeos, indique qual é a função da suspensão de amido e da solução de sacarose nesta atividade prática. [...] (Novais, 2016a, p. 258)

Essa experiência é trazida ao final da apresentação do conteúdo de polissacarídeos para ilustrar a reação que ocorre entre o amido, presente no mel artificial, e o iodo (solução de Lugol). Apesar da relevância de trazer um experimento, o modo como esse é abordado no capítulo sugere que o mesmo possa ser tratado como apenas uma “receita de bolo”.

A relevância das aulas experimentais para a formação dos estudantes está atrelada à forma em que são trabalhadas. Quando o experimento é realizado apenas com a intenção de que os estudantes obtenham os resultados esperados pelo professor, estes irão constatar a teoria, desprezando outras possibilidades de aprendizado que a atividade poderia trazer (Guimarães, 2009). Também é importante ressaltar que, apesar da forma como a atividade é apresentada no livro, o docente possui a liberdade de planejar suas aulas não se baseando unicamente nesse material didático (Verceze e Silvino, 2008), podendo aperfeiçoar o uso do experimento. Nos outros LDs analisados, não foi possível identificar propostas de atividades experimentais que envolvessem, de alguma forma, a temática de alimentos ou nutrição.

Além de ter sido associada a conteúdos de bioquímica, a alimentação também esteve presente na abordagem de conhecimentos referentes a outras áreas da Química, ainda que menos expressivamente:

No preparo da carne, é possível observar alterações na sua textura e na sua cor, o que indica que determinados materiais se transformaram em outros. As mudanças de cor, sabor, aroma e textura são sinais da ocorrência de transformações químicas na carne. Atualmente, sabe-se que os componentes denominados proteínas reagem com açúcares, fornecendo a conhecida tonalidade da carne preparada, que, por sua vez, exala aroma característico. A diferença de coloração entre a carne crua e a preparada é um indício da ocorrência de transformações químicas. (Ciscato et al., 2016b, p. 17)

Na coleção *Química* – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti, a organização dos capítulos ocorre a partir de assuntos, os quais são trabalhados em conexão com os conhecimentos químicos em diversos contextos e situações de vivência cotidiana (Brasil, 2017). Como é possível identificar no fragmento acima, o preparo da carne está sendo associado a uma evidência de estarem ocorrendo transformações químicas, um assunto que é geralmente trabalhado no primeiro ano do Ensino Médio, de acordo com os PCN+ (Brasil, 2002).

Outra coleção de LDs associou o estudo da entalpia de combustão com os valores energéticos dos alimentos:

[...] Os alimentos que ingerimos passam por uma série de processos em nosso organismo, que se iniciam pela transformação de moléculas mais complexas em outras mais simples. De cada reação participam catalisadores que são biologicamente fundamentais, as enzimas, capazes de reduzir o tempo necessário para que as transformações sejam efetivadas.

A energia liberada nessas etapas é utilizada por nosso organismo no desempenho de diversas funções essenciais. O excedente de energia é acumulado no organismo sob a forma de gordura. Um aspecto interessante do metabolismo de um nutriente no organismo humano é que o total de energia envolvido em tal processo (após todas as etapas) é igual ao que seria obtido por combustão desse nutriente [...].

1. Que alimentos da tabela fornecida têm valor calórico mais baixo? E que alimentos têm valor calórico mais alto?

2. Do ponto de vista energético, a quantos gramas de tomate equivalem 10 g de manteiga?

3. Transforme em kJ/g o conteúdo calórico do tomate comum, o da batata cozida e o da manteiga.

4. Considere que os componentes básicos do tomate, da batata e da manteiga são, respectivamente, fibras, carboidratos e gordura. Com base nessa informação, coloque esses componentes em ordem

decrecente quanto ao teor calórico [...]. (Novais, 2016b, p. 114-115)

Além do fato dessa coleção estar relacionando conteúdos químicos com um contexto que se aproxima da realidade dos estudantes, ressalta-se a relevância de entender o que são os valores energéticos dos alimentos. Essas informações são importantes, pois devem estar obrigatoriamente presentes nos rótulos dos alimentos (ANVISA, 2005), o que contribui para que todos consigam compreender e analisar tais rótulos de forma crítica. Além disso, os valores energéticos dos alimentos estão associados também com a quantidade de carboidratos, proteínas e gorduras que estes possuem – dados importantes de serem analisados na hora de optar pelo consumo de determinado alimento.

