

química nova

NA ESCOLA

VOLUME

43

Nº 4, NOVEMBRO 2021

- 336 Primo Levi e a divulgação da Ciência em materiais multimídia de uma exposição museográfica
Carlos S. Leonardo Júnior, Luciana Massi, Luciane J. Palmieri e Rafaela V. Silva
- 344 Implantação e desenvolvimento do curso noturno de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará: trajetória, sentidos e (des)configurações da formação docente
Wanderson D. A. Silva e Claudia C. B. S. Carneiro
- 354 A invasão do agrotóxico na agricultura: abordagem para o estudo das funções orgânicas em perspectiva freireana da educação numa escola pública
Anne C. C. Santos, Amélia B. Souza, Thales S. Silva e Maria C. P. Cruz
- 365 Iônico ou covalente? Dama Química como forma lúdica e interativa para o Ensino de Química na Educação Básica
Lindaura L. S. Santos, Deise M. Lima, Maria J. D. Sales e Eltamara S. Conceição
- 371 GeomeQuímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de geometria molecular
Cleber S. Silva e Márlon H. F. B. Soares
- 380 O caso Alice Ball: uma proposta interseccional para o Ensino de Química
Carolina Q. Santana e Letícia dos S. Pereira
- 390 Metalurgia do ferro em África: A Lei 10.639/03 no Ensino de Química
Antônio C. B. Alvino, Aliny G. Silva, Geisa L. M. Lima, Marysson J. R. Camargo, Marilene B. Moreira e Anna M. C. Benite
- 401 Atividade antioxidante de frutas cítricas: adaptação do Método do DPPH para experimentação em sala de aula
Marcia C. C. Oliveira, Rodrigo C. F. Barbosa e Danilo C. Flores
- 406 Tintura de Iodo como Potencial Reagente para a Experimentação no Ensino de Química
Lucas S. Fernandes e Arenaldo R. A. Silva
- 411 Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio
Kayanne M. S. Santos, Lylían M. A. Lima, Tatiane S. Santos e Ângelo F. Pitanga

EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)
Salette 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)
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)
Julio Cezar Foschini Lisboa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - 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

Giseli de Oliveira Cardoso

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,
E-mail: qnesc@sbq.org.br

Química Nova na Escola na internet: <http://qnesc.sbq.org.br>

Indexada no: *Chemical Abstracts*, *DOAJ*, *Latindex*, *EDUBASE*, *CCN/IBICT*,
Portal de Periódicos da CAPES, *Portal do Professor MEC*,
Google Acadêmico e *Unilibweb*

Copyright © 2021 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, microfimes 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 fotocópia, 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. Conseqüentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas conseqüências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

Licenças Creative Commons

Artigos de acesso aberto nas revistas da SBQ são publicados sob licenças *Creative Commons*. Essas licenças proveem um arranjo padrão do setor para apoiar o fácil reuso de material de acesso aberto.

Artigos na QNEsc são publicados sob uma licença CC BY-NC-ND (licença de Atribuição *Creative Commons* Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional). A licença CC BY-NC-ND é uma licença restrita. Esta licença permite aos leitores copiar e redistribuir o material em qualquer meio ou formato, sob condição de atribuir crédito ao autor original. Contudo, o material não pode ser usado para fins comerciais. Além disso, ao alterar, transformar, ou incrementar o material, os leitores não podem distribuir o material modificado.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR



diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia

- 336 **Primo Levi e a divulgação da Ciência em materiais multimídia de uma exposição museográfica**
Primo Levi and Science dissemination in multimedia materials of a museum exhibition

Carlos S. Leonardo Júnior, Luciana Massi, Luciane J. Palmieri e Rafaela V. Silva

Espaço Aberto / Issues/Trends

- 344 **Implantação e desenvolvimento do curso noturno de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará: trajetória, sentidos e (des) configurações da formação docente**
Implementation and development of the night course of Chemistry teacher formation at the Federal University of Ceará: trajectory, meanings and (mis)configurations of teacher education

Wanderson D. A. Silva e Claudia Christina B. S. Carneiro

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 354 **A invasão do agrotóxico na agricultura: abordagem para o estudo das funções orgânicas em perspectiva freireana da educação numa escola pública**

The invasion of pesticides in agriculture: an approach to the study of organic functions in a Freirean perspective of education in a rural school

Anne Caroline C. Santos, Amélia B. Souza, Thales S. Silva e Maria Clara P. Cruz

- 365 **lônico ou covalente? Dama Química como forma lúdica e interativa para o Ensino de Química na Educação Básica**
Ionic or covalent? Chemical checkers as a ludic and interactive approach for teaching chemistry in basic education

Lindaura Laís Silva Santos, Deise Machado Lima, Maria José Dias Sales e Eltamara Souza da Conceição

- 371 **GeomeQuímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de geometria molecular**
GeomeQuímica: a game based on the Computational Theory of Mind to facilitate the learning of molecular geometry concepts

Cleberon S. Silva e Márlon H. F. B. Soares

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

- 380 **O caso Alice Ball: uma proposta interseccional para o Ensino de Química**
The case of Alice Ball: an intersectional proposal to Chemistry Teaching

Carolina Q. Santana e Leticia dos S. Pereira

- 390 **Metalurgia do ferro em África: A Lei 10.639/03 no Ensino de Química**
Iron metallurgy in Africa: Law 10.639 / 03 in the teaching of Chemistry

Antônio C. B. Alvino, Aliny G. Silva, Geisa L. M. Lima, Marysson J. R. Camargo, Marilene B. Moreira, Anna M. C. Benite

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 401 **Atividade antioxidante de frutas cítricas: adaptação do Método do DPPH para experimentação em sala de aula**
Antioxidant activity of citrus fruit: an adaptation of the DPPH method for classroom experimen-tation

Marcia Cristina C. Oliveira, Rodrigo César F. Barbosa e Danilo C. Flores

- 406 **Tintura de Iodo como Potencial Reagente para a Experimentação no Ensino de Química**
Tincture of iodine as a potential reagent for experimentation in chemistry teaching

Lucas S. Fernandes e Arenaldo R. A. Silva

- 411 **Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio**
Evaluating Metrics in Green Chemistry of Experiments Adapted for the Degradation of Dye Yellow Tartrazine

Kayanne Maria S. Santos, Lylían M. A. Lima, Tatiane S. Santos e Ângelo F. Pitanga

A pesquisa científica no Brasil agoniza

Temos vivido situações que deveriam levar as pessoas à reflexão sobre as escolhas que fizeram até aqui e o que pretendem para o futuro. No último mês de outubro, o governo federal e seus apoiadores no Congresso Nacional promoveram a retirada de 90% dos recursos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) que seriam destinados a bolsas e apoio à pesquisa. Pouco antes, pesquisadores de todo o país haviam submetido seus projetos ao Edital Universal do CNPq, o qual não era realizado desde 2018. Embora com novas regras que dificultaram a apresentação dos projetos, e limitaram os valores a serem distribuídos a cada centro de pesquisa a quantias praticamente irrisórias, ainda assim o Edital Universal cumpre importante papel, pois atende a todas as áreas do conhecimento. Caso os cortes anunciados no orçamento do MCTI não sejam revertidos, o esforço dos pesquisadores para cumprir as exigências do Edital terá sido em vão. Pior do que isso é a perspectiva de que não haverá condições para o prosseguimento de inúmeras e importantes linhas de pesquisa no país.

Além disso, deixaram de ser pagas em outubro as bolsas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e do Programa de Residência Pedagógica (RP), prejudicando cerca de 60 mil bolsistas. Trata-se de mais um duro golpe na formação dos futuros professores da Educação Básica. Mas não se pode esperar nada muito diferente de um governo cujo ministro da educação (aliás, um cargo atualmente de alta rotatividade), o pastor Milton Ribeiro, declarou, em um evento promovido por uma igreja, que o Brasil tem Universidades demais. O mesmo personagem já havia afirmado em entrevista que Universidade deveria ser “para poucos”.

Outro evento representativo do caráter dos governantes de momento foi o cancelamento da concessão da Medalha do Mérito Científico a dois pesquisadores da Fiocruz, dois dias após haver sido publicada em Diário Oficial. A concessão havia desagradado setores negacionistas e obscurantistas que sustentam o governo, pois um dos pesquisadores demonstrou a ineficácia da cloroquina para o tratamento da covid-19, e a outra promoveu políticas de saúde pública que incluíam a preocupação com pessoas transgênero. Em demonstração de dignidade, solidariedade e respeito – não apenas aos colegas, mas à própria ciência – outros 21 cientistas que receberiam a Medalha na mesma ocasião recusaram a honraria, e justificaram que não poderiam aceitá-la de quem “não apenas ignora a ciência, mas ativamente boicota as recomendações da epidemiologia e da saúde coletiva”.

Como o ridículo parece não conhecer limites, adicionou-se mais uma afronta: o atual ocupante da cadeira presidencial outorgou a si mesmo o mais alto título (Grão-Mestre) da Ordem Nacional do Mérito Científico. O absurdo, porém, apenas mantém a coerência com o discurso de um governo fundamentado na mentira. Até aqui, essa foi a escolha da sociedade brasileira. O que ela há de querer para o futuro?

Se o futuro é incerto, ao menos *Química Nova na Escola* mantém no presente seu compromisso em favor da educação e da ciência brasileiras, e apresenta aos leitores mais uma edição. Neste número, questões relativas à diversidade e educação para as relações étnico-raciais são abordadas de diferentes maneiras em

dois artigos. Em “O caso Alice Ball: uma proposta interseccional para o ensino de Química”, as autoras propõem uma sequência didática a partir da trajetória da cientista estadunidense Alice Ball. A inclusão das contribuições dos povos africanos no contexto do ensino é discutida no outro artigo, “Metalurgia do ferro em África: a Lei 10.639/03 no ensino de Química”. Tendo em vista a necessidade de aproximar o conhecimento escolar da realidade dos estudantes, utilizar temáticas relacionadas a alimentos pode ser uma boa estratégia. Três artigos nesta edição fazem referência a alimentos, sob enfoques bastante diversos. A discussão sobre agrotóxicos no ensino de química orgânica é focalizada no artigo “A invasão do agrotóxico na agricultura: abordagem para o estudo das funções orgânicas em perspectiva freireana da educação numa escola pública”. Uma proposta de atividade experimental que utiliza sucos de frutas é apresentada em “Atividade antioxidante de frutas cítricas: adaptação do método do DPPH para experimentação em sala de aula”. Outro experimento, desta vez utilizando um corante alimentício, é apresentado no artigo “Avaliando métricas em Química Verde de experimentos adaptados para a degradação do corante amarelo de tartrazina para aulas no Ensino Médio”. Ainda no campo da experimentação, diversas atividades com reagentes de baixo custo e com possibilidade de serem exploradas com viés investigativo são descritas em “Tintura de iodo como potencial reagente para a experimentação no ensino de Química”.

Outra estratégia que tem sido explorada com sucesso para engajar os jovens na aprendizagem de ciências é o uso de jogos, como se vê em dois artigos deste número. Ambos exploram o popular formato de jogos de tabuleiro, seja para o ensino de ligações químicas (“Iônico ou covalente? Dama Química como forma lúdica e interativa para o ensino de Química na Educação Básica”), seja para o ensino de geometria molecular (“GeomeQuímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de geometria molecular”). Para além da ciência escolar, os museus de ciências e outros espaços de exposição se constituem em importantes aliados da popularização da ciência e podem ajudar a ampliar a compreensão e o interesse pela Química. Uma pertinente iniciativa nesse sentido encontra-se descrita no artigo “Primo Levi e a divulgação da Ciência em materiais multimídia de uma exposição museográfica”. Finalmente, um tema que se encontra na ordem do dia desde a publicação da assim chamada *Base Nacional Comum – Formação* em 2019 também é tratado nas páginas que seguem. As dificuldades envolvidas no estabelecimento de um curso para formar professores de Química são objeto de reflexão em “Implantação e desenvolvimento do curso noturno de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará: trajetória, sentidos e (des)configurações da formação docente”. Como se vê, os desafios são grandes e as soluções não são simples. Cabe-nos não esmorecer.

Desejamos um ótimo proveito a todas as pessoas que nos prestigiam com sua leitura!

Paulo Alves Porto
Salette Linhares Queiroz
Editores de *QNEsc*



Primo Levi e a divulgação da Ciência em materiais multimídia de uma exposição museográfica

Carlos S. Leonardo Júnior, Luciana Massi, Luciane J. Palmieri e Rafaela V. Silva

A divulgação científica é um gênero com características próprias que visa ampliar a compreensão da Ciência pela população. A Química é pouco frequente em museus de ciências, excepcionalmente apresentada de forma lúdica e descontextualizada, sendo o uso da multimídia uma alternativa para aumentar a sua interatividade. Assim, construímos uma exposição museográfica sobre a vida e a obra de Primo Levi, químico, escritor, divulgador da Ciência e sobrevivente de Auschwitz, que apresenta uma concepção de Ciência interdisciplinar e contextualizada. Apresentamos e discutimos as seções “Tabela Periódica Interativa”, “Químico” e “Escritor”, que possuem aparelhos MP3 e um monitor com audiovisual, e o *website* da exposição. Utilizamos a linguagem hipertextual da multimídia para transpor a múltipla linguagem de Levi, de forma a aproximar o visitante do conteúdo científico por meio das sensações, da surpresa e da combinação de recursos audiovisuais.

► Primo Levi, divulgação científica, materiais multimídia ◀

Recebido em 15/09/2020, aceito em 19/02/2021

336

Os museus de ciências do século XXI estão cada vez mais comprometidos com o papel social e educacional da Divulgação Científica (DC), se reconfigurando para integrar suas exposições ao seu público (Valente *et al.*, 2005). Em relação ao conteúdo químico, este é um dos menos presentes nos museus de ciências devido à dificuldade de se organizar exposições interativas e seguras, à falta de infraestrutura e de recursos financeiros e à ausência de pessoas com formação específica para desenvolver as atividades (Steola e Kasseboehmer, 2018).

Nos levantamentos realizados por Palmieri e Silva (2017) e Frohlich (2019) sobre a divulgação da Química nos museus de ciências, os popularmente chamados “shows da Química” despertam a atenção do público devido ao seu apelo sensorial com cores e sons. Porém, é necessário romper com essas atividades práticas de caráter dogmático, simplista e positivista, que acabam “[...] corroborando uma visão equivocada do

Os materiais multimídia remetem ao uso de diferentes linguagens audiovisuais para comunicar uma mensagem. Segundo Arroio e Giordan (2006), o audiovisual carrega também elementos da cultura e suporta diferentes discursos que implicam na transmissão de diferentes mensagens.

conhecimento químico” (Frohlich, 2019, p. 122).

Concordamos com Colombo Jr. e colaboradores (2009) que a DC no espaço dos museus deve ser feita sem supervalorizar o caráter lúdico da experimentação, entendendo que esses ambientes não são parques de diversão da Ciência,

mas locais que visam despertar o interesse pelas áreas científicas e que buscam um diálogo sério com a sociedade.

Uma das alternativas que tem sido explorada é o uso da multimídia, que possibilita maior interação dos visitantes com a exposição e que pode ser compreendida de forma isolada ou dentro do contexto de todo o acervo expositivo (Bevilaqua *et al.*, 2013). Além de possibilitar maior riqueza de interação, a multimídia permite diferentes maneiras de visualização de alguns fenômenos com caráter explicativo e de forma segura no ambiente dos museus.

Os materiais multimídia remetem ao uso de diferentes linguagens audiovisuais para comunicar uma mensagem. Segundo Arroio e Giordan (2006), o audiovisual carrega também elementos da cultura e suporta diferentes discursos que implicam na transmissão de diferentes mensagens. Para Giordan (2005), a multimídia permite uma mescla de

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.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

elementos visuais, imagéticos, orais e escritos, que transmitem informações e representações, produzindo diferentes efeitos no processo de ensino-aprendizagem. As simulações, por exemplo, representam uma conjugação teórica e empírica de um fenômeno químico (Giordan, 2005).

Com o objetivo de ampliar o acesso e a visibilidade da Ciência para um público mais amplo, a DC tem se utilizado de diferentes recursos, dentre os quais se destaca a linguagem multimídia para comunicar essas informações (Escobar, 2018; Maciel, 2020). No entanto, como destacado por Arroio e Giordan (2006), a multimídia adquire as características e finalidades do tipo de discurso que está transmitindo; no caso, trata-se do gênero próprio do discurso da DC (Cunha e Giordan, 2015).

Inspirados na análise bakhtiniana, Cunha e Giordan (2015) definem os seguintes elementos constitutivos desse gênero: discussão sobre um tema único, concreto e histórico da Ciência e Tecnologia (conteúdo temático); emprego de metáforas, analogias, comparações, exemplificações e outros recursos lexicais (estilo); estabelecimento de relações dialógicas entre leitor e interlocutor por meio de procedimentos variados (forma composicional). Portanto, a DC é utilizada como forma de “tradução” do discurso científico por meio de recursos variados e intencionais. Neste artigo, discutimos os recursos multimídia como meios de transmissão desse discurso. Assim como os autores que discutem o discurso da DC, entendemos como discurso científico aquele próprio da comunidade científica, marcado por algumas características comuns: ausência de subjetividade; interdição à interpretação; e intertextualidade explícita (Coracini, 1991; Massi e Queiroz, 2019).

Diante dos motivos que serão expostos na próxima seção deste texto, apostamos na potencialidade da literatura de Primo Levi em divulgar a Ciência de forma diferenciada, e propusemos a elaboração de uma exposição museográfica sobre sua vida e obra composta por seis seções. Para este trabalho, temos como objetivo apresentar e discutir os conteúdos do discurso da DC e os recursos multimídia das seções “Tabela Periódica Interativa”, “Químico” e “Escritor” – por serem as seções da exposição que possuem esses recursos –, além do formato virtual da exposição em um *website*.

Exposição museográfica sobre a vida e a obra de Primo Levi

Primo Levi (1919-1987) foi um químico italiano de origem judaica, cuja história de vida foi marcada por uma experiência traumática na II Guerra Mundial: durante o ano de 1944, ele foi prisioneiro no campo de concentração de Auschwitz (Levi, 1994). O químico começou a escrever testemunhos da sua vida no campo, consolidando-se como escritor com o livro *É isto um homem?* (1947). Além de testemunhos, Levi escreveu romances, ensaios, contos e poemas, tornando-se também, e intencionalmente, um

divulgador da Ciência, principalmente com o livro *A Tabela Periódica*¹ (1975), que recebeu em 2006 o prêmio de “melhor livro popular de conteúdo científico de todos os tempos” pela Royal Institution of Great Britain (Maciera, 2019). A “profunda e vasta” cultura científica de Levi tem raízes nos livros que ele tinha acesso em casa – presenteados pelo pai –, na sua formação humanística no liceu e na universidade:

Em seus diversos ensaios e entrevistas, quando fala a respeito da ciência e de tudo o que a envolve, conseguimos depreender de suas palavras conhecimentos que vão além da química, passando pela física, pela astronomia, pela biologia e pelas inovações tecnológicas de sua época e de épocas anteriores. Obviamente, a vasta cultura científica e a frequente busca por atualização de seus conhecimentos influenciam de maneira decisiva toda a sua obra literária (Maciera, 2019, p. 97-98).

O autor ressalta que “Levi torna-se escritor não em contraste com sua formação científica, mas sim porque é um químico” (Maciera, 2009, p. 99); ou ainda, nas palavras de Levi: “escrevo justamente porque sou um químico: meu velho ofício em grande medida se transformou no novo” (Levi, 2016, p. 13). O “input híbrido”² de Levi, de linguagem científica e literária dialetal e interdisciplinar, também é fruto do renascimento e humanismo italiano da época e da sua condição de sobrevivente do Holocausto (Zuin, 2013).

A obra de Levi pode ser apropriada de diferentes maneiras e em diferentes níveis. Osorio e colaboradores (2007) e Gonçalves (2017) mostram exemplos de como trabalhar com *A Tabela Periódica* em contexto de ensino formal, focados nos conceitos químicos do capítulo “Potássio” e na potencialidade da obra no estudo interdisciplinar da experimentação, respectivamente. Destacamos que, para Levi, “a química é muito mais do que o simples aprendizado de uma disciplina ou o exercício de um ofício, é uma experiência de vida, que não pode ser separada do homem, que irá transformá-lo [...]” (Pinto Neto, 2008, p. 4). Logo, entendemos que a sua obra permite trabalhar e divulgar a Química de forma diferenciada, ou seja, indissociada de temáticas de cunho filosófico e humanístico.

Assim, em 2019, partimos do contexto de pesquisas de mestrado e doutorado e do oferecimento de um estágio para uma turma especial de licenciatura em Química para construir uma exposição museográfica sobre Primo Levi. Além disso, nesse mesmo ano, acontecia o centenário do nascimento de Levi e a comemoração do Ano Internacional da Tabela Periódica. Organizamos uma disciplina de estágio supervisionado³ em um curso de licenciatura em Química de uma universidade estadual paulista, voltada para a visita a museus e centros de ciências e para a construção da

[...] a DC é utilizada como forma de “tradução” do discurso científico por meio de recursos variados e intencionais. Neste artigo, discutimos os recursos multimídia como meios de transmissão desse discurso.

exposição em um museu de ciências vinculado à instituição.

Em outubro, inauguramos a exposição intitulada “Um quimiscritor no museu: ciência, literatura e direitos humanos com Primo Levi”⁴, composta por seis seções. “Tabela Periódica Interativa”: uma Tabela Periódica na qual alguns elementos químicos possuem gavetas; “Cronologia”: uma linha do tempo com quadros em uma parede; “Químico”: formação de Levi como químico e sua concepção acerca dessa Ciência; “Auschwitz”: a experiência traumática e desumanizadora de Levi no campo de concentração; “Mesa híbrida”: profissão híbrida do autor ilustrada por uma escrivaninha-bancada de laboratório; “Escritor”: a produção literária do autor e como ele se relacionava com a escrita. Vale

destacar que, embora cada seção seja focada em um aspecto da vida e da obra de Primo Levi, ambas se complementam no espaço da exposição, de tal forma que são indissociáveis.

As seções da exposição física que enfocaremos neste trabalho – “Tabela Periódica Interativa”, “Químico” e “Escritor” – possuem materiais multimídia interativos em monitor e aparelhos MP3. A seleção desses materiais foi realizada durante a disciplina da licenciatura considerando quais conteúdos seriam pertinentes para cada seção e, principalmente, como esses conteúdos poderiam ser abordados⁵. Para isso, os licenciandos assistiram a aulas sobre transposição museográfica (Simonneaux e Jacobi, 1997) e sobre a vida e a obra de Primo Levi, além de visitarem museus de ciências⁶. Concomitantemente, os alunos dividiram-se para ler as principais obras de Levi, o que lhes permitiu conhecer melhor os textos do autor e, assim, serem capazes de realizar a seleção dos materiais que correspondessem ao que se pretendia divulgar na exposição. Foram selecionados conteúdos químicos que são, de algum modo, trabalhados na literatura de Levi, e excertos que discutem, principalmente,

a Ciência e os direitos humanos. A seguir, apresentamos com mais detalhes os materiais multimídia das três seções da exposição física, e discutimos a exposição virtual disponível em *website*.

Tabela Periódica Interativa com imagens, textos e áudios

A Tabela Periódica, sem dúvida, é símbolo da Química e tem sido bastante explorada em propostas de apresentá-la mais interativa e mais relacionada com a esfera humana, como a exposição de César e colaboradores (2015). Nossa Tabela Periódica Interativa, construída com material MDF e medindo cerca de 1,80 m de altura, apresenta apenas os símbolos

dos elementos, sem os números atômicos e de massa e a classificação por cores em metais, semimetais, ametais etc. O intuito é mostrar para o visitante que não se trata de uma Tabela Periódica convencional de Mendeleiev e convidá-lo a explorá-la por meio de suas “gavetas-surpresas” e seu aparelho MP3 fixado na parede. Na Figura 1, apresentamos a área da seção que contém a Tabela.

A Tabela possui 40 gavetas, das quais 19 possuem um *card* com propriedades físico-químicas do respectivo elemento, bem como sua abundância e utilização, e 21 possuem um *card* com excerto do capítulo do livro *A Tabela Periódica* (Levi, 1994) referente ao elemento. No primeiro caso, os elementos foram definidos em conjunto pelos licenciandos, que também selecionaram nove dessas gavetas para conter uma amostra do elemento na sua forma elementar, levando em consideração a segurança e a possibilidade de obtenção. No segundo caso, os elementos referem-se aos 21 capítulos do livro, com excertos que evidenciam a relação dos elementos com os contos narrados por Primo Levi. Estes *cards* também trazem consigo um convite ao visitante para

A seleção desses materiais foi realizada durante a disciplina da licenciatura considerando quais conteúdos seriam pertinentes para cada seção e, principalmente, como esses conteúdos poderiam ser abordados.

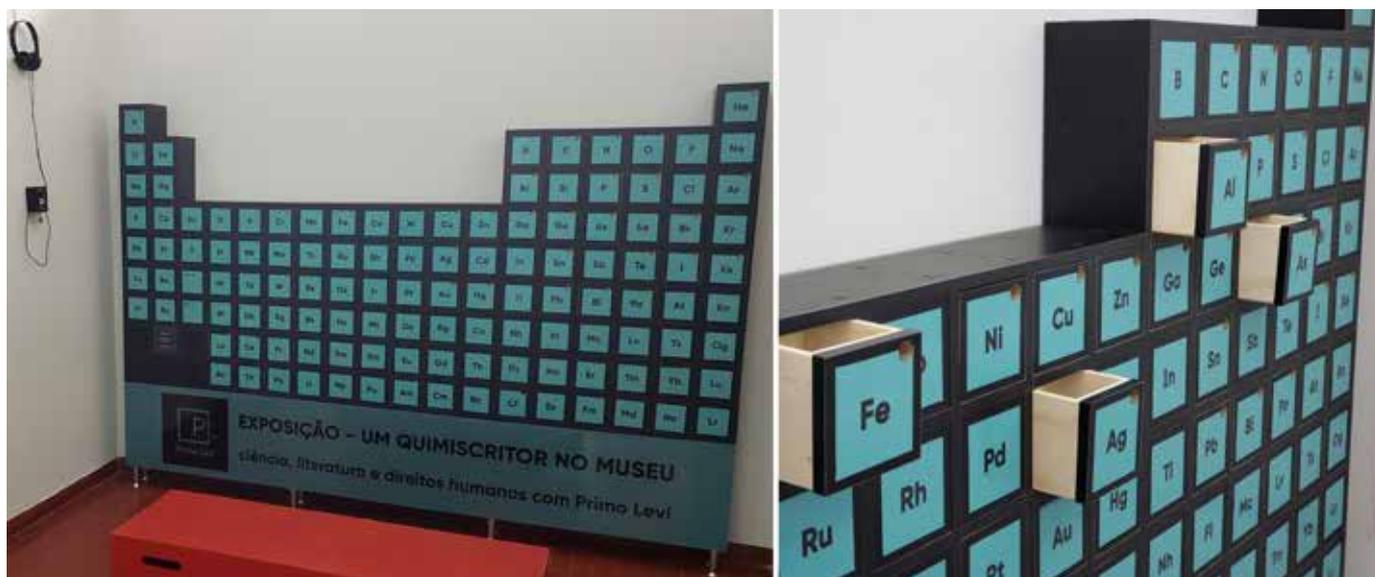


Figura 1: Tabela Periódica Interativa composta por gavetas e um aparelho MP3 com fone de ouvido. Fonte: elaboração própria.

ouvir a um determinado áudio no aparelho MP3 fixado na parede. Assim, mesclamos elementos visuais, sensoriais, escritos, imagéticos e orais (Giordan, 2005) para construir essa multimídia pautada no discurso da DC.

A proposta de mesclar gavetas contendo apenas as tradicionais informações físico-químicas do elemento com gavetas contendo a relação do elemento com a vida de Levi, é de, com a surpresa, o visitante conhecer como a Química está relacionada com a vivência humana, com sua criatividade, imaginação, figuras de linguagem e mesmo presente em momentos de luta e sofrimento, como a experiência no campo de concentração de Auschwitz. Com os capítulos-elementos, Levi procurou humanizar a Ciência com a intenção de “discorrer sobre os desafios de sua profissão que, metaforicamente, são os desafios do próprio ser humano diante da realidade que o cerca” (Maciera, 2019, p. 120). Os elementos químicos, com suas características ímpares, associados a contextos e lembranças, podem provocar sinestésias, assim como um dia de chuva, um livro, uma música.