Esta seção, portanto, evidenciou que diferentes coleções de LDs trouxeram várias possibilidades de associar conceitos científicos com a alimentação. De forma mais significativa, tais associações ocorreram durante a abordagem de conteúdos relacionados à bioquímica, mas também estiveram presentes no estudo de outros conteúdos químicos. Além disso, notou-se que a alimentação foi retratada a partir de diferentes formas de abordagem, como através de sua utilização como uma temática e através da experimentação.

Interações entre a Química e Outros Componentes Curriculares

As possíveis interlocuções entre diferentes componentes curriculares estão sendo cada vez mais estudadas em periódicos internacionais e nacionais ligados ao Ensino de Ciências (Mozena e Ostermann, 2014). Os PCNs (Brasil, 2000), quando se reportam à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, expressam que existe a necessidade de superar as barreiras entre as disciplinas, articulando conhecimentos de diferentes áreas. Várias das coleções analisadas apresentam textos, seções ou partes de capítulos que podem ser utilizados a fim de contribuir para a superação da fragmentação do saber. Por exemplo:

Grau de saturação: uma questão-chave

Até o final do século XIX, a principal fonte de gordura era de origem animal. Com o crescimento da população, a gordura de origem animal não mais atendia à demanda crescente. Na época, os óleos vegetais também eram usados, porém eles não apresentam a mesma consistência da gordura animal.

Esse aumento na demanda por óleos e gorduras foi provocado, em boa parte, pelo crescimento da indústria de sabões e margarinas, que usa esses triglicerídeos como matéria-prima.

Em 1902, o químico alemão Wilhelm Normann (1870-1939) desenvolveu um método para transformar óleos vegetais em um produto semelhante à gordura, que ficou conhecido como gordura

hidrogenada, porque resultou de uma reação química entre triglicerídeos e gás hidrogênio. Sendo mais barato e mais fácil obter que a gordura animal, esse material teve rápida aceitação. A gordura hidrogenada, desde então, tem sido largamente utilizada na produção de alimentos industrializados, porém é nociva à saúde se consumida em excesso [...]. (Ciscato et al., 2016a, p. 184)

O fragmento acima se refere ao contexto histórico da produção da margarina, apresentado no início do tema “Os triglicerídeos na alimentação e as gorduras *trans*”. Esse texto seguido por outro que explana conceitos científicos associados ao que foi exposto. Nesse sentido, além de abordar conceitos relacionados à Química, a temática pode ser vinculada ao estudo do crescimento populacional e ao avanço da indústria, contribuindo para a articulação entre diferentes componentes curriculares, como entre a Química e a História.

O volume 3 da coleção *Vivá* também apresenta parte de um contexto histórico relacionado a alimentos:

O porquê do arroz e feijão

De acordo com alguns autores, o Brasil foi o primeiro país a cultivar o arroz no continente americano. O arroz era o “milho-d’água” (abati-uapú) que os tupis, muito antes de conhecerem os portugueses, já colhiam nos alagados próximos ao litoral. Consta que integrantes da expedição de Pedro Álvares Cabral, após uma peregrinação por cerca de 5 km em solo brasileiro traziam consigo amostras de arroz, confirmando registros de Américo Vespúcio que trazem referência a esse cereal em grandes áreas alagadas do Amazonas. A prática da orizicultura no Brasil, de forma organizada [...], aconteceu em meados do século XVIII e daquela época até a metade do século XIX o país foi um grande exportador de arroz. [...] O arroz possui vários benefícios, pois é rico em vitaminas do complexo B, proteínas e ferro; é um alimento rico em amido, fornecendo energia e contribuindo para a absorção de proteína, além de ser um alimento de fácil digestão e que raramente provoca alergias. O feijão, por sua vez, contém mais proteína do que qualquer outro alimento de fonte vegetal, sendo fonte de vitaminas do complexo B, ferro, potássio, zinco e outros minerais essenciais [...]. (Novais, 2016a, p. 245)

Neste caso, o texto é apresentado com o intuito de exemplificar a importância do consumo de aminoácidos essenciais e de realizar atividades adicionais sobre isso. Apesar de serem utilizados de formas diferentes nos LDs, ambos os textos podem ser estudados em conjunto com outros componentes

curriculares. No fragmento acima, a história do consumo do arroz e feijão no Brasil é situada desde o início da colonização do país e pode ser utilizada para abordar a alimentação em diferentes países, relacionando-a com seus respectivos vieses culturais. É importante ressaltar que, ao se trabalhar um contexto relacionado ao cotidiano, um único componente curricular não é suficiente para abordar de forma satisfatória toda a complexidade desse contexto (Abreu e Lopes, 2011). Ou seja, para um ensino mais amplo, seria importante que os componentes curriculares fossem mais articulados.