Os cinco áudios do aparelho MP3, gravados por duas licenciandas, referem-se a excertos dos textos “A linguagem dos químicos I” e “A linguagem dos químicos II” do livro *Ofício alheio* (Levi, 2016). Esses textos se relacionam com a Tabela Periódica porque discorrem de forma direta ou indireta sobre os elementos, mas, principalmente, porque abordam a linguagem e a simbologia da Química. Destacamos, a seguir, uma parte do “Áudio 1” e uma parte do “Áudio 2”, respectivamente:

Ainda que seu ofício seja mais recente que o dos teólogos, dos enólogos ou dos pescadores, também os químicos, desde suas origens, sentiram a necessidade de ter uma linguagem específica. [...] Ora, a química não nasceu já pronta como Minerva, e sim laboriosamente, através de experimentos e erros pacientes, mas cegos, de três gerações de químicos que falavam línguas diversas [...] (Levi, 2016, p. 133).

Dizer que o açúcar comum é $C_{12}H_{22}O_{11}$, ou que o velho analgésico piramidone, tão caro aos exames médicos, é $C_{13}H_{17}ON_3$ não nos revela nada sobre a origem nem sobre os usos das duas substâncias, mas nos dá seu inventário. Trata-se de uma linguagem bruta, incompleta: quer dizer que, para construir uma molécula de piramidone são necessários treze átomos de carbono, dezessete de hidrogênio, um de oxigênio e três de azoto, mas não diz nada sobre a ordem ou sobre a estrutura em que aqueles átomos são ligados (Levi, 2016, p. 136).

A proposta de mesclar gavetas contendo apenas as tradicionais informações físico-químicas do elemento com gavetas contendo a relação do elemento com a vida de Levi, é de, com a surpresa, o visitante conhecer como a Química está relacionada com a vivência humana, com sua criatividade, imaginação, figuras de linguagem e mesmo presente em momentos de luta e sofrimento, como a experiência no campo de concentração de Auschwitz.

Os excertos narrados demonstram como Levi possui um estilo literário analítico e descritivo para divulgar a Ciência, aproximando-se, como observado por Maciera (2019, p. 111), de um relatório científico, explicativo, preocupado em “pôr ordem na desordem”, com uma linguagem clara e objetiva para “sistematizar a realidade através de sua narrativa”. Os excertos também refletem sua capacidade de trabalhar com conteúdos da DC de forma literária, “traduzindo” os discursos científicos por meio do tema de conteúdo científico (açúcar) ou do trabalho do cientista, pelo emprego de comparações (fórmulas moleculares como inventários; ofício de químico como trabalho com a linguagem e de comunicação), e estabelecimento de relações dialógicas com o leitor (dizer tal coisa não nos revela nada).

Como destacado anteriormente, existem algumas características do discurso científico (Coracini, 1991; Massi e Queiroz, 2019) que foram mais trabalhadas pelo autor nessa “tradução” e que são próprias do discurso de DC (Cunha e Giordan, 2015). Um exemplo é a ruptura com a ausência de subjetividade por meio do diálogo direto com o leitor, que caracteriza a forma composicional do discurso de DC de estabelecimento de relações dialógicas entre leitor e interlocutor. Outro exemplo é a superação da interdição à interpretação com a explicação de jargões científicos, caracterizando o estilo do discurso da DC pelo emprego de metáforas, analogias e comparações.

Primo Levi escritor com estante de livros e áudio-narrações

A estante de madeira está localizada na seção “Escritor” e possui os principais livros de Levi traduzidos para o português. Acompanhada de alguns bancos, permite que os visitantes possam realizar a leitura de forma mais confortável; além disso, os livros possuem indicação de excertos em páginas demarcadas, o que facilita o direcionamento para alguns pontos que julgamos pertinentes para a exposição. Junto aos livros, há materiais que simulam um jornal do futuro com base em alguns contos de ficção científica de Levi, e um aparelho MP3 com fone contendo 16 áudios, acompanhado de uma cartela que indica a qual obra o excerto de cada áudio se refere. Como na seção anterior, exploramos elementos visuais, sensoriais, escritos e orais, adotando a linguagem multimídia na interface entre conteúdos digitais e físicos. Na Figura 2, apresentamos a área da seção que contém a estante.

A escolha por uma mediação com a produção literária de Levi também pela audição é inspirada em outras exposições (Bevilaqua *et al.*, 2013) e é intencional, pensada a partir do público, uma vez que “A concorrência pela atenção das

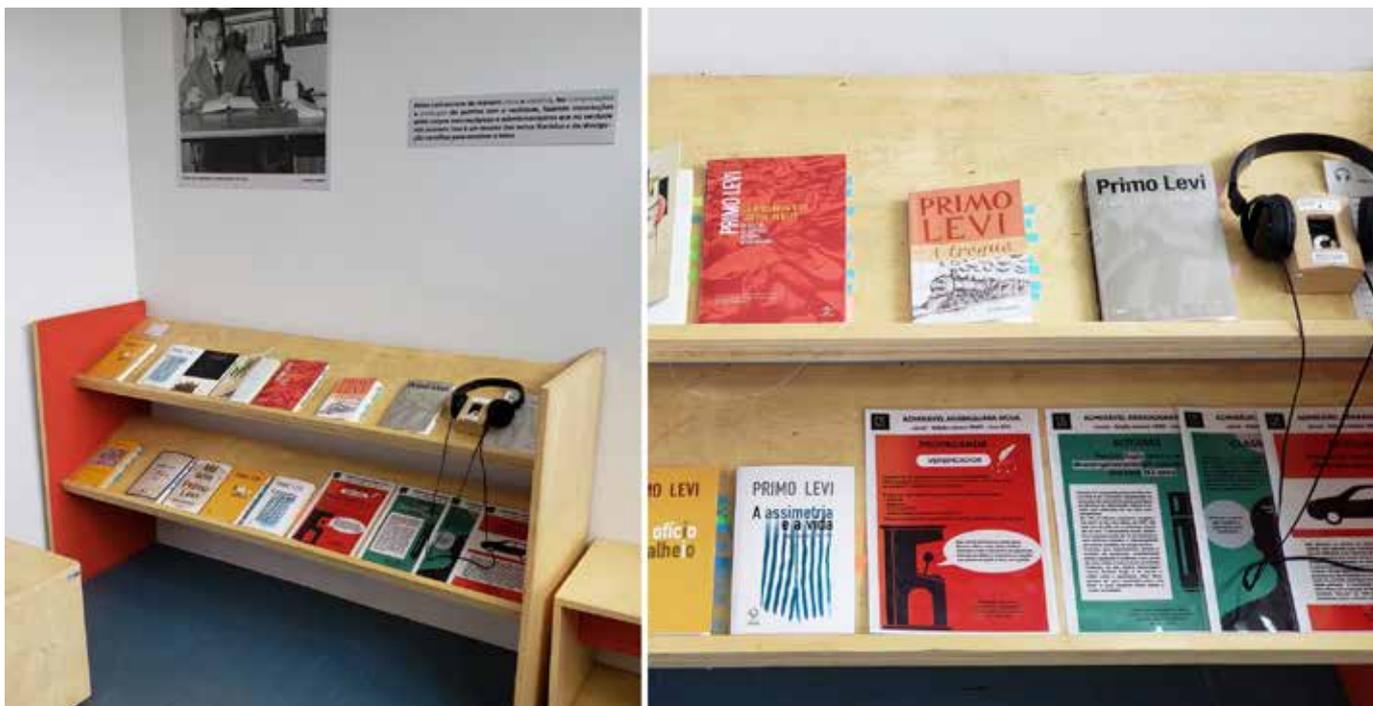


Figura 2: Estante com livros da seção “Escritor” acompanhada de um aparelho MP3 e fone de ouvido. Fonte: elaboração própria.

“pessoas no mundo digital é feroz [...]” (Escobar, 2018, p. 35). Cabe destacar que não existe uma única formatação para a DC, devido à diversidade de seu público e ao tipo de veículo no qual é apresentada, como as multimídias interativas (Cunha e Giordan, 2015). A partir de Bevilaqua e colaboradores (2013, p. 1115), entendemos que a possibilidade de escolha por uma ampla quantidade de excertos, em dois formatos distintos – áudio (narrações) e visual (textos em páginas demarcadas) –, possui “o potencial de estimular o engajamento, a curiosidade e a criatividade do público e de estimular professores e educadores a usar esses recursos dentro de ambientes de educação”.

Primo Levi químico com narrações audiovisuais e animações químicas

O monitor com audiovisual interativo está localizado na seção “Químico” acompanhado por *mouse* e fone de ouvido. Por meio do seu menu, o visitante pode acessar os conteúdos químicos sobre: polimerização; calorías; combustão; odores; substâncias da guerra. Ao escolher um desses conteúdos, o visitante é direcionado a uma página contendo um ou dois vídeos explicativos sobre aquele assunto acompanhado de um excerto da obra de Levi que discute ou que se relaciona com o conteúdo. Os graduandos pesquisaram por vídeos no *Youtube* que abordam esses conteúdos com animações, simulações e infográficos.

Tomaremos como exemplo a página referente à polimerização, composta por dois vídeos, que contêm representações

submicroscópicas de polímeros e uma narração sobre a química e a utilização desses compostos, e pelo excerto de um conto apresentado a seguir:

[...] *tudo vai bem enquanto uma molécula se liga a outra molécula como se cada uma só tivesse duas mãos: mais que uma corrente, um rosário de moléculas, talvez longo, mas nada além disso. Entretanto é preciso sempre lembrar que, entre tantas moléculas, há também as de três mãos, e esse é o ponto mais delicado. Aliás, essa terceira mão é posta de propósito: é aquela que deve agarrar depois, quando nós queremos, e não quando elas desejam. Se essas mãos agarram muito rápido, cada rosário se liga a outros dois ou três rosários, e logo se forma uma única molécula, uma molécula-monstro, do tamanho do reator, e aí tudo está perdido: adeus ao ‘tudo escorre’, tudo endurece e não há mais nada a fazer* (Levi, 2005, p. 486).

O monitor com audiovisual interativo está localizado na seção “Químico” acompanhado por *mouse* e fone de ouvido. Por meio do seu menu, o visitante pode acessar os conteúdos químicos sobre: polimerização; calorías; combustão; odores; substâncias da guerra.

No excerto, verificamos o uso de figuras de linguagem por Levi, como a metáfora, ao comparar o processo de polimerização ao de formação de um rosário, além de atribuir mãos às moléculas. Entendemos que, na linguagem da DC e no contexto de um espaço

não formal, essas comparações são permitidas, o que seria diferente em um contexto de ensino-aprendizagem, no qual se deve ter cautela com os obstáculos epistemológicos. De acordo com Cunha e Giordan (2015, p. 72), o discurso da DC está ligado ao interlocutor e às ideologias das esferas

nas quais o conhecimento circula; assim, a maior ou menor utilização de “metáforas, comparações, exemplificações, juízos de valor, é definida tendo em vista o interlocutor e tem a função de trazê-lo para dentro do texto, envolvendo-o no fato”. Dessa forma, com recursos expressivos da literatura, Levi faz os enunciados da DC dialogarem com o discurso científico, aproximando-o do cotidiano de um visitante menos informado.

Os vídeos associados ao excerto intensificam o envolvimento do conteúdo científico com o leitor, pois “partem do concreto, do visível, do imediato, próximo, que toca todos os sentidos. Mexem com o corpo, com a pele, as sensações e os sentimentos [...]” (Arroio e Giordan, 2006, p. 9).

Além disso, optamos por dublar os vídeos de língua estrangeira em vez de utilizar as legendas disponíveis. De acordo com Giordan (2005), pautado em outros estudos, animações associadas a áudios exigem menos recursos da memória de curto prazo – responsável por armazenar e manipular informações temporárias – do que as animações associadas a representações verbais por meio de textos, como as legendas.

Com a exposição, também é nosso objetivo divulgar, com os testemunhos de Levi, as contradições do desenvolvimento científico. Assim, a página referente às substâncias químicas utilizadas na guerra possui um vídeo com narração acerca de agentes neurotóxicos utilizados nas grandes guerras, acompanhado do excerto abaixo:

Quando todos entravam na câmara de gás, as portas eram fechadas [...] e, pelas válvulas do teto, soltava-se um preparado químico em forma de pó grosseiro, de cor cinza-azulada, contido em latas, cujo rótulo especificava “Zyklon B – Para a destruição de todos os parasitas animais” e apresentava a marca de uma fábrica de Hamburgo. Tratava-se de um preparado de cianureto, que se evaporava a determinada temperatura (De Benedetti e Levi 2015, p. 38).

Observamos que a denúncia que Levi faz do maquinário monstruoso do nazismo mostra a sua preocupação em refletir sobre a condição humana e o significado cultural e político de Auschwitz, chegando a associar a história do campo a um buraco negro porque ela está sendo banalizada, distorcida e esquecida pelas novas gerações devido a uma “força” (Zuin, 2013). Sua articulação interdisciplinar com os direitos humanos é intencional, afinal, um discurso não existe por si só e está sempre dirigido a alguém, faz parte de um ato de enunciação, no qual o divulgador da Ciência, no caso Primo Levi, deixa transparecer a sua interpretação acerca da Ciência (Cunha e Giordan, 2015). O negacionismo, que tem se estabelecido gradativamente na sociedade, parte de

“uma redução do número de vítimas, para uma conseguinte relativização do caráter nefasto do Holocausto para, daí sim, a defesa da idéia da inexistência das câmaras de gás, do uso de Zyklon-B ou mesmo do programa de eliminação de ‘indesejáveis’ ao nazismo” (Caldeira Neto, 2009, p. 1108). Assim, os testemunhos de Levi atuam como força contrária ao negacionismo, o que justifica a potencialidade da sua obra em discutir sobre a natureza da Ciência de forma ampla, filosófica e humanística.

Exposição virtual sobre Primo Levi: um novo formato

Em 2020, optamos por também criar um espaço virtual para a exposição devido à pandemia causada pelo novo coronavírus

(SARS-CoV-2) e às regras e orientações de distanciamento social. Dessa forma, também podemos atingir um público mais amplo. Trata-se de uma iniciativa que temos percebido em outros museus e centros de ciências, como a Ciência na Quarentena organizada pela Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências (ABCMC), que tem divulgado atividades *on-line*⁷. Além disso, como parte do material da nossa exposição física é multimídia, conforme apresentado neste trabalho, entendemos que seria propício disponibilizá-la na internet, com os devidos ajustes a fim de manter as seis seções.

É importante salientar que cada formato, físico e virtual, possui uma forma distinta de interação e mediação e um não substitui o outro. O ambiente virtual, que é multimídia, possui uma “suavização das interfaces de comunicação usuário-computador, simplificada pela ‘linguagem estruturada de hipertexto’” (Giordan, 2005, p. 293), e as estruturas e significados dos conteúdos científicos transpostos são organizados levando em consideração a integração de forma hipertextual (Bevilaqua *et al.*, 2013). Esse ambiente potencializa o uso e o formato da infografia multimídia; na exposição virtual, temos como exemplo de infografia a Tabela Periódica Interativa, que associa imagem, som e texto na mesma unidade informativa (Maciel, 2015). Destacamos ainda que a exposição virtual não conta com um mediador e as orientações e explicações são substituídas, no caso, por textos explicativos e sumários. A exposição virtual pode ser acessada pelo *link*: <https://sites.google.com/unesp.br/quimiscritor>.

Conclusão

Divulgar a Ciência vai além de apenas “traduzir” o discurso científico para o público. Divulgar Ciência também é apresentar concepções sobre a sua natureza e de que forma ela se relaciona com a sociedade. Portanto, entendemos que nem todo material é adequado para divulgar uma Ciência interdisciplinar e humanística, uma vez que seus autores podem não apresentar essa concepção, acarretando uma transposição

Os vídeos associados ao excerto intensificam o envolvimento do conteúdo científico com o leitor, pois “partem do concreto, do visível, do imediato, próximo, que toca todos os sentidos. Mexem com o corpo, com a pele, as sensações e os sentimentos [...]” (Arroio e Giordan, 2006, p. 9).

forçada e limitada. Assim, ao planejar e construir uma exposição museográfica sobre Primo Levi, apostamos no potencial da sua obra, que divulga uma Ciência mais ampla – com possibilidades de discussões filosóficas e humanísticas –, não salvacionista, interdisciplinar, indissociada da criatividade e da imaginação de um cientista e que aborda questões atuais e pertinentes como a dos direitos humanos. Portanto, nossa exposição possui elementos do que seria uma alternativa à problemática discutida por alguns trabalhos, ou seja, trata-se da organização de uma ação educativa mais interativa, segura, de menor gasto financeiro e que não supervaloriza o lúdico, desvinculando a imagem dos museus de ciências a parques de diversão (Valente *et al.*, 2005; Colombo Jr. *et al.*, 2009; Steola e Kasseboehmer, 2018). Ademais, o uso de material multimídia foi um veículo eficaz para transpor a literatura de Levi, que também é composta de múltiplas linguagens, o que enriquece as formas de interação dos visitantes com o conteúdo científico (Cunha e Giordan, 2015; Arroio e Giordan, 2006). Convidamos os leitores a visitá-la e a se inspirarem nessa iniciativa.

Notas

¹O livro tem como tema principal a Química e o trabalho do químico e é dividido em 21 capítulos que receberam o nome de elementos químicos. O enredo de cada capítulo tem relação com o elemento químico que o intitula: a maioria dos capítulos têm inspiração autobiográfica, nos quais Levi explicita a sua própria relação com essa Ciência, fora e dentro do campo de concentração, enquanto outros capítulos são mais fantasiosos, mais fictícios. Alguns desses contos fictícios foram escritos antes mesmo do autor ser preso em Auschwitz.

²Expressão utilizada por Primo Levi em sua antologia pessoal *La ricerca delle radici* (1981), que remete ao conjunto diversificado de autores que mais contribuíram para a sua formação intelectual, para os seus interesses científicos e humanísticos, e que influenciaram, por conseguinte, a sua escrita híbrida.

³A disciplina anual “Estágio Curricular Supervisionado VI” fez parte da antiga estrutura curricular (2009) do curso de licenciatura em Química do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/Araraquara). Teve como principal objetivo oferecer aos licenciandos uma atuação crítica e reflexiva sobre as possibilidades de ações educativas para o ensino de Química em museus de ciências. Foi ofertada com caráter de turma especial a sete licenciandos, realizada aos sábados, com carga horária total de 120 horas.

⁴O termo “quimiscritor” foi criado por Carlos Sérgio Leonardo Júnior. De acordo com o autor, trata-se de um neologismo com o seguinte significado: Aquele que exerce a integração entre a Química e a Literatura de tal forma que se torna impossível dissociá-las, pois deixam de ser partes de um todo e passam a ser o próprio todo, como as ligações entre os carbonos de uma molécula de benzeno, que não são

simples e não são duplas, mas algo híbrido resultante, ou ainda como um centauro, que não vive como humano nem como cavalo, mas vive de uma maneira que só os centauros sabem.

⁵A seleção foi realizada tomando como eixo condutor a vida e a obra de Primo Levi. De maneira coletiva, os licenciandos selecionaram conteúdos que lhes despertaram a atenção por expressarem uma relação mais explícita da Ciência/Química com a vida, a filosofia, a criatividade e com a desumanização, pensando em meios de expressar essa abordagem híbrida nos objetos expositivos e nos materiais multimídia.

⁶As visitas fizeram parte do estágio de observação com o objetivo dos licenciandos conhecerem algumas instituições museais e identificar as possíveis relações entre o museu e a escola e a divulgação da química nesses espaços. Os licenciandos visitaram quatro museus de ciências: Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP); Museu de Arqueologia e Paleontologia de Araraquara (MAPA); Centro de Ciências de Araraquara (CCA); Catavento Cultural.

⁷Página do Facebook da ABCMC: <https://www.facebook.com/centrosemuseusdeciencia>.

Carlos Sérgio Leonardo Júnior (carlos.leonardo@unesp.br), licenciado em Química pelo Instituto de Química da UNESP. Mestrando em Educação para a Ciência na Faculdade de Ciências da UNESP. Bauru, SP – BR. **Luciana Massi** (luciana.massi@unesp.br), doutora em Ensino de Química pela USP, licenciada em Química pela UNESP e mestre em ciências pela USP. Atua como docente da Faculdade de Ciências e Letras da UNESP e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da UNESP. Bauru, SP – BR. **Luciane Jatobá Palmieri** (lujpal@gmail.com), licenciada em Química e mestre em Educação em Ciências pela UFPR. Doutoranda em Educação em Ciências na UFPR. Curitiba, PR – BR. **Rafaela Valero da Silva** (rafaela.valero@unesp.br), licenciada em Química pelo Instituto de Química da UNESP e mestre em Educação para a Ciência na Faculdade de Ciências da UNESP. Bauru, SP – BR.

Referências

- ARROIO, A. e GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 8-11, 2006.
- BEVILAQUA, D. V.; OLIVEIRA, T. M. N.; ARAÚJO, J. S.; SOUZA, E. O. R. e MANO, S. Ilusões Virtuais: Desenvolvimento e avaliação de um multimídia para museus. In: Congresso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica, 19., 2013, Zacatecas. *Anais [...]* Zacatecas: REDPOP, 2013, p. 1113-1124.
- CALDEIRA NETO, O. Memória e justiça: o negacionismo e a falsificação da história. *Antíteses*, v. 2, n. 4, p. 1097-1123, 2009.
- CÉSAR, E. T.; REIS, R. C. e ALIANE, C. S. M. Tabela Periódica Interativa. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 3, p. 180-186, 2015.
- COLOMBO Jr., P. D.; AROCA, S. C. e SILVA, C. C. Educação em centros de ciências: visitas escolares ao observatório astronômico do CDCC/USP. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 1, p. 25-36, 2009.
- CORACINI, M. J. *Um fazer persuasivo: o discurso subjetivo*

da ciência. Campinas: Editora Pontes, 1991.

CUNHA, M. B e GIORDAN, G. A divulgação científica na sala de aula. In: CUNHA, M. B e GIORDAN, G. (org.). *Divulgação Científica na sala de aula*. São Paulo: Ed. Unijui, 2015. p. 67-85.

DE BENEDETTI, L. e LEVI, P. Relatório sobre a organização higiênico-sanitária do campo de concentração para judeus de Monowitz (Auschwitz - Alta Silésia). In: LEVI, P.; DE BENEDETTI, L. *Assim foi Auschwitz: testemunhos 1945-1986*. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. p. 11-40.

ESCOBAR, H. Divulgação científica: faça agora ou cale-se para sempre. In: VOGT, C.; GOMES, M. e MUNIZ, R. (orgs.). *ComCiência e divulgação científica*. Campinas, SP: BCCL/ UNICAMP, 2018. p. 31-36.

FROHLICH, F. C. C. *O conhecimento químico nos museus de ciências do Estado do Paraná*. 2019. 144 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

GASPAR, A. Museus e Centros de Ciências. In: ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J. e CALDEIRA, A. M. de A. (orgs.). *Divulgação científica e ensino de Ciências: estudos e experiências*. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 141-189.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

GONÇALVES, F. P. Experimentação e literatura: contribuições para a formação de professores de Química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2, p. 93-100, 2014.

LEVI, P. *A Tabela Periódica*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1994.

LEVI, P. *71 contos de Primo Levi*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

LEVI, P. *O ofício alheio*. São Paulo: Editora Unesp, 2016.

MACIEL, R. S. Infografia multimídia como objeto de divulgação científica. In: Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online, v. 4, n. 1, 2015, [S.l.]. *Anais [...]*.

MACIERA, A. C. Primo Levi: a química entre literatura e ciência. *Caderno de Letras*, n. 34, p. 89-126, 2019.

MASSI, L. e QUEIROZ, S. L. Aspectos da natureza da ciência presentes no discurso científico: investigando os efeitos de sentido da linguagem científica. *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)*, n. 46, p. 101-121, 2019.

OSORIO, V. K. L.; TIEDEMANN, P. W. e PORTO, P. A. Primo Levi and The periodic table: teaching chemistry using a literary text. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 5, p. 775-778, 2007.

PALMIERI, L. J. e SILVA, C. S. Museus de ciências e o ensino de química: análise sobre a produção acadêmica em periódicos e eventos. *Revista Debates em Ensino de Química (REDEQUIM)*, v. 3, n. 2, p. 70-92, 2017.

PINTO NETO, P. C. A Química segundo Primo Levi. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 14., 2008, Curitiba/PR. *Anais [...]* Curitiba: UFPR/DQ, 2008, p. 1-8.

SIMONNEAUX, L. e JACOBI, D. Language constraints in producing prefiguration posters for scientific exhibition. *Public Understanding of Science*, v. 6., p. 383-408, 1997.

STEOLO, A. C. S. e KASSEBOEHMER, A. C. O espaço da química nos centros e museus de ciências brasileiros. *Química Nova*, v. 41, n. 9, p. 1072-1082, 2018.

VALENTE, M. E.; CAZELLI, S. e ALVES, F. Museus, ciência e educação: novos desafios. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, v. 12, p. 183-203, 2005.

ZUIN, J. C. S. Um autorretrato de Primo Levi. As raízes literárias da narrativa de Auschwitz. *Revista de Ciências Sociais*, v. 44, n. 2, p. 216-242, 2013.

Abstract: *Primo Levi and Science dissemination in multimedia materials of a museum exhibition.* Science dissemination is a genre with its own characteristics that aims to broaden the population's understanding of Science. Chemistry is not often explored in science museums, exceptionally represented in a playful and decontextualized way, and the application of multimedia is an alternative to increase its interactivity. Thus, we built a museum exhibition about the life and oeuvre of Primo Levi, a chemist, writer, Science disseminator and survivor of Auschwitz, who provides an interdisciplinary and contextualized vision of Science. We present and discuss the sections "Interactive Periodic Table", "Chemist" and "Writer", which have MP3 players and a monitor with audiovisual, and the exhibition website. We use the multimedia's hypertextual language to transpose Levi's multiple language, in order to bring the visitor closer to scientific content through sensations, surprise and the combination of audiovisual resources.

Keywords: Primo Levi; Science dissemination; Multimedia materials.

Implantação e desenvolvimento do curso noturno de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará: trajetória, sentidos e (des)configurações da formação docente

Wanderson D. A. Silva e Claudia Christina B. S. Carneiro

Neste estudo são apresentados acontecimentos históricos sobre a criação e implantação do curso noturno de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará, considerando os direcionamentos dados à formação de professores de Química para a educação básica. A partir da adoção da pesquisa documental e da história oral, foi possível verificar que o curso foi criado mais com a intenção de proteger a modalidade bacharelado do que melhorar a formação de professores de Química no Estado. Espelhada no currículo do bacharelado, a licenciatura noturna, apesar de avanços mínimos, pouco conseguiu se estruturar com uma identidade profissional própria para fomentar, com mais qualidade, a formação de professores de Química. Trata-se de uma situação, em grande parte, gerada a partir dos seus próprios formadores que têm, hegemonicamente, formação bacharel direcionada à pesquisa química dissociada de preocupações quanto ao ensino.

► formação de professores, identidade docente, licenciatura em Química ◀

Recebido em 02/09/2020, aceito em 13/04/2021

344

A constituição e organização dos cursos de formação de professores no Brasil têm sido um problema amplamente discutido devido ao seu histórico de desprestígio social, acadêmico e econômico, contribuindo para a baixa adesão aos cursos de licenciatura. Sua estruturação, baseada geralmente na racionalidade técnica, configura-se como uma das razões para os problemas que não serão solucionados a curto prazo. Especificamente na Química, essa racionalidade, sempre presente, concebe o professor como transmissor de informações, desconsiderando a complexidade da docência, geralmente pautando-se na memorização e repetição de fórmulas e cálculos.

Essa estrutura é semelhante à da formação de bacharéis, mas com vestígios de teorias pedagógicas que pouco ou em nada se articulam com os conhecimentos químicos (Maldaner, 2013). É uma realidade pensada como suficiente pelo Estado, por instituições formadoras, por professores formadores e/ou por outros sujeitos, mas que foge das reais necessidades socioformativas da docência.

Ainda que mudanças positivas venham ocorrendo nos cursos de licenciatura em Química, esse modelo de formação tecnicista tem preocupado bastante a comunidade de Educação Química, pois tem fundamentado, de forma frágil, as bases da docência (Lôbo e Moradillo, 2003).

Ainda que mudanças positivas venham ocorrendo nos cursos de licenciatura em Química, esse modelo de formação tecnicista tem preocupado bastante a comunidade de Educação Química, pois tem fundamentado, de forma frágil, as bases da docência (Lôbo e Moradillo, 2003). A manutenção

desse cenário é fomentada pelas concepções epistemológicas dos seus formadores, pois nelas alicerçam seu ato docente e dos seus alunos que, de alguma forma, acabam reproduzindo essas concepções na construção de sua identidade profissional docente, que “não é somente constructo de origem idiossincrática, mas fruto das interações sociais complexas nas sociedades contemporâneas e expressão sociopsicológica que interage nas aprendizagens, nas formas cognitivas, nas ações dos seres humanos” (Gatti, 1996, p. 86).

Mesquita e Soares (2011), ao estudarem alguns aspectos históricos das licenciaturas em Química, constataram que sua construção e desenvolvimento partiram de condicionantes diversos, resultando em aproximações e distanciamentos das necessidades formativas da docência. A expansão desses cursos se deu pela necessidade de profissionais qualificados para suprir o aumento de matrículas de alunos na educação básica pública e pela iniciativa do Estado em criar mecanismos de não

A seção “Espaço Aberto” visa abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

se responsabilizar com a formação docente, terceirizando-a para instituições privadas sob a lógica de políticas neoliberais. Contudo, segundo os autores, esse aumento quantitativo não significou aumento da qualidade da formação.

Neste cenário, em especial na década de 1990, foram criados diversos cursos noturnos de licenciatura nas universidades públicas brasileiras que, segundo o discurso do Ministério da Educação (MEC), aproveitaria melhor os seus espaços físicos à noite e possibilitaria maior ingresso de pessoas ao ensino superior. Assim, em 1995, foi criada a Licenciatura noturna em Química da Universidade Federal do Ceará (UFC). Contudo, sua história com a formação de professores antecede esse período, pois havia a licenciatura diurna articulada ao bacharelado, criada em 1962, e com identidade própria pouco estruturada, representando os primeiros cursos de formação de professores de Química do Estado do Ceará. Não diferente dos demais cursos do país, a antiga licenciatura diurna estruturava-se sob o esquema 3+1, com as disciplinas pedagógicas cursadas um ano após as disciplinas de conteúdo específico da área de Química.

Em pesquisa mais completa, que culminou em uma dissertação de mestrado (Silva, 2020), verificou-se que foram vários os condicionantes que forjaram esse desmembramento, sobretudo a busca pelo aumento da qualidade do bacharelado, também existindo tentativas, ainda que mínimas, de conceber uma licenciatura com uma identidade própria e menos dependente do bacharelado. Neste artigo, porém, será apresentada apenas parte dos dados com os principais acontecimentos históricos que permitem visualizar os motivos da criação da Licenciatura noturna em Química na UFC e os direcionamentos dados ou não à formação docente.

O estudo teve como questionamento: o curso noturno de Licenciatura em Química da UFC, em sua trajetória, apresenta aspectos que levem à construção de uma identidade profissional docente? A pesquisa qualitativa, narrativa e analítica, teve como instrumentos investigativos a pesquisa a documentos e entrevistas de História Oral (Alberti, 1990; Meihy, 2002). Considerando se tratar do desvelar da história não escrita de um curso na busca de aspectos que mostrem a construção de um caráter identitário, é apresentado um diagnóstico de sua constituição, revelando lacunas, caminhos, descaminhos e trazendo personagens e fatos que se destacaram. Serão sugeridas, também, propostas alternativas que favoreçam pensar um currículo e práticas para a construção de uma identidade profissional do professor de Química.

Procedimentos metodológicos

Este estudo qualitativo envolve elementos com a finalidade de narrar a história de um determinado acontecimento social (Zanette, 2017). Foram adotadas como instrumentos

a pesquisa documental e a história oral (HO), considerando que sua junção permitiria revelar um conjunto maior de informações importantes sobre a história do curso pesquisado para um melhor entendimento da sua relação com a formação docente.

Conforme Cellard (2008), a utilização de documentos possibilita agregar uma dimensão temporal ao estudo, consistindo em um exame de materiais escritos que ainda não foram analisados, ou que podem sofrer novas análises, objetivando outras interpretações e informações. Os documentos auxiliam a compreensão de um acontecimento, especialmente quando se busca analisar as implicações desse passado sobre o presente. Por indicar aspectos ainda pouco explorados em determinados casos, pode-se recorrer a outros elementos metodológicos para análise mais profunda.

Adotando-se a HO, entende-se que os interlocutores que vivenciaram determinado acontecimento merecem ser ouvidos, pois suas trajetórias contêm traços para o seu entendimento, possibilitando recuperar aspectos

Adotando-se a HO, entende-se que os interlocutores que vivenciaram determinado acontecimento merecem ser ouvidos, pois suas trajetórias contêm traços para o seu entendimento, possibilitando recuperar aspectos importantes do que foi vivenciado a partir de sua concepção (Alberti, 1990).

importantes do que foi vivenciado a partir de sua concepção (Alberti, 1990). Assim, utilizou-se a modalidade de HO temática, que busca “[...] a verdade de quem presenciou um acontecimento ou que pelo menos dele tenha alguma versão discutível ou contestatória” (Meihy, 2002, p. 146).

O estudo ocorreu na Universidade Federal do Ceará, no curso noturno de Licenciatura em Química, e seguiu as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com parecer de número 3.710.975. Para a geração de dados, em um primeiro momento buscou-se documentos escritos que narrassem acontecimentos sobre o curso. Por não haver um acervo digital, os documentos foram separados, organizados por data e fotocopiados para análise posterior.

Na coordenação do curso, no Departamento de Química Orgânica e Inorgânica (DQOI) da UFC, encontrou-se grande quantidade de documentos (monografias, resoluções, diretrizes, ofícios, memorandos, atas de reuniões, editais de fomento ao ensino e pesquisa, relatórios de pesquisas, pareceres, propostas, recursos, dentre outros), mas apenas uma pequena parte relacionava-se à Licenciatura e sua história. Os 55 documentos encontrados datam de 1958 a 2018. Outros 13 documentos faziam parte do acervo pessoal de ex-professoras do curso e que também participaram da pesquisa.

Em um segundo momento, partiu-se para as entrevistas de HO com professoras do curso que, após transcritas, originaram documentos que complementaram o estudo. Adotou-se a entrevista reflexiva na busca pela reflexão sobre a narrativa das entrevistadas, sendo o entrevistador seu agente de expressão “[...] tanto porque leva em conta a recorrência de significados, [...] quanto pela busca de horizontalidade” (Szymanski, 2011, p. 15). A entrevista baseou-se em uma

única questão desencadeadora para provocar as falas das interlocutoras quanto a trajetória como professoras do curso, sendo flexível para contemplar suas experiências. Para Szymanski (2011), o objetivo é revelar um primeiro arranjo narrativo de experiências, direcionando-as, podendo surgir outras perguntas no seu decorrer, se necessário. As entrevistas foram gravadas em áudio, transcritas e retornaram às entrevistadas para possível alteração e validação.

Participaram da pesquisa três professoras (uma em atividade e duas aposentadas), que obedeceram aos critérios de terem vivenciado a criação e implantação do curso e aceitado participar do estudo. As entrevistas duraram, em média, sessenta minutos cada. As professoras estão identificadas por nomes fictícios em alusão a químicas negras que contribuíram significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico desta ciência. Os dados, inerentes à história do curso, serão apresentados cronologicamente.

Entendendo as origens

A atual Universidade Federal do Ceará foi criada inicialmente como Universidade do Ceará (UC), sediada na cidade de Fortaleza, a partir da lei nº 2.373, de 16 de dezembro de 1954, mediante a junção da Faculdade de Direito (1946), Faculdade de Farmácia e Odontologia (1950), Escola de Agronomia (1950) e Faculdade de Medicina do Ceará (1951). Sua federalização deu-se em 1965, sendo a primeira universidade federal do Estado. Como ciência, a Química foi inserida na UFC por meio dos seus primeiros cursos nas áreas de Saúde e Agronomia, se expandindo a partir de então. Por não haver necessidade de professores de Química nos moldes atuais, os docentes eram profissionais diversos e sem formação específica em Química.

Com um currículo considerável em estudos químicos, à semelhança da Escola Nacional de Agronomia, a Escola de Agronomia (EA) da UC abrangia os laboratórios de Química da universidade. A atuação do professor Manuel Mateus Ventura, engenheiro agrônomo pela EA/UC, destacou-se nesse cenário quando passou a integrar o seu corpo docente em 1946, sendo o responsável pela cadeira de Química Agrícola. Conforme descrito pela Revista de Química Industrial (2018, p. 21),

Os fundamentos de Química Orgânica na Escola de Agronomia até então eram ministrados em caráter puramente descritivo e modificou totalmente o seu conteúdo, esforçando-se para desenvolver, além da atividade didática, atividades de pesquisa na qual deveriam ser dados também os fundamentos de Bioquímica de Plantas. Sua indicação para ocupar a cadeira seria o berço da Bioquímica no Ceará.

Em 1956, o reitor da UC, professor Antônio Martins

Filho, propôs ao professor Ventura um estudo sobre a possibilidade da criação de um Instituto de Química e Tecnologia (IQT) na universidade, concretizado em 1958. O IQT, inicialmente subordinado à Reitoria da UC, não possuía as mesmas prerrogativas que as escolas e faculdades da universidade, sendo o seu primeiro Instituto, mas permitiu expansão e maior visibilidade à Química no Ceará ao possibilitar contratar outros professores graduados na área de Química. As transformações da Química no Estado, a partir da criação do IQT, foram diversas englobando, de início, atividades de pesquisa e, na sequência, de ensino.

Em 1961 foi criada a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da UC, similar à Faculdade Nacional de Filosofia (FNFi), dirigida pelo professor padre Francisco Batista Luz até 1969, passando a ofertar cursos de formação de professores, incluindo de Química. No mesmo ano, a UC iniciou as atividades de ensino ligadas ao IQT com aulas de Fundamentos de Química ministradas pelo professor Antônio Enéas Mendes Bezerra, durante três vezes na semana. Conforme Silva *et al* (2011, p. 55), “a turma foi casualmente formada por estudantes do último ano do segundo grau, grande parte alunos e alunas do Colégio Estadual do Ceará, que prestariam este exame para o curso de Química da Universidade do Ceará no início do ano de 1962”.

Assim, em 1962, a FFCL/UC passou a ofertar os cursos superiores de licenciatura e bacharelado em Química no período diurno, conforme os dispositivos legais que fundamentaram sua criação. A duração dessa relação entre a oferta do curso de Química e a FFCL/UC foi curta, pois a resolução nº 137, de 13 de abril de 1963, passou a dispor sobre o ensino de graduação nos Institutos Básicos da UC, ficando o IQT responsável pelo bacharelado em Química e a FFCL

pela formação pedagógica. O primeiro vestibular para o curso de Química ocorreu logo no início de 1962, ofertando vinte vagas, mas apenas doze candidatos foram aprovados e admitidos. Em uma segunda fase do vestibular foram aprovados mais sete, totalizando

dezenove ingressantes, mas só doze concluíram o curso.

Mesmo com as modalidades licenciatura e bacharelado, os primeiros químicos se formaram bacharéis em 1965, e os licenciados somente dois anos depois, em 1967, pois foram poucos os interessados que deram sequência aos estudos para o magistério na FFCL. Com a lei nº 5.540/68, foi instituída a departamentalização das unidades didáticas, sendo os Institutos Básicos da UFC, já federalizada, extintos. No caso da Química, originaram-se os Departamentos de Química Orgânica e Inorgânica (DQOI) e de Analítica e Físico-Química (DQAFQ), hoje pertencentes ao Centro de Ciências. O curso diurno de Química ficou subordinado ao DQAFQ, nas modalidades Química Bacharelado e Química Industrial, até 2005, quando passou a ser apenas bacharelado.

As tentativas de melhorar a qualidade de formação nos cursos diurnos de Química da UFC foram diversas,

Participaram da pesquisa três professoras (uma em atividade e duas aposentadas), que obedeceram aos critérios de terem vivenciado a criação e implantação do curso e aceitado participar do estudo.

mas sempre com supervalorização da formação química e secundarização da formação pedagógica. Com os alunos considerados despreparados em relação aos de outros cursos da universidade, necessitando de maior investimento, foram criados projetos para captar verbas, incluindo parcerias internacionais. Conforme a professora Joana D’Arcⁱ, aposentada do DOIQ,

“[...] o nosso curso diurno tinha pouca clientela e a pouca clientela que entrava evadia-se. Por que? Porque o nosso aluno, ele é carente. Ele sempre foi carente! Geralmente, era vindo de família humilde, ele precisava trabalhar e o curso diurno atrapalha. Como é que ele ia ganhar o dinheiro? Então, daí a preocupação de arranjar uma bolsa pra poder ele se manter, pra terminar o curso, mas, às vezes, não dava vencimento. Não tinha condições, né? Não dava, porque eles [a UFC] precisavam dos melhores alunos pra dar bolsa e nós não tínhamos os melhores alunos. Nossa lista de jubramentoⁱⁱ era grande. A gente tinha que lutar contra isso, se não a gente ia perder, o curso ia fechar. Aí foi que surgiu essa ideia de usar o espaço disponível do campus: por que não fazer um curso noturno de Química?”.

Embora existisse a preocupação de formar professores para atuar na educação básica no Estado, o principal interesse em criar a licenciatura noturna era para proteger a modalidade bacharelado, tendo em vista os diversos conflitos e problemas que estava enfrentando até então, pois a presença de estudantes trabalhadores nesse contexto diminuiria a qualidade do bacharelado e enfraqueceria o que já havia sido conquistado institucionalmente. Com o acúmulo de reprovações, retenções e possíveis jubamentos, a criação do curso noturno seria uma alternativa para a sobrevivência do diurno. Para a professora Joana D’Arc, migrando para a noite, o aluno que se encontrasse nessas condições “*demoraria mais um pouquinho, mas em detrimento do que ele já demorava no curso diurno com as reprovações, poderia chegar à sua conclusão com êxito*”.

Desde sua criação, o bacharelado possuía carga horária total de 2.760 horas-aula e 184 créditos, e a licenciatura diurna 2.505 horas-aula e 167 créditos, ou seja, menor carga horária para a formação dos professores de Química. Segundo a professora Joana D’Arc, na matriz curricular “*da licenciatura diurna havia pouca diferença do bacharelado. Bastava, basicamente, o estudante fazer cinco disciplinas pedagógicas e perfazer 167 créditos no total, que se formaria com Licenciatura em Química. O bacharel teria que perfazer 184 créditos*”.

Junto às dificuldades enfrentadas pelos alunos do curso diurno, a infraestrutura da UFC foi outro aspecto considerado para a criação do curso noturno, pois havia a subutilização dos espaços da universidade à noite. A utilização desse espaço, de acordo com a professora Joana D’Arc, faria com que os estudantes trabalhadores do curso diurno migrassem para o noturno, amenizando a condição de optar pelo emprego ou pelo estudo.

A criação da licenciatura noturna denotou, de alguma forma, a procura pela superação da dicotomia licenciatura-bacharelado, o que, contudo, pouco se materializou, mesmo existindo aporte legal e jurídico para a sua transformação, pois os direcionamentos à docência não corresponderam ao que foi projetado. Essa conjuntura reforçou o entendimento de que apenas o conhecimento químico seria necessário para o exercício docente, o que não coincide com a realidade.

A presença hegemônica de professores bacharéis no curso também é um indício da origem dessa problemática, posto que “a maior parte dos professores que atuam nas universidades não é oriunda de cursos de licenciatura, mas de cursos de bacharelado que, geralmente, não preparam para a docência e sim para a pesquisa” (Arroio *et al*, 2008, p. 1888). Trata-se de um fato que prejudica a construção da identidade profissional docente,

pois, conforme Gatti (1996, p. 86), a identidade “define um modo de ser no mundo, num dado momento, numa dada cultura, numa história”, indicando que a identidade bacharel não perdeu espaços na licenciatura nem para a licenciatura.

Como primeiro curso de formação de professores de Química do Estado do Ceará, a separação das modalidades bacharelado e licenciatura do curso de Química da UFC indica que o objetivo principal da criação da licenciatura noturna deu-se como alternativa de proteção do bacharelado diurno, sendo secundária a preocupação com a oferta e qualidade da formação de professores de Química para a educação básica, o que, de certo modo, justifica a estrutura frágil da licenciatura noturna. O atendimento às demandas do setor industrial foi essencial para a expansão e consolidação da Química no Estado do Ceará, daí a maior ênfase à pesquisa e menor ao ensino nos cursos de Química da UFC (Silva *et al.*, 2011).

A criação da licenciatura noturna em 1995

Mazzetto e Carneiro (2002) explicam que as condições noturnas do *campus* do Pici da UFC traziam preocupações quanto à segurança da comunidade acadêmica, além da baixa quantidade de professores disponíveis para trabalhar na licenciatura noturna. Porém, o MEC reiterou a necessidade da implantação de cursos noturnos para atender a demanda

Junto às dificuldades enfrentadas pelos alunos do curso diurno, a infraestrutura da UFC foi outro aspecto considerado para a criação do curso noturno, pois havia a subutilização dos espaços da universidade à noite. A utilização desse espaço, de acordo com a professora Joana D’Arc, faria com que os estudantes trabalhadores do curso diurno migrassem para o noturno, amenizando a condição de optar pelo emprego ou pelo estudo.

daqueles que não tinham condições de frequentar os diurnos, prometendo contratar professores exclusivos para as licenciaturas noturnas, o que favoreceu sua implantação. Mas essa contratação, de forma efetiva, só aconteceu posteriormente, pois, inicialmente, foram contratados mais professores substitutos do que efetivos. Junto com a Química, foram implantadas as licenciaturas noturnas em Física e Matemática.

Nessa conjuntura, baseado na lei nº 8.539, de 22 de dezembro de 1992, que autorizava o Poder Executivo a criar cursos noturnos nas Instituições de Ensino Superior (IES) vinculadas à União, o reitor da UFC, em 22 de setembro de 1994, deliberou, através da resolução nº 39/CEPE:

Aprovar, nos termos da documentação apresentada através do Processo nº. 23067.16307/94-71, o projeto de criação do CURSO NOTURNO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA, a ser ministrado sob a responsabilidade do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará (Universidade Federal do Ceará, 1994, Art. 1).

A princípio, essa aprovação pode ser entendida como uma busca pela superação da racionalidade técnica presente na formação dos professores de Química até então vigente, o que possibilitaria pensar um curso mais direcionado à docência, com identidade profissional própria e dissociado do bacharelado. Essa busca, à semelhança de outras universidades que ofertavam este curso, não obteve êxito na prática, pois a forte presença tecnicista se sobressaiu.

Para Silva *et al.* (2011), os cursos de licenciatura da UFC, diurna e noturna, tinham carga horária menor que o bacharelado, levando a supor que a licenciatura seria moldada a partir deste, mas menos exigente pelo fato de o seu público ser, em maioria, formado por estudantes trabalhadores. Segundo a professora Marieⁱⁱⁱ, aposentada do DQOI e primeira coordenadora da licenciatura noturna, “*tinha que ser um curso mais leve, mas um curso que trabalhe com laboratório. Não pode deixar de ter laboratório, trabalhando tanto com a parte prática, como a parte de ensino*”.

Durante a pesquisa às fontes escritas não foi possível encontrar o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de sua criação em 1995, talvez por não haver, na ocasião, exigências legais para sua construção. Conseguiu-se somente a matriz curricular da época, o que não permitiu uma análise acurada, pois são desconhecidos o pensamento pedagógico adotado pelos professores participantes da criação do currículo, a finalidade e objetivos do curso, dentre outras informações. A inexistência desse documento preocupa quanto à constituição curricular, pois, certamente, influenciou e influencia o curso até hoje, considerando que “é por meio do currículo, concebido como

elemento discursivo da política educacional, que os diferentes grupos sociais, especialmente os dominantes, expressam sua visão de mundo, seu projeto social, sua ‘verdade’” (Silva, 1999, p. 10).

A matriz curricular de 1995 não destoava da antiga modalidade de licenciatura diurna, com apenas cinco disciplinas da área pedagógica em meio a dezenas de disciplinas obrigatórias e optativas voltadas à formação química. Assim como a licenciatura diurna, a noturna tinha 167 créditos, mas com carga horária um pouco maior, de 2.672 horas-aula. Foi adicionada uma hora-aula a mais em cada crédito, resultando no acréscimo de 167 horas-aula. A duração mínima de 3,5 anos da licenciatura diurna deu lugar a 4 anos para a integralização da noturna.

Baseando-se em Goodson (1997), a estrutura curricular em questão retrata disciplinas curriculares coerentes com o grupo hegemônico do DQOI e suas relações de poder, pois sendo o currículo uma construção social, seus saberes são frutos dessas relações que disputam e determinam os conteúdos e saberes influenciados por um grupo sobre outros. Por meio do currículo, produções de sentido nascem para ditar o comportamento e projetar a identidade daqueles a quem é dirigido, e quanto mais for naturalizado e tido como único por aqueles que o criaram e o vivenciam, mais eficiente será sua legitimação e, conseqüentemente, outros saberes possíveis serão excluídos (Lopes e Macedo, 2011). A construção de um currículo não representa apenas um conjunto de palavras escritas em um documento, pois têm significados explícitos:

São postos em lados opostos os sujeitos que dominam os saberes considerados legítimos e os sujeitos que dominam os saberes deslegitimados. Também estão em lados opostos, de forma absoluta, os sujeitos que selecionam os saberes do currículo e os sujeitos que estão submetidos a uma seleção previamente feita, podendo apenas resistir ou sucumbir a essa dada seleção (Lopes e Macedo, 2011, p. 91).

No curso analisado, na escolha desses conhecimentos não houve, basicamente, participação de outras unidades acadêmicas da UFC. Somente participaram os próprios departamentos de

Química formados, em sua essência, por químicos bacharéis ligados à pesquisa de laboratório. Mesmo direcionado à formação de professores de Química, o currículo se aproxima ao do bacharelado, mas não permitindo o mesmo status social e acadêmico. A formação pedagógica deveria ser fomentada pelas disciplinas de Psicologia da Educação, Didática Geral, Prática de Ensino em Química e Estrutura e Funcionamento do Ensino Fundamental e Médio (antigos 1º e 2º graus), indicando uma formação com caráter mais bacharel do que

Para Silva *et al.* (2011), os cursos de licenciatura da UFC, diurna e noturna, tinham carga horária menor que o bacharelado, levando a supor que a licenciatura seria moldada a partir deste, mas menos exigente pelo fato de o seu público ser, em maioria, formado por estudantes trabalhadores.

licenciatura, mas não distante da legislação vigente, pouco exigente quanto à formação docente.

Percebe-se a supremacia dos conhecimentos específicos da Química, com a formação pedagógica secundarizada e meramente subsidiária, mas não central para pensar processos de ensino e educação na universidade (Scheibe e Bazzo, 2016). A produção pedagógica emergente desse modelo curricular é nitidamente fraca e pouco palpável para formar professores que refletem suas ações, pois o resultado dessa disputa de poder revela-se curricularmente no trabalho docente, que o distancia da profissionalização (Maldaner, 2013).

A formação pedagógica dos professores formadores dos cursos de Química da UFC foi um ponto considerado fraco em relatório de recomendações expedido pela Comissão de Especialistas em Ensino de Química (CEEQ) da Secretaria de Educação Superior (SESu/MEC), que avaliou os cursos de graduação em Química em 10 de novembro de 2000. Foi ressaltado que havia “pouco treinamento pedagógico de alguns professores do curso, em função de sua formação mais científica que pedagógica” (Secretaria de Educação Superior, 2000, p. 3). Os pontos positivos foram o alto grau de titulação e produtividade científica, dedicação ao curso e alto grau de interação da graduação com a pós-graduação. As indicações são de que a formação dada por esses formadores, pelas circunstâncias, pouco ou nada integrava os conteúdos químicos com a formação pedagógica, reforçando a ideia de que o perfil dos professores formadores do curso era mais voltado para a pesquisa do que para o ensino. Apesar dos pontos fracos, o curso foi avaliado como muito bom.

As questões ponderadas, certamente, contribuíram para que os alunos se dedicassem à pesquisa em química pura, qualificando-se em programas de pós-graduação na própria UFC, relegando a formação e atuação docente, acreditando, segundo Mazzetto e Carneiro (2002), que a maior qualificação na área da pesquisa em Química lhes proporcionaria maiores salários e status. Os licenciandos em Química da UFC fugiam, “[...] de algum modo, do objetivo principal de seu curso, que é atuar no ensino básico, optando por encaminhar-se para mestrado e doutorado na área específica, no caso química, objetivando talvez, o magistério superior e a pesquisa pura” (Mazzetto e Carneiro, 2002, p. 1209).

A criação do Projeto Pedagógico do Curso em 2005

Em 2005 foi criado um PPC para a Licenciatura noturna em Química da UFC, baseado na Resolução nº 03/CEP, de 04 de março de 2005, que dispôs os Princípios Orientadores dos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Licenciatura da UFC. As orientações, endossadas pelas discussões do Grupo de Trabalho das Licenciaturas (GTL), criado pela Pró-Reitoria

de Graduação (PROGRAD), deram surgimento aos PPC de licenciaturas de toda a UFC.

Para Veiga (2010), o PPC representa um documento balizador da organização do trabalho pedagógico visando superar conflitos e relações arbitrarias que originam hierarquizações de poder, estabelecendo indicações ao trabalho pedagógico. Teoricamente, o PPC pretendeu aproximar a universidade das escolas de educação básica ao pensar a formação docente de forma diferente da vigente, mas, na

prática, os achados levam a acreditar que pouco foi concretizado em decorrência, possivelmente, das concepções e práticas dos formadores.

Semelhante a 1995, as mudanças ocorreram totalmente dissociadas da participação de outras unidades acadêmicas, como a Faculdade de Educação (FACED), e dos próprios alunos do curso, contando apenas com

uma assessoria da PROGRAD. Ao inserir a FACED no processo, poderia ter havido melhoria na formação dos licenciandos e de seus formadores, com possibilidades de engendramento de mecanismos que incitasse discussões e reflexões críticas. Ainda que na assessoria da PROGRAD houvesse dois professores da FACED, a efetiva participação dessa unidade teria sido essencial para encaminhamentos de questões da licenciatura que, certamente, não foram consideradas.

Esse distanciamento da FACED com o DQOI não é exclusivo da UFC, estando presente em outras IES e outros cursos, mas no caso da Química pode ter agravado problemas que o curso já possuía quanto à formação pedagógica dos seus alunos. Todas as professoras entrevistadas, bem como os documentos analisados, não deixam dúvidas de que foram raras e falhas as tentativas de aproximação entre o DQOI e a FACED desde a criação da licenciatura noturna e até mesmo na construção do novo PPC, que ainda não havia sido finalizado até o primeiro semestre de 2020, quando a pesquisa que deu origem a esse artigo foi concluída. A professora Alice^{iv}, titular do DOIQ, diz que seria salutar se os alunos do curso:

“Conseguissem ter uma integração maior com a Faculdade de Educação. Não eximo a nossa culpa. Eu acho que é uma via de mão dupla, mas a gente não consegue controlar tudo. A universidade absorve muito, realizamos muitas atividades, o que dificulta, em parte, estarmos mais próximos. Uma aproximação entre ambos seria muito positiva para nossos alunos da licenciatura, até para que eles pudessem ter maiores oportunidades de ingressar no mestrado também por lá, na área da educação, porque poderiam carregar a experiência química do departamento para a Faculdade de Educação”.