Os livros relacionaram, em alguns fragmentos, a alimentação com a saúde:

Refrigerante e doce provocam epidemia de diabetes em indígenas em MT [...] É hora de repor a energia, mas no banquete quase nada remete à dieta tradicional indígena. Há vários pacotes de pão de forma, farinha de trigo, bisnagas, bolos de caixinha e muito refrigerante.

Famosos pela grande força física e pela veia guerreira, os xavantes estão sucumbindo diante de uma doença silenciosa: o diabetes.

A epidemia é resultado dessa alteração drástica na alimentação dos indígenas, que abandonaram comidas tradicionais, como batata-doce, abóbora e mandioca.

O maior vilão, porém é a “ödzeire”, ou “água doce”, na língua xavante. O refrigerante virou um vício [...]. (Ciscato et al., 2016a, p. 241)

O texto do qual este fragmento foi retirado é encontrado ao final do tema “Os carboidratos na alimentação”, sendo que ele relaciona uma doença mundialmente associada ao consumo exacerbado de açúcar com a perda da identidade cultural dos indígenas. Documentos norteadores da educação compreendem que a saúde deve ser um assunto que perpassa todas as áreas do currículo escolar, de forma a considerar mais amplamente os aspectos envolvidos na formação de hábitos e atitudes dos estudantes (Brasil, 2019). Nesse sentido, o texto analisado propicia que a alimentação seja trabalhada em conjunto com a saúde e possibilita discussões acerca de tópicos como qualidade de vida, consciência alimentar e identidade cultural, que podem ser realizadas em diferentes disciplinas.

A associação entre alimentação e saúde também esteve presente em LDs de outras coleções, como, por exemplo, no seguinte trecho:

[...] Infelizmente, muitos desses produtos mais resistentes, com aspectos e sabores agradáveis, possuem baixíssimos valores nutritivos, sendo comercializados muito mais por aparência, sabor e odor do que propriamente pelo seu valor nutritivo. Além disso, para aumentar a venda, as indústrias

adicionaram aos alimentos substâncias que realçam o sabor, estimulam o consumo, sem oferecer os nutrientes essenciais.

Atualmente, muitas pessoas fazem as suas refeições regularmente, mas têm problemas de saúde devido à carência de vitaminas e de nutrientes fundamentais para o bom funcionamento de seu organismo. Isso acontece até mesmo com pessoas de alto poder aquisitivo [...]. (Santos et al., 2016b, p. 101)

Ou seja, a interação com a saúde é favorecida em algumas partes das diferentes coleções de LDs aprovadas no PNLD 2018. Para Sousa e Guimarães (2017), o ensino de saúde deve favorecer a autonomia dos estudantes em relação aos conhecimentos de saúde. A abordagem desse assunto em sintonia com a alimentação propicia que os estudantes possuam uma visão crítica acerca do que consumir, analisando as vantagens e desvantagens de suas escolhas (valor nutricional, sabor/aroma, preço, publicidade, etc.).

Em nossa análise, percebemos que, em vários momentos, a alimentação foi apresentada nos LDs em conjunto com conhecimentos que podem ser explorados por perspectivas que vão além da área da Química. Em especial, a alimentação foi retratada nos LDs de forma conjunta com assuntos como saúde e cultura, que são estudados em componentes curriculares como Biologia, História e Geografia. Ou seja, nota-se um potencial para o planejamento de trabalhos interdisciplinares envolvendo os LDs citados.

A visão de interdisciplinaridade adotada aqui se aproxima da discutida por Delizoicov e Zanetic (2002), de acordo com a qual cada docente traz sua contribuição para a compreensão de determinado tema, respeitando-se as especificidades de cada área do conhecimento – o que se afasta da ideia de professor polivalente, defendida por outros autores. Sabe-se que o trabalho em conjunto com outros componentes curriculares apresenta dificuldades, como o despreparo docente para trabalhar nessa perspectiva, por exemplo. Entretanto, também possui diversas vantagens, relacionadas principalmente à ampliação do conhecimento dos estudantes acerca de determinado tema, visto que um único componente curricular não é capaz de abordar detalhadamente inúmeros assuntos complexos relacionados ao cotidiano.

Considerações Finais

Depreende-se da análise que as coleções de LDs aprovadas pelo PNLD 2018 apresentaram o assunto alimentação em pelo menos um de seus volumes, com exceção da coleção *Ser Protagonista*. Ressalta-se que esse assunto não necessariamente está ausente dessa coleção, pois é possível que a ausência de termos mais explícitos relacionados à alimentação no índice dos LDs tenha impedido a seleção de fragmentos significativos

para a análise. Nas outras coleções, a alimentação foi trabalhada de diferentes formas.

Essas formas incluem o uso da alimentação para exemplificação de conceitos químicos, encontrado principalmente na coleção *Vivá*. Tal opção metodológica limita as possibilidades de estudo de algo que é muito importante para a vida dos estudantes. Por sua vez, a coleção *Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti* abrange o contexto da alimentação de forma mais detalhada. Um dos possíveis motivos é o de que esse livro está organizado em temáticas, nas quais os conteúdos químicos são explorados a partir do tema (isto é, os conteúdos estão subordinados ao tema) e não ao contrário. Nesse sentido, a exploração do tema é importante para a compreensão dos conteúdos relacionados à Química, o que contribui para que a alimentação seja abordada mais detalhadamente nessa coleção.

As coleções analisadas apresentaram textos com potencial para explorar as interações com outras áreas do conhecimento, como a História e a Biologia. Destacou-se, principalmente, a abordagem da alimentação associada à saúde, considerando a conexão entre doenças e maus hábitos alimentares. Acerca da Química, a alimentação geralmente foi abordada em relação a conteúdos de bioquímica, sendo pouco explorada em conjunto com outros conteúdos.

Por fim, ressaltamos que apenas uma das coleções (*Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti*) trouxe a alimentação enquanto temática, relacionando-a com conteúdos químicos que contribuem para seu entendimento. As outras coleções analisadas versaram sobre a alimentação de forma inexpressiva.

Consideramos que este é um tópico de extrema importância a ser estudado, especialmente para os jovens que frequentam o ensino básico, estando relacionado com outros assuntos relevantes como a saúde e a identidade cultural de um povo. O estudo da alimentação em sala de aula pode facilitar e oferecer maior significado ao aprendizado da Química, inclusive contribuindo para que os estudantes se posicionem criticamente em relação a políticas públicas que envolvam a alimentação, como no caso da “ração humana”.

Nota

¹O trabalho de Santos *et al.* (2014) se baseia na definição de interdisciplinaridade de Garcia (2007), que por sua vez entende que um trabalho interdisciplinar é aquele que aborda um tema enquanto eixo unificador, no qual todas as disciplinas organizam a abordagem de seus conhecimentos centralizadas nesse tema.

Referências

- ABREU, R. G. e LOPES, A. C. A interdisciplinaridade e o ensino de química: uma leitura a partir das políticas de currículo. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Unijuí, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação às indústrias de alimentos*. Brasília: Universidade de Brasília, 2005.
- AGOSTINHO, L. C. L.; NASCIMENTO, L. e CAVALCANTI, B. F. A química dos alimentos no processo de ensino-aprendizagem na educação de jovens e adultos-EJA. *Revista Lugares de Educação*, v. 2, n. 1, p. 31-46, 2012.
- ALBUQUERQUE, M. V.; SANTOS, S. A.; CERQUEIRA, N. T. V. e SILVA, J. A. Educação alimentar: uma proposta de redução do consumo de aditivos alimentares. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 51-57, 2012.
- AQUILLA, R. *A educação alimentar e nutricional no espaço escolar: saber, sabor e saúde*. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.
- AULER, D. e DELIZIOCOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 2, p. 105-116, 2001.
- _____. e _____. Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.
- BRASIL. *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- _____. Ministério da Educação. *PNLD 2018: guia de livros didáticos – ensino médio*. Brasília: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2017.
- _____. _____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN + ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- _____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, 2000.
- _____. Ministério da Saúde. *Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Brasil 2011-2022*. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.
- _____. _____. *Política nacional de alimentação e nutrição*. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.
- _____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: saúde*. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/saude.pdf>, acessado em Fevereiro 2019.
- CÁSSIO, F. L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P. e FERNANDEZ, C. O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 3, p. 595-619, 2012.
- CASTRO, J. B. P.; MATTOS, R. S.; PASSOS, M. D.; AQUINO, F. S. D.; RETONDAR, J. J. M. e MACHADO, A. S. Alimentação, corpo e subjetividades na educação física e na nutrição: o ranço da adiposidade e a ascensão dos músculos. *Demetra*, n. 11, v. 3, p. 803-824, 2016.
- CISCATO, C. A. M.; CHEMELLO, E.; PEREIRA, L. F. e PROTI, P. B. *Química – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti*. São Paulo: Moderna, 2016a, v. 3.