A formação pedagógica dos professores formadores dos cursos de Química da UFC foi um ponto considerado fraco em relatório de recomendações expedido pela Comissão de Especialistas em Ensino de Química (CEEQ) da Secretaria de Educação Superior (SESu/MEC), que avaliou os cursos de graduação em Química em 10 de novembro de 2000.

Reconhece-se, então, o distanciamento não apenas geográfico do DQOI e da FACED por estarem situados em *campi* diferentes, mas, também, um distanciamento curricular. A professora Alice acrescenta:

“Nossos alunos ainda têm muita dificuldade para cursar as disciplinas, por exemplo, na educação. Eu acho que poderíamos trabalhar mais de perto com a Faculdade de Educação. Os alunos comentam, às vezes, que é muito difícil conseguir cursar uma disciplina optativa por lá. Eles têm vontade. Por outro lado, nosso curso é noturno, então, às vezes, essas optativas também não são ofertadas à noite e eles ficam com uma possibilidade reduzida”.

O PPC cai em armadilhas criadas por si ao reproduzir discursos progressistas quanto à formação dos futuros professores de Química para a diversidade na escola. Contudo, o mais próximo a isso foi encontrado apenas na ementa da disciplina de Estudo Sócio-Histórico e Culturais da Educação (PB091), ofertada no quarto semestre, que discute multiculturalismo e políticas educacionais de ações afirmativas, levando-se a crer que alguma discussão sobre diversidade na escola foi proposta. No entanto, essa questão não pode nem deve ser limitada a momentos isolados em uma determinada disciplina, devendo ser extensiva às práticas formativas ao longo de todo o curso.

Essas ausências não são apenas a simples priorização de determinados conhecimentos sobre outros tidos como menos essenciais, já que o currículo, como uma representação social, revela uma autorização direta sobre alguém que deverá cumprir o que foi estabelecido de forma impositiva, pois “o texto que constitui o currículo não é simplesmente um texto: é um texto de poder” (Silva, 1999, p. 67), expondo as marcas de sua arquitetura. A proposta curricular de 2005 foi estruturada com 8 créditos e 128 horas-aula a mais que a matriz de 1995, totalizando 2.800 horas e 175 créditos. A diferença principal recai sobre a maior ênfase nos componentes de Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado (ECS), ambos com 400 horas cada, além das 200 horas de atividades complementares. Anteriormente, Prática de Ensino de Química (PEQ) tinha carga horária mínima de 300 horas estipulada pela LDB/96, sendo esse aumento corporificado pela Resolução CNE/CP 2/2002.

Um fato interessante está relacionado à oferta das disciplinas optativas que continuaram ligadas ao bacharelado e poderiam ser cursadas no período diurno. Não havia disciplinas direcionadas ao ensino ou à docência, mesmo que ofertadas por outras unidades acadêmicas. Essa configuração curricular confronta o que foi proposto inicialmente pelo próprio PPC,

Um fato interessante está relacionado à oferta das disciplinas optativas que continuaram ligadas ao bacharelado e poderiam ser cursadas no período diurno. Não havia disciplinas direcionadas ao ensino ou à docência, mesmo que ofertadas por outras unidades acadêmicas. Essa configuração curricular confronta o que foi proposto inicialmente pelo próprio PPC, em sua tentativa de se construir a partir de uma perspectiva crítica e progressista, mas que acabou reproduzindo a velha ideia curricular do professor como um técnico do ensino.

em sua tentativa de se construir a partir de uma perspectiva crítica e progressista, mas que acabou reproduzindo a velha ideia curricular do professor como um técnico do ensino. Tais transformações não evidenciam rupturas nem mudanças de antigas práticas pedagógicas.

Ainda que com resquícios acentuados do pensamento bacharelesco, este currículo, teoricamente, possibilitou maiores oportunidades aos licenciandos de vivenciar mais elementos da docência. A ampliação das disciplinas pedagógicas propiciou um contato mais expressivo com o espaço escolar, permitindo ao licenciando pensar sobre práticas reflexivas e a identificar-se mais com a profissão docente, corroborando com o entendimento de que a complexidade do trabalho docente mobiliza conhecimentos diversos para um ensino entendido como prática social, pois “sendo o trabalho do professor uma prática social, sua ação não deve, pois, limitar-se ao prático-utilitário” (Azzi, 2002, p. 58).

Na Licenciatura em Química da UFC, a história descrita até aqui sinaliza que a tentativa mais expressiva de superar a identidade de espelhamento do bacharelado data de 2005, quando foi criado o único PPC do curso, pois a organização curricular anterior pouco sofreu mudanças em relação à antiga licenciatura diurna.

Ajustes curriculares de 2013 e a busca por um novo Projeto Pedagógico do Curso em 2020

Em 2013 foram realizados ajustes mínimos no currículo, mas não geraram um novo PPC e não foram encontrados documentos sobre esses ajustes, somente a matriz curricular. Ainda que a carga horária do curso tenha sido elevada de 2.800 para 3.000 horas, nada de substancial ocorreu para assegurar uma identidade própria e sólida à licenciatura. As divergências entre o currículo prescrito e o ativo parecem aflorar desse contexto, denunciando que a formação dos licenciandos ainda é inconsistente para balizar a ação profissional docente.

A inovação na organização curricular de 2013 relaciona-se à diversificação da formação pedagógica, social e política dos licenciandos mediante disciplinas optativas, mas que são ofertadas por outras unidades acadêmicas e em outros cursos, quando deveriam ser disciplinas obrigatórias e ofertadas no próprio DQOI. No entanto, há um reconhecimento de que, se antes havia um leque de possibilidades restritas ao conhecimento químico específico, agora foram consideradas outras questões da formação docente ligadas à diversidade na escola e às tecnologias digitais.

No curso, a prioridade da pesquisa pura ao ensino é reforçada pelo Programa de Pós-Graduação

em Química, com mestrado, doutorado e pós-doutorado, criado nos anos 1970, mas dissociado da área de Educação Química, contemplada só recentemente, mas ainda de forma tímida e restrita a raros professores orientadores e a assuntos específicos.

Visando transformar satisfatoriamente a identidade do curso, um novo PPC estava sendo construído durante a realização dessa pesquisa, no início de 2020. Um novo Núcleo Docente Estruturante (NDE) foi criado para um melhor direcionamento dessa construção. Contudo, identificou-se pouca participação da comunidade acadêmica nesse processo, estando mais restrito ao grupo de professores. Os alunos do próprio curso, bem como unidades como a FACED continuaram de fora da construção do PPC da licenciatura em Química, o que não deveria acontecer, considerando que a construção do currículo deve ser coletiva e democrática. Esse fato, também ocorrido nas mudanças anteriores, indica questões de poder subjacentes, pois exclui a participação dos sujeitos que terão suas ações balizadas por este currículo e, certamente, sua elaboração torna-se antidemocrática, conforme Veiga (2010). Se é requerido um currículo condizente com uma formação docente crítica na licenciatura em Química, a participação da comunidade acadêmica é essencial para que relações de poder surtam efeitos pouco nocivos e não subalternizem o pensamento pedagógico.

Não foi possível ter acesso ao PPC em construção, pois não estava finalizado, mas como uma produção cultural, o currículo deve alinhar-se às demandas sociais da época, deixando margens para adaptações futuras, sem caráter fixo e imutável. Foi possível identificar no discurso da professora Alice, que o novo documento prioriza a docência ao longo do curso, se comparado ao anterior, e a dinâmica curricular adotada deverá agregar mais elementos formativos direcionados ao trabalho docente, conforme descreveu:

“O projeto é o que irá melhor contribuir para uma maior expertise do licenciado. É muito importante que o aluno sinta que ele está inserido em um curso onde está aprendendo conteúdos significativos para sua formação. Isso o estimula e lhe confere maior confiança para desenvolver suas atividades como docente. Com a formação e a experiência que irá adquirir junto ao mercado de trabalho, ele irá se sentir confortável para trabalhar dentro daquilo que ele se propôs a fazer, pois ele aprendeu”.

O novo PPC parece priorizar o redimensionamento dos aspectos formativos do licenciando em Química da UFC, porém, por falta de acesso e análise ao mesmo, acredita-se

que pode ser conduzido por uma tendência mais crítica, mais adequada a uma formação com identidade própria em comparação com as mudanças anteriores. No entanto, operacionalmente, pode reproduzir o que ocorreu desde sua criação em 1995 ou até mesmo da antiga licenciatura diurna, caso as mudanças teóricas não sejam acompanhadas de mudanças mais práticas no cotidiano do curso, tendo a formação pedagógica pouco destaque no currículo. Só a partir dessa nova mudança curricular é que o curso irá se

adequar às diretrizes curriculares nacionais para os cursos de formação de professores, ocorridas em 2015 (Resolução nº 2/CNE) e 2019 (BNC – Formação).

Com um projeto mais voltado à real formação do licenciando para atuar no mercado de trabalho, espera-se que haja maior interação com as unidades de ensino básico, possibilitando maior visibilidade da complexidade do trabalho docente. Em especial, que seja uma mudança acompanhada por ressignificações epistemológicas e das práticas de seus formadores, pois sem tais elementos qualquer mudança curricular pouco ou em nada terá efeito para a valorização da licenciatura e da formação pedagógica.

seus formadores, pois sem tais elementos qualquer mudança curricular pouco ou em nada terá efeito para a valorização da licenciatura e da formação pedagógica.

Mediante o que foi apresentado, sugere-se que as mudanças curriculares do curso busquem superar a forte presença da racionalidade técnica visando a não departamentalização dos saberes e da formação dos alunos, fortalecendo a relação entre universidade e educação básica, bem como criando vínculos com unidades como a Faculdade de Educação, para que haja menos problemas estruturais no curso de licenciatura em Química. Desse modo, o curso irá agregar aspectos que levem à construção de uma identidade profissional na docência.

Considerações finais

Os registros permitem afirmar que a UFC representa o berço da Química no Ceará, sendo responsável pela sua disseminação. A formação de professores, contudo, surge como consequência do seu desenvolvimento, não sendo idealizada com a mesma predileção que o bacharelado.

As análises indicam que o curso passou por transformações curriculares, mas que, em geral, pouco possibilitaram a construção de uma real identidade profissional docente ao curso e aos alunos. Essas (des)configurações são resultados das concepções dos formadores responsáveis pelas mudanças curriculares, havendo pouca participação da comunidade acadêmica, embora alguns avanços na perspectiva pedagógica tenham sido conquistados, sendo salutares para a construção dos saberes docentes.

O currículo, desde a época da modalidade diurna articulada ao bacharelado, tem conduzido os alunos para a

pesquisa em Química pura, mas não os profissionalizando para a docência. Estão sendo formados químicos com resquícios de convicções pedagógicas que pouco induzem ao pensamento e à prática docente crítico-reflexiva. As mudanças curriculares revelam que a centralidade da formação pedagógica tem ocorrido nas disciplinas de PEQ, entendidas como integradoras da docência em Química, restringindo as reflexões sobre docência em Química a um único componente curricular e, conseqüentemente, desresponsabilizando os outros formadores de suas contribuições à formação docente dos licenciandos.

Mediante tais impressões, entende-se que mudanças curriculares, como as ocorridas no curso, pouco ou nada servirão para a ressignificação da formação docente, sem estarem articuladas à responsabilidade dos seus formadores. Nesse sentido, defende-se que as propostas institucionais ou governamentais, que buscam melhorias para as licenciaturas, só serão incorporadas aos seus currículos e práticas se houver efetiva participação desses formadores. Para tal, é preciso considerar a importância do desenvolvimento profissional docente entre os formadores, para que reflexões críticas sejam feitas quanto ao tipo de formação que estão idealizando para os licenciandos. Caso contrário, pouco será mudado e o curso continuará sendo direcionado para cenários que não permitem a construção de uma identidade profissional docente.

Notas

ⁱ Joana D'Arc Félix de Souza (1953), química brasileira, ganhou reconhecimento em suas pesquisas a partir de estudos sobre reaproveitamento e aplicação de couro e pele suína, e em 2014 recebeu o Prêmio Kurt Politzer de Tecnologia pela Associação Brasileira de Indústria Química.

Referências

- ALBERTI, V. *História oral: a experiência do CPDOC*. Rio de Janeiro: FGV, 1990.
- ARROIO, A. et al. A prática docente na formação do pós-graduando em química. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1888-1891, 2008.
- AZZI, S. Trabalho docente: autonomia didática e construção do saber pedagógico. In: PIMENTA, S. G. (org.). *Saberes pedagógicos e atividade docente*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002.
- CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. (org.). *A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos*. Petrópolis: Vozes, 2008.
- GATTI, B. A. Os professores e suas identidades: o desvelamento da heterogeneidade. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n. 98, p. 85-90, 1996.
- GOODSON, I. F. *A construção social do currículo*. Lisboa: Educa, 1997.
- LÔBO, S. F. e MORADILLO, E. F. Epistemologia e a formação docente em química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 17, p. 39-41, 2003.
- LOPES, A. C. e MACEDO, E. *Teorias de currículo*. São Paulo: Cortez, 2011.

ⁱⁱ Jubilamento é o processo pelo qual o aluno tem seu desligamento compulsório da instituição por não conseguir concluir sua graduação no prazo máximo estabelecido por ela.

ⁱⁱⁱ Marie Maynard Daly (1921 - 2003), química estadunidense, foi reconhecida como a primeira mulher negra afro-americana a obter um título de doutorado em Bioquímica nos Estados Unidos.

^{iv} Alice Augusta Ball (1892 - 1916), química farmacêutica estadunidense, foi primeira mulher e primeira mulher afro-americana a estudar Química na Universidade do Havaí, sendo pioneira nos estudos sobre o óleo de Chaulmoogra, possibilitando maior qualidade de vida às pessoas com Hanseníase.

Agradecimentos

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Wanderson Diogo Andrade da Silva (wandersondiogo@hotmail.com), licenciado em Química (IFCE), mestre em Educação (UFC) e doutorando em Educação (UFMG). Integrante do Grupo de Estudos e Pesquisa em Ensino de Ciências (GEPENCI/UFC). É professor do Departamento de Química Biológica da Universidade Regional do Cariri (URCA). Crato, CE - BR. **Claudia Christina Bravo e Sá Carneiro** (ccbcarneiro@hotmail.com), química industrial, engenheira química, mestra em Química Inorgânica e doutora em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC), com pós-doutorado em Educação pela Universidade de Brasília (UnB). É professora aposentada do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da UFC e professora do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação (UFC). Líder do Grupo de Estudos e Pesquisa em Ensino de Ciências (GEPENCI/UFC). Fortaleza, CE - BR.

MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores*. 4ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.

MAZZETTO, S. E. e CARNEIRO, C. C. B. S. Licenciatura em Química da UFC: perfil sócio-econômico, evasão e desempenho dos alunos. *Química Nova*, São Paulo, v. 25, n. 6B, p. 1204-1210, 2002.

MEIHY, J. C. S. B. *Manual de História Oral*. 4. ed. São Paulo: Loyola, 2002.

MESQUITA, N. A. S. e SOARES, M. H. F. B. Aspectos históricos dos cursos de licenciatura em química no Brasil nas décadas de 1930 a 1980. *Química Nova*, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 165-174, 2011.

REVISTA DE QUÍMICA INDUSTRIAL. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Química, Ano 86, n. 759, 2018.

SCHEIBE, L. e BAZZO, V. L. Formação de professores da educação básica no ensino superior: diretrizes curriculares pós 1996. *Rev. Inter. Educ. Sup.*, Campinas, v. 2, n. 2, p. 241-256, 2016.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. Ministério da Educação. *Relatório de Recomendações - curso de licenciatura em Química/UFC*. Brasília: MEC, 2000.

SILVA, A. M. et al. (org.). *Trajatória da Química no Ceará: resgate da memória*. Fortaleza: Gráfica LCR, 2011.

SILVA, T. T. *O currículo como fetiche: a poética e a política do texto curricular*. Belo Horizonte: Autêntica, 1999.

SILVA, W. D. A. *História e memória do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará (1995-2019): entre concepções e identidades curriculares*. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SZYMANSKI, H. Entrevista reflexiva: um olhar psicológico sobre a entrevista em pesquisa. In: SZYMANSKI, H. (org.). *A entrevista na educação: a prática reflexiva*. 4ª ed. Brasília: Liber Livros, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. *Resolução nº 39/CEPE, de 22 de setembro de 1994*. Aprova o projeto do Curso Noturno de Licenciatura em Química.

VEIGA, I. P. A. Projeto Político-Pedagógico da escola: uma construção coletiva. In: VEIGA, I. P. A. (org.). *Projeto Político-Pedagógico da Escola: uma construção possível*. 27ª ed. Campinas: Papirus, 2010.

ZANETTE, M. S. Pesquisa qualitativa no contexto da educação no Brasil. *Educar em Revista*, Curitiba, n. 65, p. 149-166, 2017.

Abstract: *Implementation and development of the night course of Chemistry teacher formation at the Federal University of Ceará: trajectory, meanings and (mis)configurations of teacher education.* In this study, historical events are presented about the creation and implementation of the night course of Chemistry teacher formation at the Federal University of Ceará, considering its directions given to Chemistry teacher formation for basic education. From the adoption of documental research and oral history, it was possible to verify that the course was created more with the intention of protect the baccalaureate modality than improving the formation of chemistry teachers. Mirrored in the bachelor curriculum, the night course, despite minimal advances, did little to structure itself with its own professional identity to foster, with more quality, the formation of Chemistry teachers in the state. It is a situation largely generated from their own teaching staff, with hegemonically Bachelor in Chemistry formation, directed to chemical research, dissociated from specific concerns about the teaching process.

Keywords: teacher education, teaching identity, teacher formation at the Chemistry course.

A invasão do agrotóxico na agricultura: abordagem para o estudo das funções orgânicas em perspectiva freireana da educação numa escola pública

Anne Caroline C. Santos, Amélia B. Souza, Thales S. Silva e Maria Clara P. Cruz

Nesta pesquisa foi estudado o contexto do tema social agrotóxico, e o conteúdo de funções orgânicas, utilizando o referencial freireano adaptado à educação formal. O procedimento metodológico foi constituído nos três momentos pedagógicos de Delizoicov ajustado às ideias de Paulo Freire. A problematização ocorreu através de uma pesquisa de sondagem com os agricultores da região em que a escola está inserida, gerando debate com os educandos em torno de um vídeo sobre o temático Agrotóxico. Na organização de conhecimento, foi ministrada uma aula sobre haletos orgânicos e funções nitrogenadas, desenvolvendo a contextualização. Já na aplicação de conhecimento, identificaram-se os principais grupos funcionais presentes nos agrotóxicos que são utilizados naquela região. Foram desenvolvidas produções textuais como dado analítico. Para o diagnóstico dos dados, a análise textual discursiva foi utilizada, o que permitiu verificar que a perspectiva freireana transformou a realidade concreta em que os estudantes vivem pela emancipação social, cultural e política. Nesse sentido, reconhecê-los como sujeitos de uma outra pedagogia e dialogar através de suas identidades e histórias fez toda a diferença. Então, o conhecimento escolar se articulou com a realidade e a educação se estabeleceu como elemento de transformação através da alfabetização científica sobre a química dos agrotóxicos.

► agrotóxicos, contextualização, funções orgânicas ◀

Recebido em 29/05/2020, aceito em 05/12/2020

354

Ao longo da história da civilização, o ser humano procurou meios para se desenvolver em sociedade e, nessas circunstâncias, o meio ambiente foi alvo de inúmeros impactos, comprados pela ideia da modernização. Nas cadeias produtivas, os agrotóxicos ganham cada vez mais o status de “modernos” e “poderosos” pelo agronegócio que, por sua vez, é patrocinado através dos discursos da influência do “Agro”, como “pop”, “tech”, como “tudo” (Souza, 2019).

As mudanças que vem ocorrendo sobre a saúde e o ambiente nas comunidades rurais do Brasil devem ser consideradas. De acordo com Castro Neto *et al.* (2010), estudos comprovam que os agrotóxicos contaminam os alimentos, o ambiente e causam danos à saúde humana, sendo que “a

contaminação química associada aos processos produtivos se caracteriza como um dos mais complexos problemas de saúde pública e ambiental no país” (Peres, 2009, p. 2002).

Anualmente são usados no mundo aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de agrotóxicos por ano. O consumo anual no Brasil, de acordo com o IBGE, tem sido superior a 300 mil toneladas, com aumento no consumo de agrotóxicos de 700% nos últimos

quarenta anos. A utilização de produtos químicos para o controle de pragas, doenças e ervas daninhas mais que dobrou em dez anos (IBGE, 2015).

Agrotóxicos, defensivos agrícolas, praguicidas, pesticidas, venenos ou remédios de plantas: são inúmeras as denominações relacionadas ao grupo de substâncias químicas utilizadas no controle de pragas e doenças de plantas (Peres e Moreira, 2003). Tradicionalmente, eram classificados de acordo com o tipo de praga que combatem, denominando-os

Anualmente são usados no mundo aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de agrotóxicos por ano. O consumo anual no Brasil, de acordo com o IBGE, tem sido superior a 300 mil toneladas, com aumento no consumo de agrotóxicos de 700% nos últimos quarenta anos.

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



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

inseticidas (repele insetos), fungicidas (evita fungos), herbicidas (controla plantas invasoras), além de reguladores de crescimento, desfoliantes (combate às folhas indesejadas) e dissecentes (Silva e Fay, 2004). Com o advento da Constituição Federal de 1988, todos esses termos foram substituídos por agrotóxicos, a fim de tornar evidente a toxicidade dessas substâncias (FUNASA, 1998).

Analisando a singularidade das conexões que cada pessoa estabelece em função de suas experiências e saberes, torna-se necessário promover processos de aprendizagem através do tema agrotóxico em estabelecimentos de ensino (Kraushaar e Roskosz, 2016; Balica, 2016; Cavalcanti *et al.*, 2010, Braibante e Zappe, 2010). As escolas rurais devem contemplar as necessidades dos camponeses, pois estabelecem uma relação direta com o ambiente (Pessanha¹ *et al.*, 2002, *apud* Corrêa, 2017). Os alunos, filhos de agricultores, devem atuar como multiplicadores de conhecimentos sobre a importância da utilização correta de agrotóxicos e dos problemas que causam à saúde do homem e do ambiente, evidenciando os discursos às boas práticas agrícolas.

Uma maneira de aproximar a disciplina de Química com o temático agrotóxico é através do ensino da identificação das funções orgânicas mistas presentes em muito deles. O aluno, assim, compreende quimicamente quem é cada um (Braibante e Zappe, 2010, Cavalcanti *et al.*, 2010). Dessa forma, é possível interligar o conteúdo a uma função social da disciplina (Santos e Schnetzler, 1996). Com isso, o educando é alfabetizado cientificamente para discutir questões interdisciplinares numa pedagogia crítica e se torna um cidadão reflexivo, capaz de interferir e, se preciso, modificar o meio social no qual se encontra inserido (Soares e Júnior, 2018, Abreu *et al.*, 2015). Algumas metodologias podem ser utilizadas para esse fim, como, por exemplo, jogos didáticos (Mello *et al.*, 2018), metodologias análogas (Lima e Mozzer, 2019), estudos de caso (Abreu *et al.*, 2015), enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (Kraushaar e Roskosz, 2016) e metodologia dos três momentos pedagógicos de Delizoicov transpostos das ideias de Paulo Freire (Simões e Alves, 2018).

Nesse sentido, esta pesquisa irá trabalhar com a última delas. Segundo Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) “transpor as ideias de Freire à educação formal é problemático, visto que a teoria freiriana foi desenvolvida, basicamente, a partir da educação informal” (p. 35, 2006). A transposição para a educação formal foi feita por Delizoicov (1982, 2008), que estruturou três momentos pedagógicos (3 MPs): problematização inicial; organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. A primeira delas é o processo de investigação: nesse momento, educando e educador procuram, no “universo” do aluno e da sociedade em que ele vive, as palavras e temas centrais que estejam vinculados a sua vida, possibilitando a contextualização. Na segunda etapa, educando e educador trabalham os

Os alunos, filhos de agricultores, devem atuar como multiplicadores de conhecimentos sobre a importância da utilização correta de agrotóxicos e dos problemas que causam à saúde do homem e do ambiente, evidenciando os discursos às boas práticas agrícolas.

temas, procurando o significado social, tomando assim consciência deles e da conexão com o mundo em que vivem, por meio de uma visão científica. Por fim, na última etapa o aluno e o professor buscam enxergar além de uma primeira visão dos temas, buscando uma perspectiva crítica do mundo e dos fatos, seguindo para a transformação do contexto vivenciado (Francisco Jr. *et al.*, 2008).

A partir desse contexto fático e político, e tendo em vista a importância do tema para as escolas do campo (ou escolas públicas que tenham alunos que auxiliam/aprendem na lavoura dos pais) e suas implicações no mundo rural, é importante falar sobre os agrotóxicos, proporcionando práticas que despertem a atenção dos estudantes, e que possam ser utilizadas por professores de química em salas de aula, como situações-problema cotidianas (Lima e Mozzer, 2019; Simões e Alves, 2018; Mello *et al.*, 2018; Andrade, 2018; Abreu *et al.*, 2015; Cassal *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2011). Os agrotóxicos integram em demasiada primazia a realidade dos discentes nessas escolas, pois o planejamento nas lavouras de monoculturas influi diretamente na qualidade de vida de todos que estão sendo afetados pelo uso indiscriminado destas substâncias (Corrêa, 2017).

Portanto, considerando a conjuntura dessa intervenção e com o objetivo de criar o processo de apreensão do tema social ao conteúdo funções orgânicas e suas faces no ambiente rural, foi desenvolvida a presente pesquisa.

Procedimentos Metodológicos

O tema foi trabalhado com vinte e três educandos do 3º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Doutor João de Melo Prado situado no centro do município Divina Pastora – SE. Os alunos foram designados pela letra “A” seguido por um número que variou de 1 – 23. A escolha foi motivada pela localização geográfica do colégio, rodeado por plantações, sendo a principal prática econômica do município a agricultura de cana-de-açúcar e milho.

Os pesquisadores iniciaram o processo de determinar o tema gerador observando os educandos, a comunidade em que eles vivem e o contexto do uso de agrotóxico no local. Nesse sentido, foram analisados o entorno da escola e as situações vivenciadas pelos educandos. Para isso, foram feitas

uma conversa com o professor regente, entrevistas com agricultores da comunidade e a contabilização de filhos de agricultores na turma selecionada. Assim, foi escolhida a turma e o tema gerador agrotóxicos. A partir disso, foi iniciado o procedimento metodológico baseado nos três momentos pedagógicos (3 MPs) de Delizoicov (1982), fundamentados na transposição das ideias de Paulo Freire sobre a alfabetização de jovens e adultos. Delizoicov (2008) ressalta que, para a compreensão e adoção de práticas educativas balizadas pelo referencial freireano, o conceito de tema gerador

configura-se como elemento importante. Assim, foram utilizadas oito aulas para a realização desta pesquisa, com duração de cinquenta minutos cada uma. O Quadro 1 mostra a organização das atividades desenvolvidas.

A problematização foi dividida em três partes: inicialmente foi feita sondagem da cultura local de cinco agricultores, com as seguintes questões: Você faz uso de agrotóxico? Qual o agrotóxico mais utilizado? Possui o hábito de ler o rótulo dos agrotóxicos? Sabe o que é classe toxicológica? Utiliza EPI's quando vai usar agrotóxico? O que fazem com as roupas que são usadas na aplicação dos agrotóxicos? Onde faz o descarte dos agrotóxicos? Na segunda etapa, foi feito um debate a respeito do documentário *O veneno está na mesa* (15 min) do cineasta Silvio Tendler, que alerta para os problemas causados aos trabalhadores, à população e ao ambiente pelo uso indiscriminado de agrotóxicos no país. Por fim, protagonizamos um debate.