- _____; _____. *Química* – Ciscato, Pereira, Chemello e Proti. São Paulo: Moderna, 2016b, v. 1.
- DELIZOICOV, D. e ZANETIC, J. A proposta de interdisciplinaridade e seu impacto no ensino municipal de 1º grau. In: PONTUSCHKA, N. N. (Org.). *Ousadia no diálogo: interdisciplinaridade na escola pública*. São Paulo: Loyola, 2002.
- FARÍAS, D. M.; CASTELLÓ, J. e MOLINA, F. Análisis del enfoque de historia y filosofía de la ciencia en libros de texto de química: el caso de la estructura atómica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 31, n. 1, p. 115-133, 2013.
- FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: novas ou velhas perspectivas. In: FRACALANZA, H. e MEGID, J. N. (Orgs.). *O livro didático de ciências no Brasil*. Campinas: Komedi, 2006, p. 174-195.
- GARCIA, L. A. M. *Transversalidade e interdisciplinaridade*. 2007. Disponível em <http://smeduquedecaxias.rj.gov.br/nead/Biblioteca/Forma%C3%A7%C3%A3o%20Continuada/Artigos%20Diversos/garcia-transversalidade-print.pdf>, acessado em Fevereiro 2019.
- GONÇALVES, F. P. e MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, p. 219-238, 2006.
- GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.
- HALMENSCHLAGER, K. R. e DELIZOICOV, D. Abordagem temática no ensino de ciências: caracterização de propostas destinadas ao ensino médio. *Alexandria*, v. 10, n. 2, p. 305-330, 2017.
- LOPES, J. A.; SÁ, J. F. S. N. e SÁ, C. L. S. G. A química dos alimentos: uma proposta para o ensino médio. In: *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Educação Química – SIMPEQUI*. Fortaleza, CE, 2015.
- MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- MOZENA, E. R. e OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.
- NOVAIS, V. L. D. *Vivá: química*. Curitiba: Positivo, 2016a, v. 3.
- _____. *Vivá: química*. Curitiba: Positivo, 2016b, v. 2.
- OLIVEIRA, A. C. G. e ROSA, M. I. P. Recontextualizações e hibridismos em processos de elaboração e avaliação de livros didáticos de química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 3, p. 273-283, 2016.
- PAZINATO, M. S. e BRAIBANTE, M. E. F. Oficina temática composição química dos alimentos: uma possibilidade para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 289-296, 2014.
- _____; _____. MIRANDA, A. C. G. e FREITAS, R. T. G. Análise dos recursos visuais utilizados no capítulo de ligações químicas dos livros didáticos do PNL 2015. *Acta Scientiae*, v. 18, n. 1, p. 121-144, 2016.
- PIRES, N. L. *Bioquímica no ensino médio: importância das noções de nutrição e hábitos alimentares*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Biologia a Distância). Universidade de Brasília e Universidade Estadual de Goiás, Brasília/Formosa, 2011.
- POLTRONIERI, F. *A farinata (ração humana) pode melhorar a alimentação em SP?* 2017. Disponível em <https://saude.abril.com.br/blog/com-a-palavra/farinata-racao-humana-sao-paulo-doria/>, acessada em Fevereiro 2019.
- PONTES, A. M. O.; ROLIM, H. J. P. e TAMASIA, G. A. A importância da educação alimentar e nutricional na prevenção da obesidade em escolares. *Saúde em Foco*, v. 8, p. 292-306, 2016.
- RAMOS, F. P.; SANTOS, L. A. S. e REIS, A. B. C. Educação alimentar e nutricional em escolares: uma revisão da literatura. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 29, n. 11, p. 2147-2161, 2013.
- SANTOS, E. B. R.; LIRA, F. L. C.; FREITAS, A. J. D. e FREITAS, J. D. Alimentos na mesa: a química que comemos – um projeto interdisciplinar como alternativa para o ensino de química. In: *Anais do I Congresso Internacional das Licenciaturas – COINTER PDVL*. Vitória de Santo Antão, PE, 2014.
- SANTOS, L. A. S. Educação alimentar e nutricional no contexto da promoção de práticas alimentares saudáveis. *Revista de Nutrição*, v. 18, n. 5, p. 681-692, 2005.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Revista Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, p. 1-12, 2007.
- _____; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; OLIVEIRA, S. M.; FARIAS, S. B.; DIB, S. M. e MÓL, G. *Química cidadã*. 3ª ed. São Paulo: AJS, 2016a, v. 3.
- _____; _____. *Química cidadã*. 3ª ed. São Paulo: AJS, 2016b, v. 2.
- SOUSA, M. C. e GUIMARÃES, A. P. M. O ensino da saúde na educação básica: desafios e possibilidades. In: *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC*. Florianópolis, SC, 2017.
- TOMAZONI, A. M. R. Transformando hábitos alimentares em prazer e saúde: educando com alimentos. *Revista Interdisciplinaridade e Espiritualidade na Educação*, n. 9, p. 10-17, 2017.
- VERCEZE, R. M. A. N. e SILVINO, E. F. M. O livro didático e suas implicações na prática do professor nas escolas públicas de Guajará-Mirim. *Práxis Educacional*, v. 4, n. 4, p. 83-102, 2008.
- WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. e BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.
- WITT, J. S. G. Z. e SCHNEIDER, A. P. Nutrição estética: valorização do corpo e da beleza através do cuidado nutricional. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 9, p. 3909-3916, 2011.