Na organização do conhecimento foi ministrada uma aula sobre funções nitrogenadas e haletos, pois eram as funções orgânicas desconhecidas pelos alunos. Após a aula, o educador discutiu com os discentes sobre o agrotóxico mostrado no vídeo, o DDT, a fim de identificar as funções orgânicas. Além disso, os alunos foram sondados quanto ao uso de agrotóxico por meio das seguintes questões: 1. Quem de vocês já utilizou agrotóxicos nas plantações? 2. Cite um tipo de agrotóxico usado nas lavouras por vocês ou seus pais. Essas duas questões visam trazer o contexto do dia a dia dos alunos para sala de aula e correlacioná-lo com o conteúdo químico.

No momento de aplicação do conhecimento, a turma foi dividida em quatro grupos, de acordo com a cor da classe toxicológica dos agrotóxicos que os trabalhadores locais utilizavam. Nessa aula, foi distribuído um pincel atômico, uma tabela das funções orgânicas e cartolinas em cores de acordo com a faixa do rótulo do defensivo, regulamentada pela ANVISA. Cada grupo pôde aplicar seus conhecimentos nos

assuntos de química, identificando as funções orgânicas nos agrotóxicos. Posteriormente, foi apresentado aos educandos um vídeo de entrevista produzido pela pesquisadora com um agricultor local que sobrevive do cultivo da cana-de-açúcar.

Por fim, para avaliar a aprendizagem, os discentes desenvolveram uma produção textual intitulada “*A temática agrotóxico facilitou a compreensão das funções orgânicas e os riscos de uso inadequado desses produtos químicos?*”. Esses dados foram analisados através da análise textual discursiva (ATD), que visa produzir novas teorias durante o processo de ensino-aprendizagem (Moraes e Galiazzi, 2006).

Resultados e Discussão

Antes de iniciar a intervenção didática na turma, foi realizada uma pesquisa sondagem com cinco agricultores da região de Divina Pastora, para saber em que cultura os alunos estão inseridos. Podemos sintetizar que os produtores rurais ali inseridos possuem menor grau de escolaridade, e todos eles utilizam agrotóxicos considerados tóxicos, a saber: hexazinoma- D, acefato, diuron, glifosato, atrazina e U 46. Não têm a prática de ler os rótulos e bulas dos defensivos, tampouco detêm conhecimentos sobre as classificações toxicológicas dos defensivos. Descartam incorretamente as embalagens, e não fazem uso de EPI's. As roupas usadas após as aplicações dos agrotóxicos são lavadas juntamente com as demais roupas dos familiares. Nesse sentido, os resultados da entrevista apresentaram dados preocupantes relativos às práticas de risco adotadas em decorrência da falta de manejo e orientações devidas.

É importante a educação como prática da liberdade por meio do universo de temas que estão ligados às relações homem-mundo. Através dessa averiguação é que se chegam às palavras geradoras, dando origem aos temas geradores (Freire, 2008). A entrevista com os produtores

Na organização do conhecimento foi ministrada uma aula sobre funções nitrogenadas e haletos, pois eram as funções orgânicas desconhecidas pelos alunos. Após a aula, o educador discutiu com os discentes sobre o agrotóxico mostrado no vídeo, o DDT, a fim de identificar as funções orgânicas.

Quadro 1: Organização das atividades em etapas e recursos utilizados

MP	Aula	Atividades
Problematização Inicial	1º - 3º	1. Gravação em áudio e exposição de entrevistas de agricultores locais; 2. Documentário “O Veneno está na mesa”; disponível em https://www.youtube.com/watch?v=8RVAgD44AGg&t=1419s 3. Roda de conversa para debate sobre o documentário gravado via áudio.
Organização do Conhecimento	4º - 6º	1. Aula sobre funções nitrogenadas e haletos orgânicos; 2. Descarte de embalagens de agrotóxicos; 3. Identificação das funções orgânicas e classificação toxicológica dos agrotóxicos que os alunos conhecem.
Aplicação do Conhecimento	7º e 8º	1. Documentário com o agricultor do município; 2. Desenvolvimento da produção textual.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

rurais favoreceu esse aspecto da pesquisa, e permitiu identificar os tipos de agrotóxicos mais utilizados naquela região. De posse do contexto local do uso de agrotóxicos, foi feito o primeiro momento pedagógico de 15 minutos com a turma. Ele teve início com um vídeo *O veneno está na mesa*, provocando uma roda de conversa para debate entre os 17 estudantes presentes sobre os problemas que o uso desregrado dos venenos causa à saúde e ao ambiente. O debate foi gravado via áudio.

Quando foi perguntado aos educandos “Por que será que muitos chamam agrotóxico de veneno?” um deles respondeu: “*porque é um remédio muito forte que rapidinho as pragas morrem e não fica nem cobra nas plantações*”. Percebe-se que o estudante, bem como a maioria deles, não tem noção formada

sobre os sérios danos que o agrotóxico pode causar à saúde humana e ao ambiente. Podem chegar a provocar mortes entre os agricultores que estão aplicando o defensivo, e também malefícios aos consumidores que irão ingerir o alimento infectado. Temos, até então, apenas experiências do senso comum e a reprodução dos costumes familiares.

Outra pergunta foi: “O que são agrotóxicos?” De acordo com as respostas dadas pelos educandos, notam-se as mais variadas nomeações na definição de agrotóxicos. A resposta de um dos alunos mostra que tem conhecimento sobre as pragas que aparecem no cultivo da cana-de-açúcar, e comenta sobre a necessidade do uso dos defensivos como forma para aumentar as produções, e com qualidades satisfatórias para mercado. Novamente, prevalece o senso comum dos discentes:

São remédios utilizados contra pragas e pestes que invadem as plantações. A cigarrinha é uma peste que dá na cana, quando coloca o veneno elas morre. E assim, para ter mais qualidade e muita quantidade na cana, que estão sendo plantados pra vender. (A5)

Quando indagados: “Quem de vocês já utilizou agrotóxicos nas plantações?”, os educandos responderam que nunca utilizaram; então questionamos àqueles, entre eles, quais eram filhos de camponeses ou que conheciam alguém que sobrevivia da “roça”, e os alunos negaram relação. Este

resultado foi inesperado, tendo em vista a pesquisa inicial para definição do tema gerador. Mesmo com isso, continuamos o desenvolvimento da intervenção didática.

Os estudantes começaram a ter noções dos males causados pelos agrotóxicos à saúde humana e ao ambiente, depois de terem assistido ao vídeo *O veneno está na mesa*, conforme a fala do A8: “...acho que sim, no vídeo mostrou que um tipo de agrotóxico aí, matou tanta gente na guerra e até hoje nasce gente defeituosos. Essas coisas devem ser muito braba” (A8). Alguns se mostraram indignados com a possibilidade de estarem comendo “veneno” nos alimentos. Porém, anteriormente não se faziam esses questionamentos.

Percebemos que havia entre os alunos um conhecimento prévio e comum sobre agrotóxicos, mas torna-se evidente a necessidade

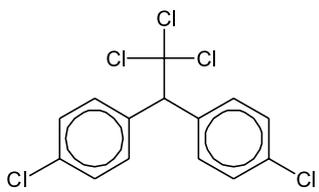
de aquisição de conhecimento científico, vez que as informações apontadas estavam desconexas, errôneas e pouco sistematizadas. Então, um diálogo diretivo com o educador pode permitir ao educando um conhecimento do seu pensar ingênuo em relação ao seu conhecimento prévio, superando sua situação de oprimido (Freire, 2008).

Para a segunda etapa da pesquisa, foi ministrada uma aula que abordava funções nitrogenadas e haletos orgânicos, dado que os educandos ainda não conheciam essas funções. Durante essa aula, identificamos os grupos funcionais existentes na molécula do agrotóxico DDT, pois foi uma das partes do vídeo que mais chamaram a atenção dos discentes. O Quadro 2 mostra as funções orgânicas que foram identificadas em sala de aula.

Algo muito relevante foi que os alunos se desinibiram através da empatia com a autora da pesquisa, que afirmou ser filha de um pedreiro, explicando que ele não usava equipamento de proteção individual (EPI) e voltava para casa machucado. Com efeito, dez discentes levantaram as mãos revelando que seus pais eram agricultores, que os ajudavam no campo e se desculparam por não ter relatado inicialmente. Freire (2006) adverte sobre a necessidade de aprender as situações da vivência, também denominadas de contradições existenciais, do mundo dos educandos, pois são nestas que estão presentes os temas geradores de debate que, contribuindo para uma mudança comportamental, sinalizam

Percebemos que havia entre os alunos um conhecimento prévio e comum sobre agrotóxicos, mas torna-se evidente a necessidade de aquisição de conhecimento científico, vez que as informações apontadas estavam desconexas, errôneas e pouco sistematizadas.

Quadro 2: Principais funções orgânicas presentes no agrotóxico DDT

Agrotóxico	Estrutura Química	Função Orgânica	Nomenclatura IUPAC
DDT		Haletos	1,1,1 – triclora – 2,2 di (p clorofenil) etano

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

para uma reprodução reflexiva e crítica do conhecimento, tornando efeito a partir da vivência.

Esse fato remete à ideia de que os educandos têm dificuldades de aceitarem suas origens, o que Freire denomina de contradição existencial. Talvez para eles sua origem não seja socialmente um sucesso. Foi nesse momento, com a identidade pessoal estabelecida, que ocorreu o real sentido da pesquisa para eles e o quanto poderiam intervir com os pais. Nesse contexto, foi explanada aos estudantes a definição de EPI, porque durante a problematização verificamos que os discentes não sabiam seu significado e da importância em se usar equipamento de segurança no manejo dos defensivos agrícolas.

Quando indagados novamente: “Quem de vocês já utilizou agrotóxicos nas plantações?”, dentre os dezessete alunos que estavam no debate, quinze relataram que seus vizinhos e amigos faziam uso do mesmo. Com as respostas obtidas a esse questionamento, podemos notar que os estudantes comprovaram que a comunidade escolar se encontra rodeada de plantações, as quais fazem uso de agrotóxicos, o que justifica a necessidade da pesquisa.

Durante o desenvolvimento da Organização do Conhecimento, foi perguntado aos alunos um tipo de agrotóxico que eles ou os pais utilizavam nas plantações. Um dos estudantes verificou no celular a foto do agrotóxico “U 46 BR”, registrada durante o trabalho rural com o pai. A partir desse momento, pode-se observar que esse estudante também não tinha o hábito de ler o nome do agrotóxico que manuseava na lavoura com seus familiares. Acerca desse defensivo, foram levantados pontos com os educandos sobre sua composição química (2,4 D), que estava presente no herbicida tóxico denominado “agente laranja”, utilizado como desfolhante na Guerra do Vietnã. Tudo isso fez sentido com a exibição do vídeo na aula anterior, fazendo um paralelo entre história, química e saúde.

O segundo ponto foi esclarecer aos discentes sobre a importância e os prejuízos que a falta de leitura do rótulo do agrotóxico pode provocar à saúde humana e ao ambiente. Foi abordado na aula que, quando uma substância apresenta propriedades nocivas ou perigosas, trata-se de uma substância tóxica e sua capacidade potencial é a toxicidade. Consequentemente, a toxicidade dos agrotóxicos desenha o perigo para a saúde das pessoas e ao ambiente. Por isso, todos os rótulos dos defensivos apresentarão toxicidade que a ANVISA classifica em quatro classes de danos à saúde humana. Nos rótulos desses produtos estão as cores que representam cada classe, facilitando a identificação do grau de toxicidade de determinado defensivo (Quadro 3).

Foi esclarecido aos estudantes que os rótulos e bulas dos agrotóxicos revelariam as classes de acordo com o tipo de praga, as cores das classes de toxicidade, o armazenamento apropriado dos defensivos, descarte correto das embalagens, o uso devido dos EPI's e a descontaminação devida das vestimentas usadas após as aplicações.

Após essa conscientização, os alunos procuraram na internet qual é a estrutura química do agrotóxico “U 46

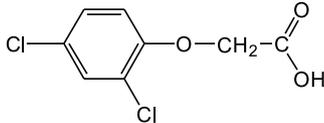
Quadro 3: Classes toxicológicas e suas respectivas cores de faixa

Classe	Toxicidade	Cor da Faixa de Rótulo e Bula
I	Extremamente Tóxico	Faixa vermelha
II	Altamente Tóxico	Faixa amarela
III	Moderadamente Tóxico	Faixa azul
IV	Pouco Tóxico	Faixa verde

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

BR” que, posteriormente, foi desenhada no quadro branco para os alunos identificarem as funções orgânicas presentes no defensivo agrícola. Logo em seguida, foi comentado com os estudantes que, quando compramos os agrotóxicos, necessariamente devem ser lidos as bulas e os rótulos para obter as informações de como fazer uso deles corretamente. Nessa aula, os discentes aprenderam que os rótulos fornecem informações importantes e que precisam de atenção, antes e na hora de usar os produtos. As características do “U 46 BR” são mostradas no Quadro 4.

Quadro 4: Identificação das funções orgânicas e informações presente no rótulo do agrotóxico “U 46 BR”

Agrotóxico	U 46 BR
Fórmula Estrutural	
Funções Orgânicas	Haleto, Éter e Ácido Carboxílico
Nomenclatura IUPAC	Ácido 2 – (2,4 – diclorofenoxi) acético
Classe	Herbicida
Cultura Utilizada	Cana-de-açúcar
Classificação Toxicológica	I – Extremamente Tóxico

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com essa aula, evidenciamos que nenhum aluno tinha conhecimento informado dos agrotóxicos ou da importância de ler os rótulos e bulas. Ao final da aula, fizeram comentários a esse respeito:

Eu ajudo meu pai nas plantações da cana-de-açúcar, mas a gente não sabia que os venenos que a gente compra na cidade, vem dizendo tudo isso no rótulo que você falou não. (A13)

Meu esposo trabalha ajudando a um moço agricultor nas plantações de cana-de-açúcar, mas não usa tudo isso aí de proteção não, que a senhora falou. Só usa mesmo chapéu por causa do sol, a bota por causa de cobra e as vezes um macacão e eu lavo tudo na lavanderia de lá de casa. A gente nunca soube que não podia. (A 5)

Os alunos ficaram espantados quando souberam dessas informações, e sentiram-se motivados a debater sobre as implicações que os “venenos” podem ter em seus familiares. A aula buscou envolver os estudantes, não apenas no entendimento do conteúdo de funções orgânicas, mas também em relacionar os diversos fatores que o manuseio incorreto dos agrotóxicos pode provocar. A conclusão obtida pelos educandos nessa aula é corroborada por Moro (2008, p. 83) que faz o seguinte comentário:

O uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil, assim como em outros países da América Latina, resulta em níveis severos de poluição ambiental e intoxicação humana, uma vez que grande parte dos agricultores desconhece os riscos a que se expõem e, conseqüentemente, negligenciam algumas normas básicas de saúde e segurança no trabalho.

No desenvolvimento da aplicação do conhecimento, buscou-se empregar o conhecimento do qual o estudante vem se apropriando, analisar e interpretar as situações que foram propostas na problematização inicial, utilizando diferentes recursos pedagógicos para o momento. Assim, na aula seguinte a turma foi dividida em quatro grupos conforme descrito na metodologia, de acordo com a cor da classe toxicológica do agrotóxico que os produtores rurais usam naquela região. Cada grupo recebeu uma cartolina, caneta piloto, a fórmula química do defensivo, uma tabela de funções orgânicas e uma lista de como agir diante dos agrotóxicos.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho dos discentes, dois grupos sentiram dificuldades em identificar as funções orgânicas presentes nos agrotóxicos, e os outros dois conseguiram detectar com mais facilidade, observando a tabela de funções orgânicas. Cada grupo ficou responsável em ir à frente e apresentar para a turma: o nome do agrotóxico,

fórmula estrutural, os grupos funcionais identificados nele, a classe, cultura utilizada, classificação toxicológica, sintomas e sinais clínicos que podem ocorrer após o uso do defensivo, segundo o rótulo que eles buscaram na internet.

O primeiro grupo, responsável pelo defensivo da classe de toxicidade com faixa de cor vermelha na embalagem, expôs à frente da turma os grupos funcionais presentes na fórmula estrutural do agrotóxico Hexazinona-D, de classificação I (extremamente tóxico). Os sintomas e sinais clínicos observados após o uso, segundo o rótulo, são: “Alterações hepáticas, irritação da mucosa respiratória e podem ocorrer náuseas, vômito e diarreia...”. No Quadro 5, encontra-se o que o grupo apresentou sobre o agrotóxico com maior toxicidade.

O segundo grupo ficou responsável pelo agroquímico da classe de toxicidade com faixa de cor amarela na embalagem, e apresentou à turma os grupos funcionais presentes na fórmula estrutural do agrotóxico Diuron, de classificação II (Altamente Tóxico). Os sintomas e sinais clínicos após o uso desse defensivo, de acordo com o rótulo pesquisado, são: “Ansiedade, agitação, confusão mental, ataxia, depressão de centros cardiorrespiratórios, convulsões e coma...” O Quadro 6 ilustra o que o grupo apresentou.

O terceiro grupo ficou responsável pelo insumo da classe de toxicidade com faixa de cor azul na embalagem, e apresentou à turma os grupos funcionais presentes na fórmula estrutural do agrotóxico Acefato, de classificação III (Medianamente Tóxico). Entre os sintomas e sinais clínicos após o uso desse defensivo, conforme o rótulo encontrado, destacam-se: “depressão, ansiedade, irritabilidade, comprometimento da memória, concentração...”. No Quadro 7 encontra-se o que o grupo apresentou.

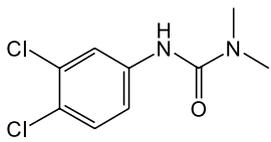
O último grupo ficou responsável pelo agrotóxico da classe de toxicidade com faixa de cor verde na embalagem, e apresentou à frente da turma os grupos funcionais presentes na fórmula estrutural do herbicida Glifosato, de

Quadro 5: Grupo 1 da cartolina vermelha

Grupo	1	
Agrotóxico	Hexazinona - D	
Fórmula Estrutural		
Funções Orgânicas	Amina	
Classe	Herbicida	
Nomenclatura IUPAC	3 - ciclohexil - 6 dimetilamino - 1 metil - 1,3,5 triazina - 2,4 diona	
Cultura Utilizada	Cana-de-açúcar	
Classificação Toxicológica	I - Extremamente Tóxico	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

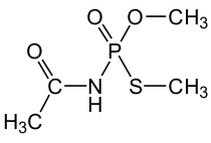
Quadro 6: Grupo 2 da cartolina amarela

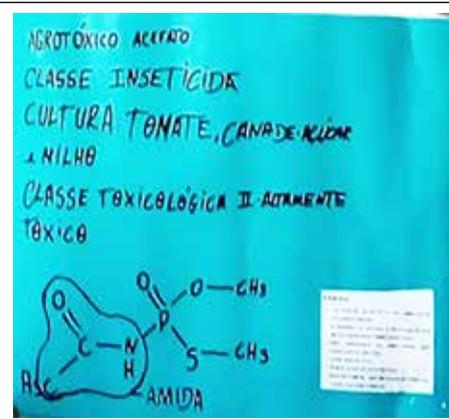
Grupo	2
Agrotóxico	Diuron
Fórmula Estrutural	
Funções Orgânicas	Amida, amina e haleto de arila
Classe	Herbicida
Nomenclatura IUPAC	3-(3,4-diclorofenil) - 1,1-dimetilureia
Cultura Utilizada	Cana-de-açúcar
Classificação Toxicológica	II – Altamente Tóxico



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Quadro 7: Grupo 3 da cartolina azul

Grupo	3
Agrotóxico	Acefato
Fórmula Estrutural	
Funções Orgânicas	Amida
Classe	Inseticida
Nomenclatura IUPAC	O,S-dimetilacetilfosforamidotoato
Cultura Utilizada	Cana-de-açúcar e milho
Classificação Toxicológica	III – Medianamente Tóxico



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

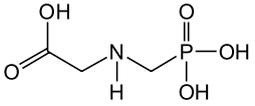
classificação III (Medianamente Tóxico). Os sintomas e sinais clínicos após o uso desse defensivo, segundo o rótulo, são: “Irritante dérmico e ocular, pode causar danos hepáticos e renais, quando ingerido em doses altas”. No Quadro 8, encontra-se o que o grupo apresentou.

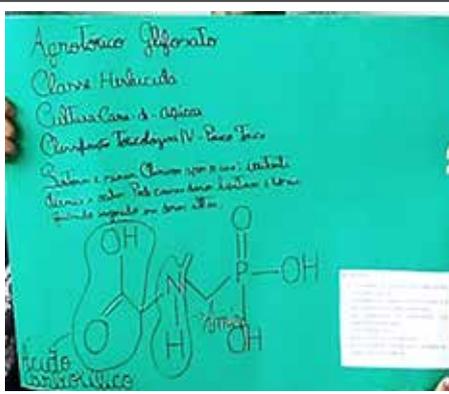
Trabalhar os conteúdos de forma contextualizada com

temática que envolve a realidade dos educandos proporciona motivação por parte deles em aprender o conteúdo de funções orgânicas, bem como o engajamento acerca dos problemas que giram em torno do tema. Após as apresentações dos grupos, os trabalhos foram expostos na parede da sala de aula.

Dando continuidade à pesquisa, os alunos foram

Quadro 8: Grupo 4 da cartolina verde

Grupo	4
Agrotóxico	Glifosato
Fórmula Estrutural	
Funções Orgânicas	Ácido carboxílico e amina
Classe	Herbicida
Nomenclatura IUPAC	N- (fosfonometil) glicina
Cultura Utilizada	Cana-de-açúcar e milho
Classificação Toxicológica	IV – Pouco Tóxico



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

direcionados à sala de TV e assistiram a uma entrevista realizada pela autora da pesquisa com o “Agricultor B” que sobrevive do cultivo da cana-de-açúcar na região. Proporcionamos aos estudantes, através do vídeo, a reflexão de que os problemas na comunidade existem, desafiando-os não somente a melhor compreendê-los, mas a atuar com o fim de transformá-los.

Como forma de avaliar a aprendizagem, os educandos desenvolveram um texto intitulado: “A temática “Agrotóxico” facilitou a compreensão das funções orgânicas e dos riscos do uso inadequado desses produtos químicos?”. Observa-se nas redações (Figura 1) que o contexto serviu para o desenvolvimento do conceito numa perspectiva freireana. Em termos práticos e de aprendizagem, os alunos se tornam multiplicadores em seu próprio lar e compreendem a necessidade de ler os rótulos e bulas na tomada das decisões sobre o uso correto dos defensivos agrícolas. É por meio destas e outras atividades que a disciplina cumpre com seu dever social.

A redação dos educandos, apesar de conter erros ortográficos, apresenta-se de forma crítica e percebe-se a construção de conceitos químicos. O descrito pela estudante em sua redação (Figura 1) reforça a importância da intervenção didática com um contexto próximo dos estudantes. Os noticiários têm informado sobre a liberação de muitos agrotóxicos banidos na Europa e em outros lugares do mundo, e a própria aluna se posiciona contra as decisões do governo. Apesar de nenhum momento da atividade tender politicamente, “não é possível pensar em linguagem sem ideologia e poder”

(Freire, 2005, p.16). Nesse sentido, aguçamos um imaginário crítico e reflexivo acerca da problemática. Dessa forma, a aluna deixa de ser uma mera receptora de informações para se transformar na construtora de seus próprios conhecimentos, os quais devem se tornar, necessariamente, relevantes para a vida dessa aluna (Brasil, 2006). A realidade em que a aluna vive foi transformada pela emancipação social, cultural e política desta classe social excluída pela inferiorização de uns para garantir a dominação de outros.

Todavia, as compreensões diante das mudanças reais que ocorrem no âmbito da saúde e ambiente no Brasil são de extrema relevância para que possamos entender as dinâmicas que operam sobre máquinas e configurações da agricultura, ora dita industrializada, principalmente nas zonas rurais, onde a necessidade de se obter renda e subsistência evidencia um processo de exposição das famílias camponesas, e consequentemente suas formas tradicionais de produzir. Com isso, incorporados por uma lógica pautada na produtividade, os camponeses fazem uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras e não possuem nenhum acompanhamento técnico efetivo das secretarias municipais da agricultura, ou de qualquer outro órgão que atue na área (Silva, 2016). Então, para superar a situação de oprimido, o processo educativo deve ser considerado como prática da liberdade pela dialogicidade, focada na interlocução entre educador e educando (Freire, 2008). É importante reconhecê-los como sujeitos de uma outra pedagogia e dialogar através de suas identidades e histórias.

Fiquei surtada com o vídeo do veneno vsta na mesa que Anne passou na mesa sala e com muita raiva de ver gente usar tanto agrotóxico. O presidente só pensa nele e nos comendo tanto veneno. A aula foi muito boa pra mim, porque eu pude ver quanto minha família faz coisa errada mais não é culpa deles, porque eles não sabem o que tão fazendo.

Com essa aula foi muito gratificante pra mim, porque hoje aprendi e vou passar pra minha família como se usar corretamente os agrotóxicos e não queimar as sementes.

Meu pai usa 2,4 D que é um veneno altamente tóxico e nos não sabe.

Foi tal ao legal poder ver e entender os grupos funcionais que vsta nos agrotóxicos. Eu e meus colegas da equipe conseguimos identificar habito orgânico, amina e amida que vsta no composto do veneno que meu pai usa nas plantações da cana de açúcar.

Obrigada Anne

Figura 1: Produção textual de A14 sobre a temática.

Outro componente da destruição do ciclo ecológico são as influências que as bancadas ruralistas têm nas produções legislativas, bem como sua presença nas direções de órgãos executivos, a exemplo do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), imprimindo um descontrole nas medidas de proteção à saúde e ao ambiente, por meio de diretrizes e ações na contramão do que ocorre no resto do mundo. Seria obrigação do Estado, seja por meio de suas secretarias ou técnicos especializados, um exercício de fiscalização para trazer segurança a quem faz a aplicação do produto, haja vista que crianças e adolescentes se submetem rotineiramente a condições que permeiam a atividade de plantio junto a seus pais e, como tal, também se expõem às consequências do uso indevido ou irregular.

No Quadro 9 estão as categorizações das produções textuais, desenvolvidas pela técnica da análise textual discursiva (ATD).

Foram construídas sete categorias, a saber: facilitação do aprendizado científico; desenvolvimento do contexto social; formação de pensamento crítico; importância da leitura dos rótulos; perigos para a saúde; uso de EPI's; e ações para evitar contaminação. As categorias não são divergentes, expressam a saída da sub-humanidade e a subcultura e se coadunam para um conhecimento escolar que se articula com a realidade. Assim, a educação se estabeleceu como elemento de transformação, como mostram as unidades de significados. Nesse sentido, é perceptível que a escola entende a realidade que os estudantes vivem pela temática

abordada e estabelece uma educação integral, ou seja, incorporam os indivíduos em sua totalidade através da química dos agrotóxicos. Nesse contexto, a formação dos alunos foi para a cidadania.

Por conseguinte, conforme as produções textuais da Figura 3 e do Quadro 9, percebe-se que os estudantes conseguiram relacionar o conteúdo de funções orgânicas com os agrotóxicos, bem como socializaram com a comunidade escolar o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento da pesquisa. Atitudes como comentar com os familiares e vizinhos sobre como utilizar corretamente os agrotóxicos mostram que esses alunos foram estimulados durante a pesquisa a serem multiplicadores dos conhecimentos. Essas são experiências reais que exigem uma proposta pedagógica dialógica e plural.

Através do conhecimento de problemas sociais, o estudante é instigado a participar ativamente da sociedade, tomando decisões que influenciam na melhoria de sua qualidade de vida e mudam suas atitudes em relação ao ambiente, bem como desenvolvem postura crítica e reflexiva para melhorar as operações de cultivo da comunidade local e passam a ser sujeitos de direitos. O papel do educador no processo de ensino e aprendizagem nesta pesquisa foi, conforme prega Freire, o de compartilhar experiências com o aluno para construção do conhecimento, no papel de mediador, ajudando no despertar de uma consciência crítica da realidade (Freire, 2008).

Quadro 9: Unidades de conhecimento produzidas através da ATD

Categoria	Unitarização	Unidades de Significados
Facilitou aprender cientificamente	Funções Orgânicas	<i>".. conseguimos encontrar haleto orgânico, amina e amida no veneno." "...aprender a encontrar com mais facilidade as funções orgânicas presentes em alguns agrotóxicos que as famílias de meu amigo usam."</i>
Desenvolvimento do contexto social	Contextualização	<i>"Antes eu não conseguia entender como a função do álcool por exemplo pode tá presente no meu dia a dia..." "Achei mais fácil de entender e ver funções orgânicas nos produtos usados no meu dia a dia. Achava muito difícil imaginar e entender essas funções."</i>
Formação de aprender a pensar	Posicionamento	<i>"...aprendi e vou passar pra minha família como se usar corretamente os agrotóxicos e não queimar as embalagens." "...porque eu vou falar com meus vizinhos que usam para poder usar corretamente."</i>
Importância da leitura dos rótulos	Classificação toxicológica	<i>"A gente não sabia sobre as classificações toxicológicas..." "Meu pai usa 2,4 D que é um veneno altamente tóxico e nós não sabia."</i>
Intoxicação	Prejudicial à saúde humana	<i>"...podemos até morrer." "...pois prejudica toda a família..."</i>
Uso de EPI's	Manejo correto	<i>"...é muito importante o uso de EPIS durante o plantio do alimento para que não fiquem doentes..." "...o agricultor tem que se proteger usando os EPIS..."</i>
Prevenir contaminação	Conscientização	<i>"As roupas que a gente utiliza com o veneno minha mãe lava junto com as roupas da família e hoje sei que não pode." "...embalagens vazias do veneno não pode ser guardada em casa e nem queimadas e nem dar pra outra pessoa." "...lê a bula que vem dentro das caixas para ter mais cuidado no manejo com esses venenos."</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conclusão

Constatou-se que a investigação acerca da realidade dos alunos, no que se refere a sua situação de vida individual e social, através da entrevista desenvolvida com os agricultores da comunidade local, antes das aplicações das atividades na escola, facilitou o ensino e a aprendizagem dos discentes, pois as práticas relativas às atitudes de risco ali adotadas faziam parte do cotidiano desses estudantes, dando sentido também ao conhecimento da presença de grupos funcionais nas moléculas dos agrotóxicos utilizados, conduzindo a alfabetização científica.

O tema gerador da investigação foi um elemento importante para a necessidade de apreender as situações da vivência desses alunos, contendo as contradições. Delas surgiram as inquietações que envolvem situações significativas do contexto da comunidade na qual a escola é inserida. Nesse sentido, a temática se mostra muito valiosa, por ter grande potencial social e educacional, promovendo nos discentes a ponderação crítica acerca da importância do assunto, conscientizando-os sobre a necessidade de uso correto dos agrotóxicos e os perigos oferecidos por eles quando mal utilizados.

Sendo assim, foi possível, no decorrer da pesquisa e posterior análise dos resultados, alcançar o objetivo do presente trabalho, consistindo em ensinar o conteúdo de funções orgânicas de forma empírica, através do referencial freireano do tema social agrotóxico. Dessa forma, a educação foi conduzida para transformação social, na qual as ideias de Paulo Freire contribuíram para a articulação do conhecimento científico aos fatos direcionados ao cotidiano do educando.

Referências

ABREU, J. B. Agrotóxicos: usá-los ou não? Um estudo de caso no ensino de ciências. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 5, p. 19-34, 2015.

ANDRADE, F. *Agrotóxico e agricultura- uma abordagem socioambiental reflexiva no ensino de química*, Dissertação (Mestrado Profissional em Formação de Professores) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2018.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T. e FENALTI, V. S. Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. *Revista Alexandria*, v. 2, p. 67-84, 2009.

BALICA, M. E. P.; SILVA, M. M.; SILVA, J. M.; ANDRADE, L. B. e JULIÃO, M. S. S. Agrotóxicos: uma proposta de abordagem para o ensino aprendizagem de Química no ensino médio. In: III CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CNEDU, 3. 2016, Campina Grande. Anais..., Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/20175>. Acesso em out. 2019.

BRAIBANTE, M. E. F. e ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. *Química Nova na Escola*, v. 34, p. 10-15, 2012.

BRASIL – Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Brasília, DF: MEC/SEB, 2006.

CASSAL, V. B.; AZEVEDO, L. F.; FERREIRA, F. P.; SILVA, D. G. e SIMÃO, R. S. Agrotóxicos: uma revisão de

O estudo e desenvolvimento das atividades proporcionaram aos estudantes e à comunidade escolar uma reflexão pautada na utilização dos agrotóxicos sobre as práticas agrícolas utilizadas na região de Divina Pastora. Essa intervenção se deu por meio da provocação da necessidade de ler os rótulos e bulas desses defensivos para saber como manuseá-los corretamente. É importante salientarmos que é preciso uma responsabilidade por parte dos poderes públicos, porém, sem eximir a sociedade, a escola e as instituições da tarefa de formar e informar sobre pelo menos os três eixos do agrotóxico: o uso, o descarte e os efeitos colaterais da aplicação inadequada.

Nota

¹PESSANHA, L. D. R. *O sentido brasileiro da segurança alimentar: mundo rural e cultura*. Rio de Janeiro: Mauad, 2002, p. 263-284.

Anne Caroline Carvalho Santos (aninhacarvalho@hotmial.com), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Amélia Bastos de Souza** (amelia.bastos29@bol.com.br), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Thales Santos Silva** (thalesjsilva1998@gmail.com), aluno de Iniciação Científica pela FAPITEC em abordagens interdisciplinares na área jurídica, educando da Faculdade Pio Décimo em Direito. Aracaju, SE – BR. **Maria Clara Pinto Cruz** (clara_aju@yahoo.com.br), graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe, licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestra em Química e doutora em Engenharia Química, ambos pela Unicamp. Atualmente é professora no curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo e professora do Estado de Alagoas em Penedo. Aracaju, SE – BR.

suas consequências para a saúde pública. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital*, v. 18, p. 437-445, 2013.

CASTRO NETO, N.; DENUZI, V. S. S.; RINALDI, R. N. e STADUTO, J. A. R. Produção orgânica: uma potencialidade estratégia para a agricultura familiar. *Revista Percurso*, v. 2, p. 73-95, 2010.

CAVALCANTI, J. A.; FREITAS, J. C. R.; MELO, A. C. N. e FREITAS FILHO, J. R. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 32, p. 31-36, 2010.

CORRÊA, D. M. *Agrotóxicos: propostas diferenciadas para o tema em escolas do campo no município de Dom Pedrito-RS*. Monografia (Especialização em Educação do Campo e Ciências da Natureza). UNIPAMPA, Dom Pedrito, 2017.

DELIZOICOV, D. *Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné Bissau*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DELIZOICOV, D. La educación en Ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, p.37-62, 2008.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 34-41, 2008.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*, 33ª. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2008.

FUNASA – *Guia de vigilância epidemiológica*. Brasília: Ministério da Saúde, 1998.

IBGE. *Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA)*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-daproducao-agricola.html>, acesso em out. 2019.

KRAUSHAAR, A. e ROSKOSZ, K. A. Concepções de estudantes do ensino médio sobre agrotóxicos e transgênicos. *V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, p. 1- 12, 2016.

LIMA, A. M. e MOZZER, N. B. Análise do entendimento conceitual em uma sequência didática sobre o uso de pesticidas fundamentada na modelagem analógica. *Química Nova na Escola*, v. 41, p.82-97, 2019.

MELLO, L. F.; FONSECA, E. M. e DUSO, L. Agrotóxicos no ensino de química: proposta contextualizada através de um jogo didático. *Revista eletrônica Ludus Scientiae*, v. 2, p. 76-90, 2018.

MORAES, P. C.; TRAJANO, S. C. S.; MAFFRA, S. M. e MESSEDER, J. C. Abordagem Agrotóxico no Ensino de Química: Uma revisão. *Revista Ciências & Ideias*, v. 3, p. 1-15, 2011.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces*. Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

MORO, B. P. *Um estudo sobre a utilização de agrotóxicos e seus riscos na produção do fumo no município de Jacinto Machado/ SC*. Monografia. Unesc, Criciúma, 2008. Disponível em: <http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000038/0000380C.pdf>. com, acesso em out. 2019.

PERES, F. Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro. *Revista Ciência. Saúde coletiva*, v.14, p. 1995-2004, 2009.

PERES, F. e MOREIRA, J. *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. Função social: O que significa ensino de química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola*, v. 4, p. 28-34, 1996.

SILVA, C. M. M. e FAY, E. F. *Agrotóxicos e ambiente*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SILVA, P. A. S. *Transformações na organização produtiva da agricultura camponesa: um estudo da produção de abacaxi de Sergipe*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGE, Universidade Federal de Sergipe, 2016.

SIMÕES, N. T. e ALVES, E. F. O uso da temática agrotóxico no ensino de química orgânica através da metodologia dos momentos pedagógicos. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 4, p. 6-19, 2018.

SOUZA, M. M. O. e FOLGADO, C. A. R. *Agrotóxicos e Agroecologia: enfrentamento científicos, jurídicos, políticos e socioambientais*. Anapólis: Ed. UEG, 2019.

Abstract: *The invasion of pesticides in agriculture: an approach to the study of organic functions in a Freirean perspective of education in a rural school.* This research aimed at studying the context of “pesticides” as a social theme and the content of organic functions by using the Freirean framework adapted to formal education. The methodological procedure consisted in Delizoicov’s three pedagogical moments adjusted to Paulo Freire’s ideas. The problematization started with a survey with farmers from the region where the school is located, followed by a debate with students over a video about agrottoxics. In the knowledge organization moment, a class on organic halides and nitrogenated functions was given, developing the contextualization. In the application of knowledge moment, the main functional groups present in the pesticides used in that region were identified. Textual productions were developed as analytical data. For the diagnosis of the data, the Discursive Textual Analysis was used. It was observed that the Freirean perspective transformed the concrete reality in which the students live by social, cultural and political emancipation. In this sense, recognizing them as subjects of another pedagogy and dialoguing about their identities and stories made all the difference. School knowledge was articulated with reality and education was established as an element of transformation through scientific literacy on the chemistry of pesticides.

Keywords: Pesticides, contextualization, organic functions.

Iônico ou covalente? Dama Química como forma lúdica e interativa para o Ensino de Química na Educação Básica

Lindaura Laís Silva Santos, Deise Machado Lima, Maria José Dias Sales e Eltamara Souza da Conceição

Este artigo descreveu e analisou a aplicação de uma atividade lúdica em sala de aula, o jogo didático-pedagógico “Dama Química”, desenvolvida por estudantes de graduação em Ciências Biológicas da Universidade do Estado da Bahia e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). A utilização do jogo facilitou o aprendizado dos educandos, tendo sido considerado uma excelente alternativa auxiliar/complementar no ensino de Química. Desse modo, caracterizou-se como uma proposta viável por ter baixo custo e fácil confecção, para dinamizar a aula de Ciências/Química. Além disso, essa experiência ajudou os futuros professores a enxergar suas potencialidades sobre o desenvolvimento de suas capacidades pessoais e profissionais, os encorajando a novos desafios em adaptações de novos jogos.

► formação de professores, aprendizagem, Química ◀

365

Recebido em 02/09/2020, recebido em 19/02/2021

A Química, por se tratar de Ciência que estuda a matéria e os fenômenos a esta relacionados, está no centro de diversas áreas do conhecimento. Por essa razão, é indispensável, tanto para que os cidadãos possam compreender o mundo que os cerca, como para que disponham de habilidades e competências para transformá-lo (Brasil, 2018). Através da Química, conseguimos mudar drasticamente nossa realidade. Basta olhar para o passado, não muito distante, e observar como os avanços dessa Ciência foram imediatamente refletidos na Medicina, na indústria e Agronomia, entre outras áreas que nos proporcionam um cotidiano bem diferente daquele vivenciado pela sociedade de séculos atrás (Amaral *et al.*, 2017; Braibante e Zappe, 2012; Paula e Silva, 2001).

É inquestionável que a compreensão dessa ciência seja essencial para que possamos continuar oferecendo bens e serviços que assegurem o bem-estar da população (Marques *et al.*, 2007; Zucco, 2011). Numa sociedade pautada num modelo econômico baseado no consumo excessivo, onde é urgente a adoção de materiais e tecnologias com menor

impacto ao meio ambiente, a Química mostra-se um caminho para o tão sonhado desenvolvimento sustentável, assegurando qualidade de vida à atual e às futuras gerações (ONU Brasil, 2015).

Numa sociedade pautada num modelo econômico baseado no consumo excessivo, onde é urgente a adoção de materiais e tecnologias com menor impacto ao meio ambiente, a Química mostra-se um caminho para o tão sonhado desenvolvimento sustentável, assegurando qualidade de vida à atual e às futuras gerações (ONU Brasil, 2015).

No entanto, é notório que os estudantes da Educação Básica, em sua maioria, têm dificuldade de compreender e, por consequência, de ter prazer por aprender Química. Em parte, isso se deve tanto à ausência de conhecimentos básicos em matemática por parte dos estudantes, como à complexidade dos assuntos; mas também está relacionada com a

metodologia ainda adotada por muitos docentes no ensino tradicional, que é pautada na mera transmissão de conteúdos (Santos *et al.*, 2013). Aliado a isso, o material didático que não contextualiza os conteúdos com a realidade dos educandos, além da falta de laboratórios com infraestrutura mínima para realização de aulas práticas (Galiuzzi *et al.*, 2003; Guimarães, 2009; Wartha *et al.*, 2013).

A utilização de jogos tem se mostrado um relevante meio para estimular a participação dos estudantes nas aulas de Química. É essencial aplicar variadas opções de



metodologias, a fim de dinamizar as aulas e estimular a interação entre os educandos e entre estes e o docente, permitindo sua ampla participação, sobretudo ouvindo suas opiniões, de forma a melhorar o processo de ensino e aprendizagem. Um jogo didático pode incentivar o amplo conhecimento das representações que se tem no componente curricular, sobretudo quando se almeja desenvolver no educando a capacidade de reconhecer as definições químicas, tais como: nomenclaturas dos elementos químicos, tabela periódica, átomo, misturas homogêneas e heterogêneas, fórmulas, entre outros conteúdos. Isso é fundamental para o seu entendimento sobre a importância e o impacto da Química em sua vida.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é descrever e analisar a aplicação de uma atividade lúdica em sala de aula – o jogo didático-pedagógico Dama Química – utilizado com a finalidade de auxiliar na aprendizagem do conteúdo Ligações Iônicas e Covalentes, desenvolvido pelos bolsistas do PIBID-UNEB, campus Alagoinhas, numa turma de 9º ano do ensino fundamental da Escola Estadual dos Rodoviários, em Alagoinhas - Bahia.

A ludicidade no Ensino de Química

O material lúdico-pedagógico não deve ser visto apenas como um jogo que os estudantes usam para brincar, mas como uma atividade onde se aprende com diversão, propondo o desenvolvimento social, ético e moral do discente. Como menciona Schwartz (2004), o lúdico é uma filosofia pedagógica, uma forma de sentir o ensino-aprendizagem, não é somente um método ou uma técnica de ensino. As atividades lúdicas precisam ganhar espaço na metodologia escolar, quebrando as restrições tradicionais, fazendo do educando não mais um espectador do processo educativo, mas um agente participativo, ativo, peça fundamental da construção de seus conhecimentos.

O lúdico é um importante instrumento de trabalho para o professor, uma possibilidade de oferta da forma de construção do conhecimento, respeitando as diversas singularidades (Melo, 2005). Essas atividades, quando bem exploradas, oportunizam a interlocução de saberes, a socialização e o desenvolvimento pessoal, social e cognitivo, levando a vários efeitos e mudanças no comportamento dos estudantes (Cunha, 2012).

A ludicidade pode ser uma ponte facilitadora da aprendizagem, desde que o professor possa pensar e questionar sobre sua forma de ensinar, refletindo sobre a utilização do lúdico como fator motivador de qualquer tipo de aula (Cunha, 2012; Kishimoto, 2017; Oliveira e Soares, 2005). Isso é possível porque o professor que utiliza as práticas lúdicas envolve o educando em pontos essenciais e o leva a gostar dos conteúdos ministrados, buscando o conhecimento, sem ser pressionado.

Assim, se justifica a proposta de utilização de um jogo como a “Dama Química”, proposto neste estudo, como dispositivo que contribui para melhoria da qualidade das aulas de Química.

Metodologia

No Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do campus Alagoinhas, o PIBID iniciou em 2012, com o subprojeto intitulado “Ensino-pesquisa: Articulação Possível”, tendo sido idealizado como uma estratégia de aprendizagem da docência na área de Biologia/Ciências. Este projeto assumiu caráter interdisciplinar em 2014, com o mesmo nome. A nova proposta apresentava avanços em virtude de seu caráter interdisciplinar, envolvendo as licenciaturas de Matemática e Biologia e um total de 50 bolsistas de iniciação à docência, 05 de supervisão e 03 de coordenação de área, que atuaram em três escolas estaduais de Educação Básica, dentre estas, a Escola Estadual dos Rodoviários. O projeto foi finalizado em fevereiro de 2018.

A primeira etapa de participação dos pibidianos na Escola Estadual dos Rodoviários consistiu na observação das aulas de Ciências e participação nas reuniões de planejamento com a professora regente, a fim de realizar, em conjunto, um diagnóstico da situação das turmas e, a partir

de então, elaborar estratégias. A disciplina Ciências no 9º ano era considerada “complicada” pelos estudantes, em especial ao abordar conteúdos de Química, como estrutura da matéria. Diante disso, durante esse período, foi proposta a diversificação de metodologias, tais como experimentos, visitas

técnicas, realização de trilhas e utilização de jogos, para incentivar a maior participação dos estudantes nas aulas de Ciências. Assim, nos planejamentos, tornaram-se rotina os seguintes procedimentos: para cada novo conteúdo de Ciências, além da aula expositiva e atividades, deveriam ser também apresentados planos de aulas práticas e jogos/brincadeiras, que pudessem ser confeccionados com materiais reciclados, de fácil acesso e baixo custo e que estivessem de acordo com a série em que seriam utilizados.

A seguir apresentamos a produção do jogo utilizado após a aula expositiva sobre Compostos Iônicos e Covalentes. Confeccionamos vários tabuleiros de dama em papelão (35x35 cm), sendo as “casas” desenhadas utilizando Microsoft Power Point, da seguinte forma: cada uma das oito linhas era composta por “casas” intercaladas. Cada casa preta é seguida por uma de cor branca, preenchida com uma fórmula. O tabuleiro final deve ter oito linhas e oito colunas. Escolhemos priorizar fórmulas com apenas dois elementos químicos para aumentar a jogabilidade. A folha impressa foi colada no papelão. Como “pedras” utilizamos tampinhas de garrafas pet coloridas por nós, para diferenciá-las. No tabuleiro, cada jogador tem, à sua direita, as instruções que deve seguir. Antes da aplicação, o jogo foi testado com

O material lúdico-pedagógico não deve ser visto apenas como um jogo que os estudantes usam para brincar, mas como uma atividade onde se aprende com diversão, propondo o desenvolvimento social, ético e moral do discente.

outros discentes participantes do PIBID não envolvidos na atividade e, posteriormente, com outros estudantes da mesma faixa etária e série que os da turma-alvo.

Os estudantes, em duplas, receberam um tabuleiro e as pedras de cada participante. Distribuímos compostos iônicos e covalentes aleatoriamente em cada quadrado branco do tabuleiro, escolhidos em função de serem utilizados na indústria ou largamente utilizadas no dia a dia. Indicamos o número de átomos de cada elemento envolvido na formação das substâncias. Mas, para o êxito e desenvolvimento apropriado do jogo, foi fundamental colocar dois compostos (um iônico e um covalente) no mesmo quadrado branco do tabuleiro, repetindo em mais três quadrados diferentes (Figura 1). Outro ponto a destacar é que os estudantes poderiam consultar a tabela periódica impressa, entregue com antecedência.

As regras elaboradas para o jogo são:

1. Só pode mover as peças se as ligações forem iguais;
2. Quando ganhar a pedra do adversário, poderá trocar de ligação;
3. Quando chegar com a pedra ao quadrado com duplo composto, poderá escolher qual ligação a seguir, se iônica ou covalente.

No início, em especial para os estudantes que não

conhecem o jogo de damas, uma opção interessante é desenhar na lousa ou projetar o tabuleiro na sala e simular uma jogada, para melhor compreensão. Para jogar, os estudantes precisam classificar previamente os compostos em iônicos ou covalentes, consultando, se necessário, a tabela periódica. Desse modo, se traçar estratégias adequadas para ganhar as pedras do adversário o estudante vencerá o jogo.

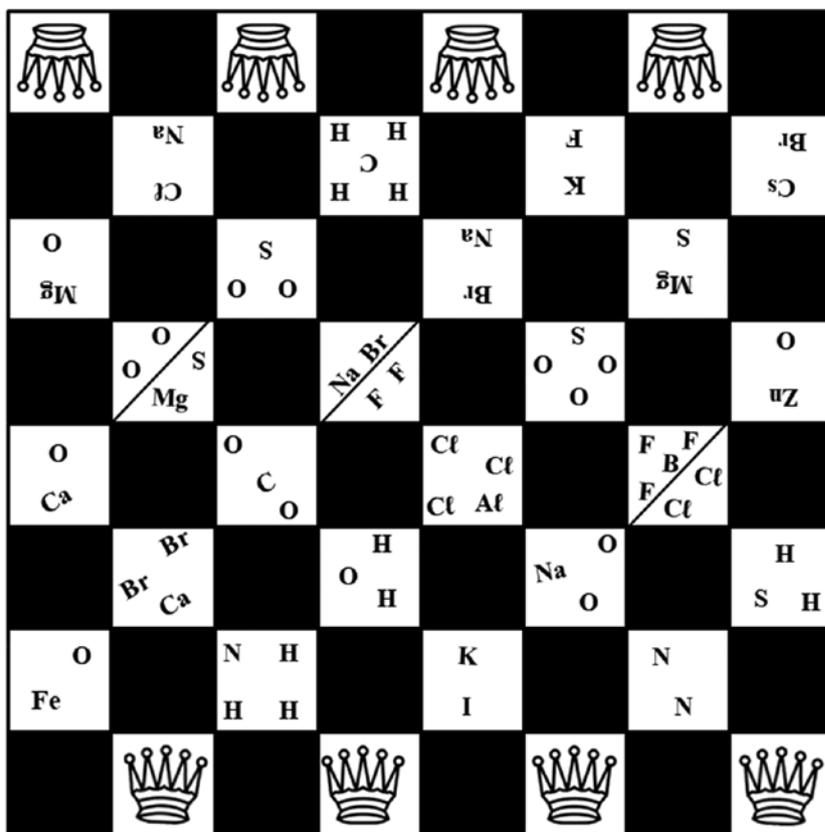
Resultados e Discussão

Antes da aplicação do jogo, os educandos encontra-

vam-se inquietos, ansiosos e curiosos para saber como seria a atividade. Desenhamos um tabuleiro e explicamos como o jogo funcionava. Entregamos os tabuleiros e as peças e, em pouco tempo, já estavam jogando com autonomia. Assim, o objetivo da atividade não foi classificar os compostos químicos em função do tipo de ligação, mas que, de posse dessa informação, os

estudantes brincassem de Dama Química. Os estudantes demonstraram desde o início grande interesse, participando ativamente do jogo, montando a fórmula eletrônica no caderno e atentando para, de acordo com suas configurações eletrônicas, determinar se as ligações entre os átomos dos elementos eram iônicas ou covalentes.

No início, em especial para os estudantes que não conhecem o jogo de damas, uma opção interessante é desenhar na lousa ou projetar o tabuleiro na sala e simular uma jogada, para melhor compreensão. Para jogar, os estudantes precisam classificar previamente os compostos em iônicos ou covalentes, consultando, se necessário, a tabela periódica.



- REGRAS
- Só poderá mover as pedras se as ligações forem iguais.
 - Quando ganhar a pedra do adversário poderá trocar o tipo ligação .
 - A pedra que chegar ao quadrado com dupla fórmula, poderá escolher qual ligação seguir.
- REGRAS
- Só poderá mover as pedras se as ligações forem iguais.
 - Quando ganhar a pedra do adversário poderá trocar o tipo ligação .
 - A pedra que chegar ao quadrado com dupla fórmula, poderá escolher qual ligação seguir.

Figura 1: Representação do Jogo Dama Química. Fonte: Arquivo Pessoal

No início da aplicação do jogo Dama Química, os estudantes demoraram em avançar as casas do tabuleiro. Pode-se observar nesse momento a cooperação entre os alunos: para que haja jogabilidade adequada, ambos – jogador e seu adversário – têm que distinguir corretamente compostos iônicos de covalentes. Observamos muitos estudantes auxiliando os colegas oponentes no jogo, já que os movimentos de cada jogador exigem a tomada de decisão considerando se o composto presente em cada casa do tabuleiro era iônico ou covalente. Assim, cada estudante estava atento também ao fato do oponente estar deslocando as pedras do jogo corretamente. No final da atividade, foi notória a satisfação de todos os envolvidos, demonstrando que é possível estudar e compreender o assunto de forma divertida.

Um dos estudantes sugeriu inserção de novas regras: por exemplo, uma segunda rodada, com um tabuleiro com outro formato, apenas com o número atômico de cada elemento para que os jogadores fizessem a distribuição eletrônica antes de montar a fórmula. Outro estudante indicou que, numa segunda rodada, o tabuleiro deveria apresentar compostos diferentes dos anteriores, e assim o jogador que avançasse numa casa incorreta “perderia uma jogada”, por exemplo. Um terceiro estudante relatou que considerou o tabuleiro com poucas casas, e que poderia ser expandido para que o jogo durasse mais tempo. A aplicação da Dama Química permitiu a aplicação de conhecimentos preexistentes no desenvolvimento do jogo. Algumas duplas concluíram o jogo e iniciaram uma nova rodada, virando o tabuleiro.

No ensino de Química, é relevante a utilização de jogos e experimentos, pois muitas vezes a infraestrutura nas escolas é deficitária, com pouquíssimas unidades escolares da rede pública dispendo de laboratórios bem equipados a ponto de fornecer segurança suficiente para a manipulação de produtos químicos (INEP, 2019). Há vários exemplos de jogos adaptados para utilização em sala de aula. Citamos como exemplos: o jogo ludo e jogos de dados para ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos e termoquímica (Soares *et al.*, 2003; Souza e Silva, 2012; Zanon *et al.*, 2008); jogos de cartas, como o *ChemLig* para abordar distribuição eletrônica, propriedades periódicas dos elementos e o conceito de estabilidade eletrônica (Focetola *et al.*, 2012; Oliveira e Soares, 2005; Oliveira *et al.*, 2010); jogos de tabuleiro, como o “Super átomo”, voltado para estrutura atômica (Castro e Costa, 2011). Há também registros de aplicação de RPG (*Role Playing Games*) (Cavalcanti e Soares, 2009), adaptação do jogo *Banco Imobiliário* (Oliveira *et al.*, 2015), e a realização de “Júri Químico” (Oliveira e Soares, 2005) no ensino de Química, como experiências exitosas.

Negrine (1998) afirma que as atividades prazerosas atuam no organismo causando sensação de liberdade e espontaneidade. Portanto, facilita a aprendizagem por sua própria

acepção, pois os mecanismos para os processos de descoberta são intensificados com a utilização das atividades lúdicas. Isso pôde ser percebido durante a aplicação do jogo “Dama Química”, em que se observou o interesse e o prazer dos educandos ao participar da atividade, e sobretudo porque, ao sondá-los informalmente sobre o conteúdo em momento posterior, percebeu-se que aprenderam satisfatoriamente.

O jogo proposto cumpriu seu objetivo como atividade lúdica, tanto divertindo os educandos como permitindo a construção do seu conhecimento. Tendo em vista que a atividade lúdica pode ser definida como uma ação divertida, seja qual for o contexto linguístico, desconsiderando o objeto envolvido na ação, e se há regras, pode ser considerada um jogo (Soares *et al.*, 2003). O jogo, por sua vez, deve mostrar duas funções: a lúdica e a educativa (Kishimoto, 2017); se a lúdica prevalece na atividade, não passa de um jogo; e se a educativa predomina, é apenas um material didático. Assim, é fundamental a existências das duas funções, havendo equilíbrio para desenvolvimento eficaz.