Gostaríamos de agradecer os assessores que colaboraram, ao longo de 2018, emitindo pareceres sobre os artigos submetidos para publicação em Química Nova na Escola:

Adalberto B. M. S. Bassi	Fábio Merçon	Maria Olimpia Rezende
Adriana Vitorino Rossi	Fábio Peres Gonçalves	Marlon Soares
Agnaldo Arroio	Fernando César Silva	Maurícus Selvero Pazinato
Aguinaldo Robinson de Souza	Flávia C. G. C. Vasconcelos	Mauro Bertotti
Aline Grunewald Nichele	Francis Musa Boakari	Melquisedeque da Silva Freire
Alvaro Chrispino	Guimes Rodrigues Filho	Miguel Jafelicci Junior
Ana Carolina Garcia de Oliveira	Gustavo Bizarria Gibin	Moisés Alves Oliveira
Ana Cláudia Kasseboehmer	Hélio Elael Bonini Viana	Nadja P. dos Santos
Ana Luiza Quadros	Henrique E. Toma	Natalina Aparecida Laguna Sicca
Ana Maria de Andrade Caldeira	Ivoni Freitas-Reis	Nerilso Bocchi
Analice Almeida Lima	Jackson Gois da Silva	Nidia F. Roque
André Amaral Gonçalves Bianco	James Roberto Silva	Nilcimar dos Santos Souza
Andréa Horta Machado	Jane Raquel Silva de Oliveira	Nyuara A. S. Mesquita
Anelise Maria Regiani	Jeanne Cristina Gomes Rotta	Orliney Maciel Guimarães
Ângelo Francklin Pitanga	Joanez Aparecida Aires	Otávio Aloisio Maldaner
Anielli Fabiula Lemes	João Rufino Freitas Filho	Ourides Santin Filho
Anna Maria Canavarró Benite	Joaquim F. M. da Silva	Patrícia F. L. Machado
Antônio Francisco Carrelhas Cachapuz	José Cláudio Del Pino	Paulo Alves Porto
Antônio Rogério Fiorucci	José Guilherme da Silva Lopes	Paulo de Avila Junior
Aparecida de Fátima Andrade da Silva	José Nunes Júnior	Paulo Henrique Dias Menezes
Ariane Baffa Lourenço	José Otavio Baldinato	Paulo Pinheiro
Attico Inacio Chassot	Judite Scherer Wenzel	Paulo Rogerio Miranda Correia
Bruno Ferreira dos Santos	Julio Carlos Afonso	Pedro Cunha Pinto Neto
Bruno Silva Leite	Karen Cacilda Weber	Per Christian Braathen
Camila Strictar Pereira	Katia Pedroso Silveira	Peter W. Tiedemann
Carlos Alberto Marques	Keila Bossolani Kiill	Rafael Cava Mori
Carlos Neco da Silva Junior	Kiany Sirley Brandão Cavalcante	Reginaldo Alberto Meloni
Cristhiane Carneiro Cunha Flôr	Laís dos Santos Pinto	Ricardo Gauche
Daniela Gonçalves de Abreu	Lea da Silva Veras	Rita de Cássia Suart
Denise Curi	Lívia Flório Sgobbi	Roberto Ribeiro da Silva
Edemar Benedetti Filho	Lucia Codognoto	Romeu C. Rocha-Filho
Edênia Maria Ribeiro do Amaral	Luciana Massi	Rose Mary Latini
Eder Pires de Camargo	Luciana Nobre de Abreu Ferreira	Rui Jorge Centeno Santos
Edson José Wartha	Luciana Passos Sá	Salette Linhares Queiroz
Eduardo Bessa Azevedo	Luiz Antonio Andrade de Oliveira	Selma Elaine Mazzetto
Eduardo Fleury Mortimer	Luiz H. Ferreira	Selma Leitão Santos
Edvaldo Sabadini	Maisa Helena Altarugio	Sérgio Henrique Bezerra de Sousa Leal
Elisa Prestes Massena	Mara Elisa Fortes Braibante	Sílvia Ester Orrú
Emília C. de O. Lima	Marcelo Lambach	Soraia Freaza Lôbo
Erivanildo Lopes da Silva	Marcelo P. da Silveira	Tania Denise Miskinis Salgado
Esteban Lopez Moreno	Marco Antonio Bueno Filho	Tathiane Milaré
Eva T. Boff	Marco Tadeu Grassi	Verônica Tavares Santos Batinga
Fabiana Roberta Gonçalves e Silva	Maria das Graças Cleophas Porto	Waldmir Nascimento de Araujo Neto
Fabiele Cristiane Dias Broietti	Maria Eunice R. Marcondes	Wilmo Ernesto Francisco Junior
Fábio André Sangiogo	Maria Mozarina Beserra Almeida	

Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços incluídos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar "Autor1, ano", "Autor2, ano"... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ões) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações. As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- **Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses): AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi et al., 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*. Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. v. 1. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini et al., 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.s bq.org.br>, acessada em Março 2008. - (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.s bq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas re-

lacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.

- 5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.
- 6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
- 7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.s bq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBOS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão. O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados. A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.

Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

Seções / Linha Editorial

Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção “Cadernos de Pesquisa”.

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

● QUÍMICA E SOCIEDADE

Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.

Limite de páginas: 20

● EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA

Responsável: Marcelo Giordan (USP)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricas e técnicas. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

● ESPAÇO ABERTO

Responsável: Otavio Aloísio Maldaner (Unijuí)

Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 20

● CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE

Responsável: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

● HISTÓRIA DA QUÍMICA

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

● ATUALIDADES EM QUÍMICA

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

● RELATOS DE SALA DE AULA

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

● ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● O ALUNO EM FOCO

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)

Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Responsável: Moisés Alves de Oliveira (UEL)

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

● CADERNOS DE PESQUISA

Responsável: Editoria

Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.

Limite de páginas: 30 a 40.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química tem o prazer de anunciar mais um produto,
Programas de TV Química Nova na Escola no formato DVD.

Nesta edição dos **Programas de TV QNEsc**, você encontrará:

- Visualização Molecular
- Nanotecnologia
- Hidrosfera
- Espectroscopia
- A Química da Atmosfera
- A Química dos Fármacos.
- Polímeros Sintéticos
- As Águas do Planeta Terra
- Papel: origem, aplicações e processos.
- Vidros: evolução, aplicações e reciclagem.
- Vidros: origem, arte e aplicações.
- Látex: a camisinha na sala de aula.

São **12 títulos temáticos** em formato digital que totalizam cerca de 4 horas de programação.
Para outras informações e aquisição,
acesse www.sbq.org.br em Produtos da SBQ.