Nota-se que o jogo é um método adequado de ensino, pois é uma atividade que mexe com o emocional e o intelectual do educando, incentivando-o a pensar em estratégias para resolver as situações propostas pelo exercício, assim buscando um bom desempenho em relação à resolução dos problemas. A

Nota-se que o jogo é um método adequado de ensino, pois é uma atividade que mexe com o emocional e o intelectual do educando, incentivando-o a pensar em estratégias para resolver as situações propostas pelo exercício, assim buscando um bom desempenho em relação à resolução dos problemas.

diversidade de estudos a respeito das atividades lúdicas atesta que o jogo, além de ser fonte de prazer e descoberta para o educando, traduz o cenário sócio-histórico, refletido na cultura, possibilitando a contribuição significativa no processo de construção do conhecimento do educando como mediador de aprendizagem (Melo, 2005). Atividades lúdicas, sobre-

tudo os jogos, estimulam o educando a refletir e questionar se a sua ação trará benefícios em relação ao jogo, levando-o a pensar sobre o assunto estudado e assim aprender, sem precisar memorizar (Marques *et al.*, 2007).

O conhecimento da Química deve ser um meio de interpretar o mundo e intervir na realidade, além de desenvolver capacidade para interpretação e análise de dados, argumentação, conclusão, avaliação e tomadas de decisões (Castilho *et al.*, 1999). Nesse sentido, atividades lúdicas estão entre as estratégias de diversificação de metodologias adotadas para possibilitar que o educando tenha compreensão dos processos químicos estudados na escola, visualizando as devidas aplicações no seu cotidiano (Souza e Silva, 2012). Assim, o jogo quanto a sua dinâmica lúdica, precisa ser considerado como método pedagógico relevante, pois busca atingir a qualidade na metodologia aplicada ao educando para sua aprendizagem (Cunha, 2012).

Enfim, a ludicidade não leva à memorização do assunto explicado, mas permite ao educando pensar, refletir e raciocinar. Além disso, as práticas favorecem ao desenvolvimento ou progresso das competências e habilidades, elevando

a motivação dos educandos perante as aulas de Química, já que o lúdico integra várias dimensões do ser educando, tais como afeto, trabalho em equipe, o seu lidar com regras e limitações, promovendo a construção do conhecimento cognitivo, físico e social (Cunha, 2012).

Considerações Finais

A utilização do jogo Dama Química foi uma estratégia pedagógica bastante interessante para tornar dinâmica a aplicação do conteúdo, facilitando o aprendizado do educando e considerado como uma excelente alternativa auxiliar/complementar no Ensino de Química. A atividade lúdica propiciou um ambiente mais favorável e estimulante para o desenvolvimento intelectual e criativo dos educandos, tornando o conteúdo mais acessível e significativo. Desse modo, caracterizou-se como uma proposta viável para dinamizar a aula de Ciências, por ser de baixo custo e fácil confecção. Além disso, possibilitou a ampliação, tanto pelos PIBIDIANOS quanto pela professora regente, de experiências bem sucedidas sobre o uso de métodos pedagógicos dinâmicos.

A experiência vivenciada ajudou aos PIBIDIANOS enxergar suas potencialidades sobre o desenvolvimento de suas capacidades pessoais e profissionais, os encorajando a novos desafios em adaptações de novos jogos. Enquanto docentes

em formação, verificaram que vivências como esta lhes permitem buscar novas formas de execução do seu trabalho, que de fato motivem e envolvam os educandos numa aula mais divertida e produtiva.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES por conceder as bolsas de Iniciação à Docência a Lindaura Laís Silva Santos e Deise Machado Lima, de Professor Supervisor a Maria José Dias Sales e de Coordenação de Área a Eltamara Souza da Conceição. À Universidade do Estado da Bahia, pela oportunidade e a toda comunidade da Escola Estadual dos Rodoviários, que acolheu os PIBIDIANOS.

Lindaura Laís Silva Santos (lais.silva.15@hotmail.com) e **Deise Machado Lima** (deisebiomachado@gmail.com) são ex-PIBIDIANAS e acadêmicas do Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Estado da Bahia, Alagoinhas, BA – BR. **Maria José Dias Sales** (mariabiologa2007@gmail.com), licenciada em Biologia, doutora em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, professora da Faculdade Santíssimo Sacramento e da rede estadual de ensino. Alagoinhas, BA – BR. **Eltamara Souza da Conceição** (elta_mara@yahoo.com.br), licenciada em Biologia, doutora em Entomologia, coordenadora de Área PIBID/CAPES no período 2014 - 2018 e professora da Universidade do Estado da Bahia, Curso de Ciências Biológicas Alagoinhas, BA – BR.

Referências

AMARAL, A. T.; ANDRADE, C. H.; KUMMERLE, A. e GUIDO, R. V. C. A evolução da Química Medicinal no Brasil: avanços nos 40 anos da Sociedade Brasileira de Química. *Química Nova*, v. 40, n. 6, p. 694–700, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170075>, acesso em jun. 2020.

BRAIBANTE, M. E. F. e ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 1, p. 10–15, 2012.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC). *Base Nacional Comum Curricular -BNCC*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>, acesso em jun. 2020.

CASTILHO, D. L.; SILVEIRA, K. P. e MACHADO, A. H. As aulas de química como espaço de investigação e reflexão. *Química Nova na Escola*, v. 9, p. 14–17, 1999.

CASTRO, B. J. e COSTA, P. C. F. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Fundamental segundo o contexto da Aprendizagem Significativa. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 25–37, 2011.

CAVALCANTI, E. L. D. e SOARES, M. O RPG como estratégia de problematização e avaliação do conhecimento químico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 255–280, 2009.

CUNHA, M. B. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012. Disponível em: http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/07-PE-53-11.pdf, acesso em jun. 2020.

FOCETOLA, P. B. M.; CASTRO, P. J.; SOUZA, A. C. J.;

GRION, L. S.; PEDRO, N. C. S.; IACK, R. S.; ALMEIDA, R. X.; OLIVEIRA, A. C.; BARROS, C. V. T. e VAITSMAN, E. Os jogos educacionais de cartas como estratégia de ensino em química. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 248-255, 2012.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. e RAMOS, M. G. Educar pela pesquisa: as resistências sinalizando o processo de profissionalização de professores. *Educar em Revista*, n. 21, p. 227–241, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.292>, acesso em jun. 2020.

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.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Resumo técnico: censo da Educação Básica 2018* [recurso eletrônico]. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2019. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/informacao-da-publicacao/-/asset_publisher/6JYIsGMAMkW1/document/id/6386080, acesso em jul. 2020.

KISHIMOTO, T. M. *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. São Paulo: Cortez, 2017.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S. e LINDEMANN, R. H. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2043–2052, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422007000800042>, acesso em jun. 2020.

MELO, C. M. R. As atividades lúdicas são fundamentais para subsidiar o processo de construção do conhecimento (continuação). *Información Filosófica*, v. 2, n. 1, p. 128–137, 2005.

NEGRINE, A. *Terapias corporais: a formação pessoal do adulto*. Porto Alegre: Edita, 1998.

OLIVEIRA, A. S. e SOARES, M. H. F. B. Júri Químico: uma atividade lúdica para discutir conceitos químicos. *Química Nova na Escola*, v. 21, p. 18–24, 2005.

OLIVEIRA, L. M. S.; SILVA, O. G. e FERREIRA, U. V. S. Desenvolvendo jogos didáticos para o ensino de química. *Holos*, v. 5, p. 166–175, 2010.

OLIVEIRA, S. O.; SOARES, M. H. F. B. e VAZ, W. F. Banco Químico: um jogo de tabuleiro, cartas, dados, compras e vendas para o ensino do conceito de soluções. *Química Nova na Escola*, v.37, n.4, p. 285-293, 2015.

ONU BRASIL. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>, acesso em fev. 2021.

SILVA, J. M. A. P. O perfil profissional do químico frente às novas realidades das organizações industriais. *Química Nova*, v. 24, n. 1, p. 135–142, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422001000100023>, acesso em jun. 2020.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D. e LIMA, J. P.

M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). *Scientia Plena*, v. 9, n. 7, p. 1–6, 2013. Disponível em: www.scientiaplenu.org.br, acesso em jun. 2020.

SCHWARTZ, G. M. *Dinâmica lúdica*. São Paulo: Manole, 2004.

SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F. e CAVALHEIRO, E. T. G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, v. 18, n. 1, p. 13–17, 2003.

SOUZA, H. Y. S. e SILVA, C. K. O. Dados orgânicos: um jogo didático no ensino de química. *Holos*, v. 3, p. 107–121, 2012.

WARTHA, E.; SILVA, E. e BEJARANO, N. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84–91, 2013.

ZANON, D. A. V.; GUERREIRO, M. A. S. e OLIVEIRA, R. C. Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. *Ciências & Cognição*, v. 13, n. 1, 2008.

ZUCCO, C. Química para um mundo melhor. *Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 733, 2011.

Abstract: *Ionic or covalent? Chemical checkers as a ludic and interactive approach for teaching chemistry in basic education.* This article described and analyzed the application of a ludic activity in the classroom, the didactic-pedagogical game “Dama Química”, developed by undergraduate students in Biological Sciences at the State University of Bahia and Institutional Scholarship Program of Teacher Initiation (PIBID). The use of the game facilitated the students’ learning, having been considered an excellent auxiliary/complementary alternative in the teaching of Chemistry. Thus, it was characterized as a viable proposal to boost the Science/Chemistry class because it is low cost and easy to make. In addition, this experience helped future teachers to perceive their potentialities in the development of their personal and professional capacities, encouraging them to new challenges in adaptations of new games.

Keywords: Teacher training, learning, Chemistry.

GeomeQuímica: um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos de geometria molecular

Cleber S. Silva e Márlon H. F. B. Soares

Este trabalho teve como objetivo elaborar, confeccionar e aplicar um jogo de tabuleiro, cartas e dados para a aprendizagem do tema Geometria Molecular. Após a elaboração do jogo, baseado nos conceitos da Teoria Computacional da Mente, ele foi confeccionado e aplicado em duas turmas de 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública estadual, ora funcionando como Jogo Didático, ora como Jogo Pedagógico. Os dados foram coletados com métodos qualitativos como gravação em áudio e vídeo e anotações em diário de campo. Tais dados foram estudados por meio da Análise de Conteúdo. A partir das atividades desenvolvidas, foi possível perceber que jogos baseados na Teoria Computacional da Mente têm grande potencial para facilitar a aprendizagem de assuntos vistos nas aulas de Química. Nessa teoria, os jogos são desenvolvidos contendo em seu escopo muitas informações que auxiliam a estrutura mental do aluno a construir o conhecimento. Para a Teoria Computacional da Mente, quanto mais informações o sujeito recebe, melhor poderá ser a sua resposta a um problema ou indagação.

► jogo, jogo pedagógico, jogo didático, GeomeQuímica, teoria computacional da mente ◀

Recebido em 20/10/2020, aceito em 19/02/2021

Segundo Kishimoto (2018), podem ser considerados jogos as situações como uma brincadeira com baralho, um cachorro que morde um osso de borracha, um tabuleiro de damas e uma criança que brinca com um carrinho de controle remoto. Entretanto, uma mesma atividade pode ser considerada jogo ou não, dependendo da cultura local.

Para Brougère (1998), o jogo pode ser classificado de três formas possíveis: a) jogo como resultado de um sistema linguístico, ou seja, o jogo para fazer sentido dependerá da linguagem e do contexto social em que está inserido; b) jogo como sistema de regras, isto é, a existência de normas que esquematizam e orientam o funcionamento do jogo; e c) jogo como objeto, ou seja, a presença de algum objeto físico que pode ser utilizado para jogar.

Huizinga (2018) afirma que a existência do jogo não está conectada com uma determinada civilização, ou com alguma noção de universo. O jogo pode ser considerado como uma habilidade indispensável ao sujeito, isto é, o jogo é inato ao indivíduo. Para Huizinga (2018), é possível definir as origens e os fundamentos do jogo como sendo descargas de energia vital superabundante, ou como satisfação de um certo “instinto de imitação”, ou ainda simplesmente como uma “necessidade” de distensão, sendo o jogo constituído

como uma preparação do jovem para as tarefas sérias que mais tarde a vida dele exigirá.

Huizinga (2018), além de apontar as origens do jogo, o define como um elemento da cultura que, portanto, tem origem antes mesmo da própria cultura. Ainda para Huizinga (2018), o jogo é função da vida; entretanto, não pode ser definido em termos lógicos, biológicos ou estéticos. Assim, Huizinga (2018) cita algumas características próprias do jogo: a) O jogo é uma atividade que gera prazer no jogador; b) O jogo possui um caráter não sério; c) O jogo é uma atividade voluntária; d) O jogo não se caracteriza na realidade, ao contrário, o jogo é a saída desta para uma vida imaginária; e) O jogo é caracterizado pela existência de regras explícitas e implícitas; e, por fim, f) o jogo é isolamento e limitação, isto é, todo jogo acontece em um determinado lugar e momento previamente delimitado de maneira material ou imaginária.

De acordo com Kishimoto (2018), o jogo começou a ser utilizado na educação nas escolas de Roma a fim de oferecer uma educação elementar de maior ludicidade aos seus alunos. O interesse pelos jogos caiu com a ascensão do Cristianismo que propunha uma educação com foco na disciplina e na doutrinação, vendo o jogo como algo pecaminoso. Nesse cenário, conforme Kishimoto (2018)

explica, não havia mais muito espaço para os jogos, uma vez que eram considerados pelo Cristianismo como uma transgressão da fé, por causarem o riso, a alegria e o prazer. Esses sentimentos não eram estimulados na época, pois a mortificação do corpo seria uma reparação pelo sofrimento de Cristo.

Contudo, com a Renascença em meados do século XIV e XVI, a felicidade volta, aos poucos, a tomar conta da Europa, fazendo com que a Igreja não exigisse mais nenhum tipo de sacrifício, mas sim o desenvolvimento pleno da alma (Soares, 2015). Assim, segundo Kishimoto (2018), o jogo deixa de ser considerado um ato pecaminoso e, passa de maneira gradual a ser utilizado com mais frequência no dia a dia dos jovens. É importante esclarecer que os jogos não pararam de ser utilizados antes do período da Renascença: o que houve foi um decaimento no uso dos jogos, e não uma paralisação total do seu uso, o que caracterizaria uma fragmentação do seu uso antes e depois da Renascença.

Nesse sentido, Kishimoto (2018) afirma que o jogo com função educativa surge no século XVI, como auxiliar da atividade docente, tendo, pois, a finalidade de atuar como uma ferramenta que facilita o processo de aprendizagem dos alunos. Nesse século, o jogo relacionado com a educação é visto como significativo pela Congregação dos padres da Companhia de Jesus – os Jesuítas – para a formação educacional do ser humano. Com o uso de jogos, o ensino da escolástica (pensamento crítico tradicional) foi substituído pelo uso de tábuas murais que eram quadros que serviam para colar imagens, letras e números. O baralho também assumiu um caráter educativo quando o padre Thomas Murner começou a ensinar dialética utilizando figuras, fazendo com que o aprendizado de seus alunos acontecesse de forma mais dinâmica (Kishimoto, 2018).

Desse modo, os jogos começaram a ser utilizados em diversas áreas da educação como, por exemplo, Latim, História, Geografia, Religião e Matemática, sempre com o intuito de facilitar a construção do conhecimento. Os jogos, que antes eram vistos como delituosos, passaram a serem vistos como uma ferramenta útil e dinâmica para facilitar a tarefa de construção do aprendizado de plebeus até príncipes (Kishimoto, 2018).

O jogo de cunho educativo é pensado para fazer surgir diversas habilidades nos jogadores, de modo livre e sem intencionalidade. Esse tipo de jogo pode ser informal ou formal. Se informal, o jogo educativo não carregará a intenção de ensinar conteúdos curriculares. Por outro lado, se formal, o jogo educativo carregará a intencionalidade da ação pedagógica de construir aprendizagens de conceitos.

Segundo Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018), o Jogo Educativo Formal pode ser desmembrado em duas vertentes: Jogo Didático e Jogo Pedagógico, conforme ilustrado na Figura 1.

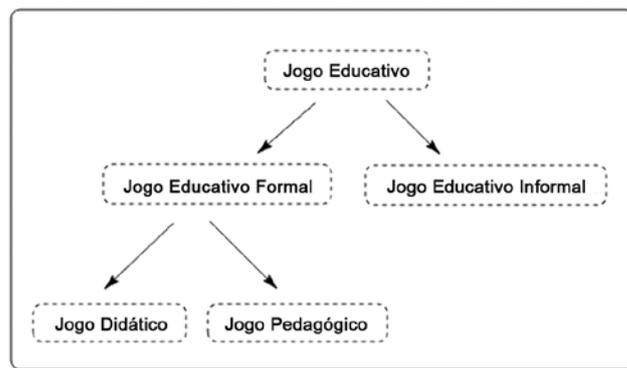


Figura 1: Proposição esquemática das classificações do Jogo Educativo. Fonte: os autores.

Assim, Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) afirmam que o Jogo Didático surge quando este for adaptado, exclusivamente, de um jogo já conhecido, no qual se insere conteúdos escolares relacionados a alguma área do conhecimento cuja construção do aprendizado se deseja propiciar.

Finalmente, do Jogo Educativo Formal emerge o Jogo Pedagógico. Para Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018), o Jogo Pedagógico é um Jogo Educativo Formalizado contendo alto grau de ineditismo, objetivando desenvolver nos jogadores habilidades cognitivas de determinados conteúdos. Esse tipo de Jogo Educativo Formalizado é aquele que pode ser considerado flexível, isto é, pode ser utilizado para ensinar o conceito sem a

necessidade de o professor ter discutido o conteúdo antes, ou seja, ensina-se o conteúdo por meio do jogo, mas também pode ser utilizado como reforço, mantendo, portanto, as características avaliativas do jogo.

O Jogo Pedagógico é aquele criado exclusivamente para ajudar na construção do conhecimento de algum conteúdo. Assim, ele pode ser utilizado pelo professor como ponto de partida ao se abordar um determinado tema, ou seja, o professor pode inserir o jogo antes mesmo de falar de um determinado conteúdo em sala de aula.

De acordo com Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018), tanto o Jogo Didático quanto o Jogo Pedagógico devem manter com rigidez sua função educativa, específica e seletiva, visando proporcionar a construção de aprendizagens sobre determinados conteúdos curriculares, contribuindo para que o aluno tenha um pensamento crítico, seja capaz de resolver problemas em seu cotidiano, e que o jogo favoreça suas habilidades cognitivas.

Em relação à participação dos alunos nos jogos, eles devem ser convidados a jogar o Jogo Didático depois que o professor já tenha ministrado aulas sobre o assunto que será abordado no jogo. Por outro lado, os alunos devem participar do Jogo Pedagógico antes de o professor ter falado sobre determinados conteúdos que estarão no escopo do jogo. Ambos os tipos de jogos, para serem inseridos nos ambientes educacionais, devem ser desenvolvidos com técnica e

O jogo de cunho educativo é pensado para fazer surgir diversas habilidades nos jogadores, de modo livre e sem intencionalidade. Esse tipo de jogo pode ser informal ou formal.

seriedade. Além disso, Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) explicam que esses jogos devem passar por um processo de planejamento, execução (aplicação prévia) e avaliação de todas as etapas antes de serem utilizados em sala de aula.

Nesse sentido, o Jogo Pedagógico e o Didático são ferramentas que auxiliam nos aspectos motivacionais, sociais, colaborativos e efetivos no ambiente escolar para inúmeros objetivos. Para Cleophas, Cavalcanti e Soares, (2018), tais jogos podem ser utilizados para sanar lacunas geradas durante o processo de Ensino e Aprendizagem, rever conceitos, promover uma aprendizagem ativa, fomentar a curiosidade e estimular a resolução de problemas de modo mais dinâmico e cada vez menos formal.

Assim, o processo de aprendizagem de conceitos de Química frequentemente tem sido explicado nos jogos por meio de teorias cognitivas como, por exemplo, as de Vigotski, Bruner e Piaget. A Teoria Computacional da Mente procura explicar o processo de aprendizagem que pode ocorrer, por meio do jogo, na estrutura cognitiva dos estudantes.

A Teoria Computacional da Mente (TCM)

A Teoria Computacional da Mente é uma teoria baseada no computacionalismo de Hilary Putnam. O computacionalismo elenca as seguintes teses que aproximam o cérebro e a mente de um computador: i) o cérebro é um computador digital; ii) a mente é um programa computacional; e iii) as operações do cérebro podem ser simuladas em um computador digital. No entanto, segundo Searle (1992), as teses do computacionalismo podem ser refutadas e uma nova metáfora computacional pode ser elaborada. De acordo com Piccinini e Bahar (2013), tais teses podem ser refutadas, uma vez que o processamento de informações na mente humana é muito mais complexo que as informações processadas por um sistema computacional.

Nesse sentido, a ideia de que a mente e o cérebro podem ser explicados de forma análoga a um sistema computacional é bastante controversa. Atualmente, há na comunidade científica teóricos como Pinker (1998) e Horst (2005) que concebem a aproximação entre cérebro, mente e computador. Por outro lado, há estudiosos que não concebem tal relação como, por exemplo, Fodor (2001) e Searle (1992).

Assim, optou-se como guia teórico para este trabalho a Teoria Computacional da Mente – que é baseada no computacionalismo – para compreender como pode acontecer o aprendizado de Química na estrutura mental de alunos do Ensino Médio. Pinker (1998) esclarece que a TCM se enquadra no modelo de teoria psicobiológica, pois está amparada biologicamente considerando a mente como oriunda da evolução e afirmando que pensar é computar. Com isso, reafirma a ideia de que a mente funciona como um *software* e

o cérebro como um *hardware*. Assim, segundo Pinto (2000), a TCM está fundamentada no estudo da biofisiologia do cérebro que considera o processamento de informação como a atividade fundamental do cérebro e, em especial dos neurônios, cuja finalidade é conduzir, na forma de símbolos, a informação elaborada pelo mundo externo até a mente, fazendo com que tal informação seja então processada.

A TCM possui os seguintes conceitos: símbolo, *input*, *output* e processamento, que são utilizados para explicar como o aprendizado acontece na estrutura mental do sujeito. Para que a informação seja processada pela mente humana e, conseqüentemente, tal informação se transforme em conhecimento, é necessário que o cérebro receba um ou vários símbolos. Para Timm (2004), os símbolos se referem às coisas externas ao indivíduo, porque são gerados pela informação sobre o mundo que chega por meio dos sentidos. Ainda segundo essa autora, os símbolos são processados pelos módulos mentais especializados em cada uma das áreas de interação com o mundo como, por exemplo, visão, audição e linguagem, em padrões e conexões que são postas pela própria programação genética do indivíduo.

De acordo com Pinker (1998), as informações na Teoria Computacional da Mente corporificam-se em símbolos que são, para esse autor, uma coleção de marcas físicas corre-

lacionadas ao estado do mundo como ele é apreendido pelas proposições. Ou seja, as informações podem ser denominadas como sendo símbolos que são recebidas na estrutura mental por meio do *input*. Segundo Makirriain (2014), o processo em que diversos símbolos são levados da estrutura externa do indivíduo até suas representações mentais é denominado de *input*. Isto é, as informações que estão presentes

no ambiente são conduzidas à estrutura mental do sujeito por meio dos *inputs*.

Por outro lado, Pinker (1998) afirma que *output* significa o resultado do processamento da informação realizado pela estrutura mental do indivíduo. Assim, quando o indivíduo recebe o símbolo em sua estrutura mental ocorre o processamento da informação recebida, e após esse processamento será originado o *output*.

De acordo com Timm (2004), o processamento da informação, que também pode ser denominada símbolo, viabiliza não apenas as categorizações do conhecimento majorante, mas também lógicas abstratas. Ainda para a referida autora, o processamento dos símbolos ocorre porque na mente humana já existem *softwares* instalados desde o nascimento do sujeito. Esses *softwares* são os símbolos mentais inatos na estrutura mental do sujeito, que viabilizam o uso da capacidade de realizar processamento em todas as áreas de conhecimento.

Pinker (1998) diz que quanto mais símbolos o sujeito possuir em sua estrutura mental e, por sua vez, quanto mais

A TCM possui os seguintes conceitos: símbolo, *input*, *output* e processamento, que são utilizados para explicar como o aprendizado acontece na estrutura mental do sujeito. Para que a informação seja processada pela mente humana e, conseqüentemente, tal informação se transforme em conhecimento, é necessário que o cérebro receba um ou vários símbolos.

símbolos o sujeito adquire durante seu processo de envenhecimento, mais significativo será o processamento dos símbolos existentes e recebidos, pois o cérebro poderá fazer um número ilimitado de processamentos de uma única vez. Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar e desenvolver um jogo baseado na Teoria Computacional da Mente para a aprendizagem de conceitos relacionados à geometria molecular de alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública no interior do Estado de Goiás.

Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa é de cunho qualitativo, pois o ambiente que utilizamos foi o próprio local de trabalho de um dos autores, o espaço da sala de aula da escola pública onde construímos nosso estudo de forma indutiva. Para Triviños (1987), na pesquisa qualitativa o pesquisador não permanece à margem da realidade que estuda. Pelo contrário, ele está imerso no campo de pesquisa de modo a captar pessoalmente os significados, e assim compreender os fenômenos que estuda.

Dentre os diversos tipos de pesquisa qualitativa, esta se caracteriza como estudo de caso, pois analisamos um determinado caso em específico. Para Lüdke & André (1986), o caso a ser estudado precisa ser bem definido e delimitado de forma clara e precisa durante o desenvolver da análise. Assim, a opção pelo estudo de caso neste trabalho se deu primeiramente devido à singularidade que pretendíamos buscar nos valores encontrados em uma pesquisa qualitativa. Pois, de acordo com Yin (1984), o estudo de caso permite realizar uma investigação de modo a preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real. Nesse sentido, o caso que analisamos neste texto foi a participação de duas turmas de 1ª série em um jogo de tabuleiro com o

objetivo de facilitar a aprendizagem de conceitos relacionados à geometria molecular.

Assim, esta pesquisa foi realizada em três partes. A primeira foi a construção de um Jogo Educativo Formal. A segunda foi a participação dos alunos de duas turmas da 1ª série do Ensino Médio, de uma escola pública estadual de uma cidade no interior de Goiás, no jogo. A última parte foi a fase de análise dos dados coletados, por meio de gravações e posterior transcrição das falas dos estudantes durante a aplicação dos jogos, além da análise das observações anotadas em Diário de Campo. A partir desses instrumentos de coleta de dados, utilizamos a técnica de Análise de Conteúdo, da qual emergiu a categoria de análise denominada: Redes Associativas, que será discutida adiante na seção Resultados e Discussão.

Construção do Jogo

Com base na Teoria Computacional da Mente foi construído o Jogo Educativo Formal denominado GeomeQuímica. Nossa proposta é baseada em uma mistura de jogo de tabuleiro com jogo de cartas. O Tabuleiro está representado na Figura 2.

Optamos pelo tabuleiro, pois inferimos a partir de Pinker (1998) acerca da necessidade de o jogo ter um objetivo a ser alcançado, isto é, para favorecer *inputs* é necessário que o jogo apresente um início e um fim. O uso das cartas compõe o escopo do nosso jogo, pois, de acordo com Pinker (1998), a inteligência não vem de um espírito, matéria ou energia, mas da informação. Assim, as cartas darão ao jogador informações, que na estrutura cognitiva mental, por meio dos *inputs* poderão se converter em conhecimento. Um exemplo de uma carta utilizada em nosso jogo é apresentado na Figura 3.



Figura 2: Tabuleiro do GeomeQuímica.

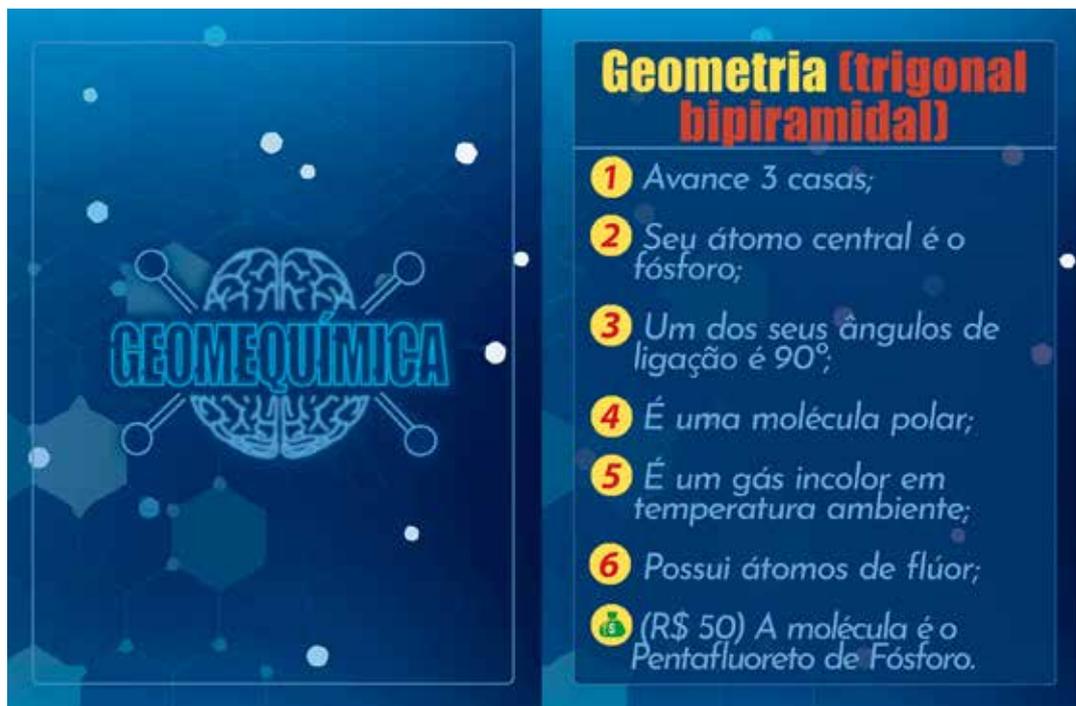


Figura 3: Exemplo de uma carta do GeomeQuímica.

O jogo que foi desenvolvido aborda conhecimentos a respeito de geometria molecular, polaridade das moléculas e ângulo das ligações.

Participação dos Alunos no Jogo

Os alunos de duas turmas de primeira série do Ensino Médio foram convidados a participarem do nosso jogo. Aqui as denominaremos turma A e turma B. Na turma A foram ministradas, no turno vespertino, quatro aulas de quarenta minutos de duração envolvendo temas relacionados à geometria molecular, ângulo e polaridade das moléculas. Na turma B, não foi ministrada uma aula inicial.

Depois da quarta aula os alunos da turma A foram convidados, de acordo com a disponibilidade e a vontade de cada um, a voltarem à escola no contraturno (matutino) do dia seguinte para participarem de uma atividade, que não foi informada aos alunos. Optamos por convidar os alunos a participarem do jogo no contraturno devido à sala de aula conter quarenta e cinco alunos sendo, portanto, inviável realizar a atividade em uma sala pequena e com tantos alunos. Outro fator que colaborou para que essa decisão fosse tomada foi o tempo da hora aula que é de quarenta minutos. Dessa forma, para explicar as regras, organizar os grupos e iniciar o jogo não haveria tempo suficiente. Dos quarenta e cinco alunos matriculados na turma A, trinta e nove estavam presentes no dia em que foi feito o convite para participarem do jogo no dia seguinte. Doze alunos compareceram à escola para a atividade na manhã seguinte.

Ao chegarem para participar do jogo, os alunos se dividiram em dois grupos com seis alunos cada um. Aqui denominaremos o Grupo 1 de G1 e, os alunos serão denominados de A1 até A6. Já o Grupo 2 será nomeado de G2, e os alunos,

de B1 até B6. Em seguida, foi apresentado para os alunos o jogo, suas regras e objetivos. As regras do GeomeQuímica estão listadas na Figura 4.

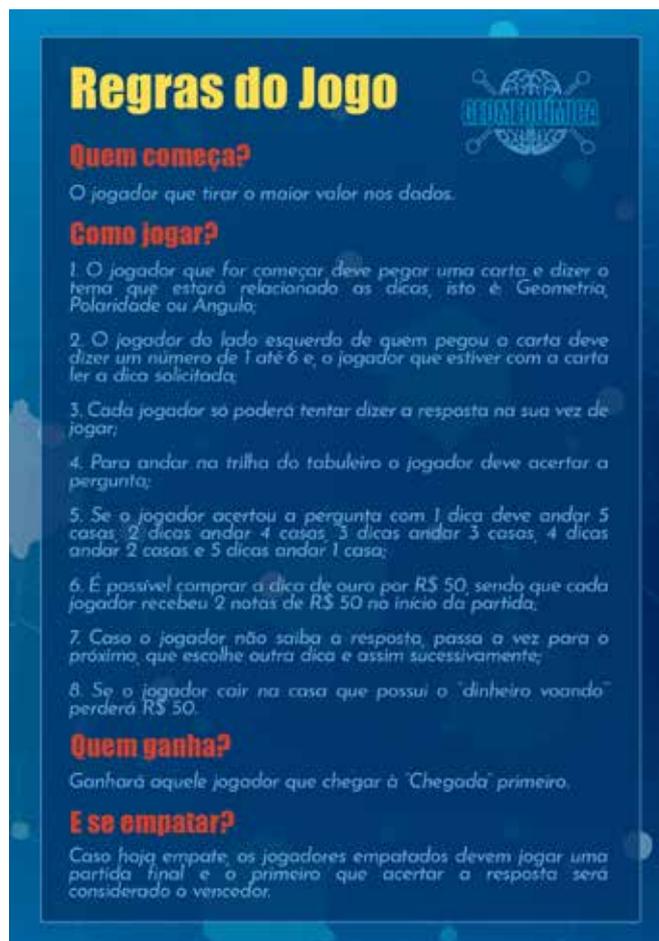


Figura 4: Regras do GeomeQuímica.

Para Chateau (1987), a existência das regras, além de ser uma característica do jogo, é também um ato normal, uma vez que a ordem e as regras estão postas no cotidiano das pessoas. No que diz respeito ao jogo, Kishimoto (2018) afirma que as regras são obrigatórias, e delimitam o bom funcionamento e o andamento do jogo quando bem entendidas.

Finalmente, após o entendimento das regras, os alunos jogaram o GeomeQuímica enquanto um aluno de cada um dos grupos gravava as falas de todos os jogadores em seu telefone celular. Tais gravações foram enviadas para um dos autores deste trabalho.

A turma B possuía quarenta e três alunos, dos quais trinta e dois estavam presentes no dia em que o convite foi estendido a eles. É importante ressaltar que foi reafirmada a total liberdade para aceitarem ou não o convite para participar da atividade que seria proposta no contraturno (matutino). No dia da aula no contraturno, estiveram presentes onze alunos da turma B. Estes foram separados, de acordo com suas afinidades, em dois grupos, um com seis e outro com cinco alunos.

Feita a divisão dos alunos, as regras e os objetivos do jogo foram explicados para eles. Foi denominado de G3 o grupo formado pelos seis alunos, que serão aqui nomeados de C1 até C6. O grupo com cinco alunos será chamado de G4, e seus membros, de D1 até D5.

Com os grupos G1 e G2, a nossa intenção foi compreender as potencialidades e limitações do GeomeQuímica funcionando como Jogo Didático. Por isso, essa turma teve aulas sobre o conteúdo antes de participarem do jogo. Com G3 e G4 o objetivo foi compreender o GeomeQuímica funcionando como um Jogo Pedagógico, ou seja, a possibilidade de ensinar por meio do jogo, sem que os alunos tivessem visto o conteúdo antes.

Resultados e Discussão

Apontaremos, agora, as possíveis associações que os alunos realizaram durante o Jogo. Discutiremos, ainda, os possíveis processamentos de informação realizado por eles, com a finalidade de encontrarem as respostas esperadas durante o jogo. Para isso, analisaremos a seguir algumas falas retiradas do G1, que é formado pelos alunos que participaram de aulas sobre o conteúdo abordado no jogo antes de jogarem. É importante salientar, ainda, que algumas falas dos estudantes não tinham o devido aprofundamento qualitativo, uma vez que se tratava de alunos da 1ª série do Ensino Médio, isto é, eram alunos que tinham 14 anos de idade e, portanto, recém-chegados ao Ensino Médio. No entanto, foi possível fazer uma discussão de suas falas, como mostra trecho extraído a seguir:

A3: o tema da carta é geometria. Vai A2 pede uma dica.

A2: 2.

A3: é uma molécula polar.

A2: então...se ela é polar...é.

A5: “pra” mim só existe duas polares.

A2: Tetraédrica.

A3: não é não.

A5: calma aí...é polar?

A2: é.

A5: 107°?

A2: não.

A3: seu ângulo de ligação é 107°.

A5: “ué”...é piramidal, ela vai ser polar.

A3: isso.

A4: sua geometria é trigonal piramidal.

A5: ué...ela é polar.

A1: é uma molécula polar.

A2: polar...107°.

A1: não.

A2: sim “ué”.

Quando A3 diz que o tema da carta é geometria, A2 pede a sua dica, em seguida A3 diz que a molécula é polar. Naquele momento A2 disse: “se ela é polar...é tetraédrica”. A partir dessa fala, o aluno parece associar o fato de a molécula ser polar com a sua geometria ser tetraédrica. A

informação “polar” pode ter sido ancorada no símbolo geometria na estrutura mental de A2. Assim, essa informação foi processada e esse processamento gerou o *output* que foi verbalizado por A2: “tetraédrica”.

Entretanto, a resposta não foi a esperada, mas o possível processamento realizado pela estrutura mental de A2 faz algum sentido, pois existem moléculas polares com geometria tetraédrica, como a molécula de clorometano (CH_3Cl). O que pode ter ocorrido para que A2 não acertasse a resposta é que provavelmente o número de informações disponíveis era pequeno naquele momento do jogo para serem levadas por meio do *input* à sua estrutura mental.

Para Pinker (1998), as informações conferem um benefício pelo qual é válido esperar. Ou seja, quanto mais informações, maior teria sido a possibilidade de A2 ter acertado a resposta. Ainda para Pinker (1998), mais informações levam a uma recompensa maior e compensam seu custo adicional. Portanto, quanto maior o número de informações, maior será a quantidade de *inputs* que serão realizados, ou seja, maior a quantidade de símbolos levados à estrutura mental. E, conseqüentemente, melhor será o processamento das informações recebidas que serão finalmente verbalizadas na forma de algum conhecimento por meio dos *outputs*.

Corroborando a ideia de Pinker (1998) de que quanto mais informações mais *inputs* e melhor o processamento mental, A3 revela mais uma dica para o grupo: o ângulo de ligação é 107°. Assim, A5 recebe a informação na forma da dica que foi dada por A3, e ao juntar essa informação com as informações já recebidas – é geometria, polar, existência de apenas duas geometrias polares (ideia verbalizada por A5) e

Para Chateau (1987), a existência das regras, além de ser uma característica do jogo, é também um ato normal, uma vez que a ordem e as regras estão postas no cotidiano das pessoas.

não é tetraédrica – A5 leva tais informações a sua estrutura mental por meio de *inputs*, convertendo-as em símbolos. Esses símbolos são processados pelo computador neural, fazendo com que o conhecimento saia na forma do *output*, e seja externado por meio da fala de A5, que diz: “piramidal”, que é a resposta esperada.

Para Timm (2004), o processamento da informação na forma de símbolos está relacionado à capacidade que o cérebro tem de realizar representações mentais do conhecimento (representação visual, fonológica e gramatical), em camadas complexas e interrelacionadas a redes associativas de significados.

Desse modo, inferimos que as representações fonológicas que foram dadas a A5, por meio das dicas oriundas da carta do jogo, podem ter feito com que camadas complexas da mente tenham processado essas representações originando a resposta esperada por meio do *output* que foi verbalizado pelo aluno (“piramidal”).

Analisaremos, a seguir, um trecho proveniente das falas dos alunos que participaram do GeomeQuímica no G2. É preciso lembrar que os alunos que compuseram o G2 assistiram a quatro aulas envolvendo assuntos de Geometria Molecular

para posteriormente participar do nosso jogo. Assim sendo, no G2 o GeomeQuímica foi classificado como Jogo Didático. Tais falas estão transcritas abaixo:

B5: *é sobre ângulo também.*

B5: *o tema é ângulo. “Escolhe” um número.*

B4: *4.*

B5: *é uma molécula apolar.*

B4: *deixa eu lembrar quais são as apolares. Apolar ou polar?*

B5: *apolar. Tem o a.*

B4: *180°.*

B5: *acertou.*

Observamos que o aluno B5 diz que o tema da carta é ângulo, em seguida B4 pede a dica de número 4, e B5 diz que é uma molécula apolar. Assim, B4 parece buscar em sua estrutura mental quais são as moléculas apolares, quando tenta lembrar quais são as moléculas apolares.

Para Timm (2004), o computador neural opera com muitos elementos ativados em graus de probabilidades de que a afirmação seja verdadeira ou falsa, permitindo ao ser humano lidar com ambiguidades e complexidades. A resposta dada por B4 após buscar em sua estrutura mental e realizar nela o processamento das informações recebidas na forma de dicas depende da presença ou ausência dos símbolos pré-existentes que se referem à polaridade das moléculas e a ângulos.

Dessa forma, B4 parece possuir esses símbolos, tendo em vista que, após processar as dicas fornecidas por B5, ele acertou a resposta que era esperada. O que provavelmente não aconteceria com um jogador que não possuísse tais símbolos.

O G3 usou o GeomeQuímica como Jogo Pedagógico:

os alunos participaram do jogo sem terem participado de aulas sobre a temática abordada. Abaixo está transcrito um momento que ocorreu durante o jogo do G3:

C1: *o tema é ângulo.*

C2: *dica número 3.*

C1: *encontrado em produtos para alisamento de cabelo.*

C6: *“ah”...é um produto.*

C2: *sei lá...água oxigenada.*

C1: *lógico que não.*

C4: *4.*

C1: *seu átomo central é o fósforo.*

C2: *e daí?*

C4: *Potássio.*

C6: *eu quero a 6.*

C1: *é o mais importante dos cloretos de fósforo.*

C6: *pode repetir as outras dicas.*

C1: *seu átomo central é o fósforo, é uma molécula polar, é usada na fabricação de moléculas organofosforados, peça outra dica e o 6 é o mais importante dos cloretos de fósforo.*

C6: *ângulo eu não sei “velho”...eu ia falar fáiisca.*

C4: *fáiisca? Meu Deus!*

C1: *é ângulo.*

Para Timm (2004), o computador neural opera com muitos elementos ativados em graus de probabilidades de que a afirmação seja verdadeira ou falsa, permitindo ao ser humano lidar com ambiguidades e complexidades.

Percebemos que quando C1 verbaliza a dica de número três: encontrado em produtos para alisamento de cabelo, o jogador C2 diz que a resposta é água oxigenada. Essa resposta não era a esperada por C1. Tal resposta, provavelmente, foi influenciada pela fala de C6 quando diz que a

resposta deve ser um produto.

Para Timm (2004), o processamento mental não implica que a resposta certa será dada em um tempo determinado, nem que se possa definir o que está completamente certo ou errado. O processamento mental dependerá das informações recebidas e dos símbolos pré-existentes na estrutura mental de cada sujeito.

O jogador denominado C2 dá uma resposta incorreta, certamente influenciado por C6, e isso ocorre provavelmente por não possuir determinados símbolos em sua mente, o que possibilitaria que as informações recebidas durante o jogo, ou seja, as dicas, fossem levadas pelo *input* e ancoradas.

Quando comparamos C2 com B4 percebemos que B4 acerta e C2 não acerta a resposta esperada, o que nos faz entender que possivelmente B4 possui determinados símbolos mentais que provavelmente C2 ainda não possui. O que é totalmente normal, tendo em vista que o jogador B4 pertence ao G2 que antes de participar do jogo teve uma aula sobre os assuntos do jogo, enquanto C2, que é do G3, não participou de uma aula que abordasse os assuntos envolvidos no GeomeQuímica. Por outro lado, a resposta dada por C2 (água oxigenada) não é ruim, apesar de não ser a resposta esperada. Essa associação realizada por C2 pode ter relação com algum ou alguns símbolos que este indivíduo carrega em sua estrutura mental.

De acordo com Pinker (1998), a mente pode variar em sua estrutura inata, isto é, as descobertas, respostas e pensamentos ditos coerentes dependem diretamente dos símbolos pré-existentes na mente.

Outro ponto a ser destacado nesse trecho do G3 é quando C6 pede para C1 repetir as dicas mencionadas anteriormente. C1 assim o faz e C6 parece processar a informação de que a molécula da qual ele deve dizer o ângulo é um dos mais importantes cloretos de fósforo, e ao realizar o *output*, C6 diz: fásca.

Para Pinker (1998), a busca na mente por informações é necessária, pois quanto mais informações, melhor será o processamento destas, fazendo com que os *outputs* sejam os esperados, ou seja, considerados corretos. Por isso, vimos C6 solicitar a C1 a repetição das dicas já mencionadas. Entretanto, mesmo com C1 repetindo todas as informações, C6 não conseguiu alcançar a resposta que era esperada, provavelmente devido à falta de símbolos pré-existentes que o ajudariam nessa tarefa.

Podemos inferir, portanto, que C6 disse o vocábulo “fásca” como resposta por ter realizado o *input* da informação “cloreto de fósforo”, que foi processada em sua estrutura mental, e possivelmente ancorado em algum símbolo que possibilitou a associação de fósforo com fogo, gerando, então, o *output* que foi verbalizado como fásca.

Acreditamos que o GeomeQuímica possibilita *inputs* e *outputs*. O que fará com que o jogador consiga acertar uma determinada questão do jogo será a presença de símbolos pré-existentes em sua estrutura mental. Para Pinker (1998), para que o sujeito consiga elaborar um conjunto de regras que originem apenas conclusões sensatas, se faz necessário que a mente possua estruturas inatas ou posteriormente adquiridas.

Por fim, discutiremos um pequeno trecho transcrito dos diálogos do G4. Lembrando que os alunos do G4 são aqueles que não participaram de aulas antes de jogar o GeomeQuímica. O trecho é o seguinte:

D3: *é ângulo.*

D4: *2.*

D3: *sua geometria é tetraédrica.*

D4: *não sei.*

D5: *6.*

D3: *é considerado um solvente orgânico ideal. Ideal.*

D5: *90°.*

D3: *não. Quase.*

D2: *3.*

D3: *é uma molécula apolar.*

D2: *sei não.*

D1: *1.*

D3: *o átomo central é o carbono.*

D1: *não sei.*

D5: *qual a resposta?*

D3: *era 109°.*

D1: *como que nós “vai” saber isso?!*

Nessa rodada do G4 vimos que nenhum dos jogadores conseguiu acertar a resposta esperada (109,5°). Nem mesmo o jogador D1, que foi o último da rodada, conseguiu acertar. Esperávamos o contrário, pois D1 foi o jogador que mais recebeu informações com as quais poderia contar. No entanto, podemos inferir, neste caso, que os jogadores D4, D2 e D1 não possuíam símbolos, em sua estrutura mental, referentes às questões abordadas no jogo. Por isso, os jogadores não conseguiram acertar a resposta, mesmo conforme as informações iam sendo fornecidas.

Se, por um lado, é certo dizer que uma grande quantidade de informações fornecidas durante o jogo possibilita

que o processamento delas seja mais eficaz na estrutura mental do sujeito, por outro, somente as muitas informações não bastam. Percebemos que é de extrema importância que o jogador do GeomeQuímica possua em sua mente determinados símbolos

pré-existentes para que, por meio dos *inputs*, as informações sejam ancoradas nesses símbolos e, então, o processamento aconteça com mais eficácia e assim produza o *output* esperado.

Considerações Finais

Como foi visto, o jogo é definido como sendo aquelas situações que envolvem uma brincadeira de dominó, um gato que brinca com um novelo de lã e um tabuleiro de xadrez, por exemplo. Quanto às suas origens, o jogo não está ligado a uma determinada civilização ou época, mas, está ligado ao próprio indivíduo de forma inata. Algumas características como: prazer, não-seriedade, voluntário, não se ancora na realidade, possuir regras, isolamento e limitação, precisam fazer parte de um jogo.

Percebemos com este trabalho que o GeomeQuímica pode ser utilizado para ensinar conceitos como geometria molecular, ângulo de ligação e polaridade das moléculas. Os elementos que compõem o escopo do nosso jogo são tabuleiro e cartas, e para jogá-lo são necessários grupos de quatro a dez alunos. O referencial adotado para análise foi a Teoria Computacional da Mente.

Notamos que, quando os alunos participaram do GeomeQuímica atuando como Jogo Didático, este funcionou de forma muito positiva, pois os jogadores possuíam mais símbolos em suas estruturas mentais e, conseqüentemente, inferimos que ocorreram *outputs* melhores. Quando uma dica era dada, o aluno ancorava essa informação por meio do *input* em um símbolo pré-existente em sua estrutura mental, fazendo com que o processamento da informação ocorresse, gerando, portanto, um *output* que, por consequência, era a resposta correta esperada.

Por outro lado, quando os alunos jogaram o GeomeQuímica como Jogo Pedagógico, este não apresentou um resultado tão satisfatório, do ponto de vista das respostas esperadas.

De acordo com Pinker (1998), a mente pode variar em sua estrutura inata, isto é, as descobertas, respostas e pensamentos ditos coerentes dependem diretamente dos símbolos pré-existentes na mente.

Entendemos que os alunos não possuíam determinados símbolos em sua estrutura mental, provavelmente fazendo com que a informação fosse ancorada em símbolos que não tinham correlação direta com o que era previamente esperado. A correlação acontecia, mas ancorada em símbolos de acordo com a similaridade das informações, e não de acordo com os conceitos mencionados.

Enfim, com este trabalho apresentamos uma pequena contribuição de como a Teoria Computacional da Mente pode se juntar à Teoria do Jogo para a construção de um jogo no qual o aprendizado dos alunos pode ser reforçado por meio da aplicação de um jogo funcionando como Jogo Didático.

A nossa intenção com essa pesquisa não foi descrever como a mente do nosso aluno, enquanto jogador, funciona, mas tentar, por meio da Teoria Computacional de Mente, inferir como pode ser o funcionamento da estrutura mental do aluno que participou do GeomeQuímica.

Por fim, o GeomeQuímica enquanto Jogo Pedagógico não deve ser rechaçado, pois permitirá ao professor trabalhar com as respostas não esperadas, ou seja, trabalhar com os erros dos alunos, priorizando, portanto, um amplo desenvolvimento mental do aluno, e possibilitando uma introdução ao tema que será posteriormente estudado, o que não é costumeiramente realizado pelas escolas. Dessa forma, o Jogo Pedagógico tem, ainda, o potencial para atuar como instrumento avaliativo, auxiliando, portanto, o professor em sala de aula.

Referências

BROUGÈRE, G. *O Jogo e a Educação*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D. e SOARES, M. H. F. B. Afinal de Contas, é Jogo Educativo, Didático ou Pedagógico no Ensino de Química/Ciências? Colocando os Pingos nos "is". In: CLEOPHAS, M. G. e SOARES, M. H. F. B. (Org.). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências*. São Paulo: Livraria da Física, 2018, p. 33-43.

FODOR, J. A. *The Mind Doesn't Work That Way: The Scope and Limits of Computational Psychology*. Massachusetts: The MIT Press, 2001.

HORST, S. *The Computational Theory of Mind*. Stanford: Stanford University Press, 2005.

HUIZINGA, J. *Homo Ludens: O Jogo como Elemento da Cultura*. São Paulo: Perspectiva, 2018.

KISHIMOTO, T. M. *O Jogo e a Educação Infantil*. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

LÜDKKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. Rio de Janeiro: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MAKIRRIAIN, J. M. Z. Acerca del carácter representacional de la mente: la mente representacional. *Psychology, Society & Education*, Almería, v. 6, n. 2, p. 125-144, 2014.

PICCININI, G. e BAHAR, S. Neural Computation and

Cleberon Souza da Silva (cleberonssilva@gmail.com), licenciado em Química pelo Instituto Federal de Goiás. Mestre em Química pela Universidade Federal de Goiás. Doutorando em Educação em Ciências pela Universidade de Brasília. É professor nível III da Secretaria da Educação do Estado de Goiás. Goiás – GO, BR. **Márlon Hébert Flora Barbosa Soares** (marlon@ufg.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia. Mestre em Química e doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos. É professor titular da Universidade Federal de Goiás, onde coordena o Laboratório de Educação Química e Atividades Lúdicas. Goiás – GO, BR.

the Computational Theory of Cognition. *Cognitive Science*, Weinheim, v. 34, p. 453-488, 2013.

PINKER, S. *Como a Mente Funciona*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

PINTO, M. C. Teoría Computacional de la Mente. *Revista Medicina*, Bogotá, v. 22, n. 3, p. 188-192, 2000.

SEARLE, J. *The Rediscovery of the Mind*. Massachusetts: The MIT Press, 1992.

SOARES, M. H. F. B. *Jogos e Atividades Lúdicas para o Ensino de Química*. Goiânia: Kelps, 2015.

TIMM, M. I. Computador Neural que Identifica Objetivos e Estratégias para Obtê-los. *Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2004.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à Pesquisa Qualitativa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas, 1987.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman, 1984.

Para Saber Mais

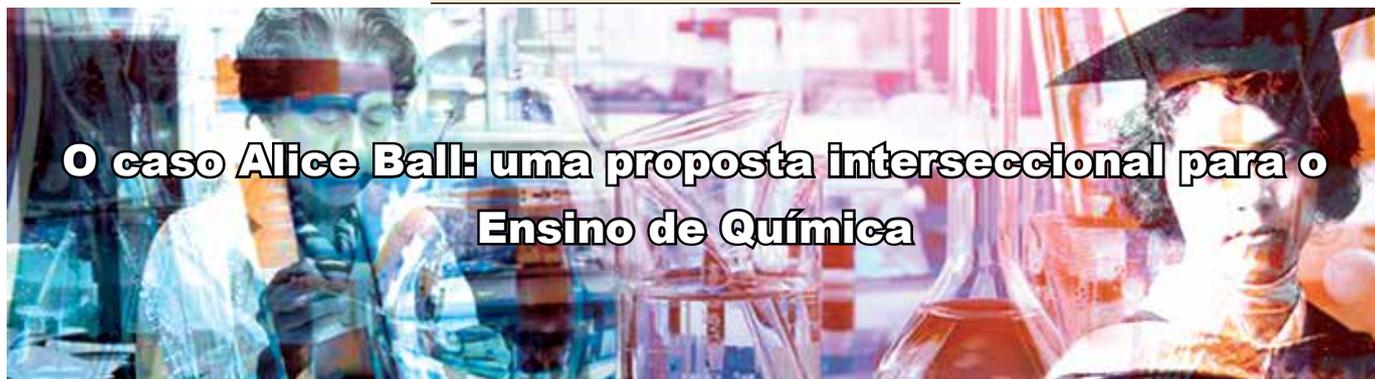
PINKER, S. *Do que é Feito o Pensamento*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

PINKER, S. *Tábula Rasa*. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

SILVA, C. S. *Os Jogos e a Teoria Computacional da Mente no Ensino de Química*. Goiânia: Kelps, 2021.

Abstract: *GeomeQuímica: a game based on the Computational Theory of Mind to facilitate the learning of molecular geometry concepts.* This paper aims to elaborate, to make and to apply a board, cards, and dice game to facilitate the learning of Molecular Geometry concepts. After the elaboration of the game, based on the concepts of the Computational Theory of Mind, it was applied in two first grade classes of a public state high school. The game was used as either a Didactic Game or a Pedagogical Game. Data were collected using qualitative methods such as audio and video recording and notes in a field diary. Such data were studied by means of Content Analysis. From the activities developed, it was possible to realize that games based on the Computational Theory of Mind have a great potential to facilitate the learning of subjects studied in Chemistry classes. In this theory, games can be developed in a way that it contains, in their scope, a lot of information that help the student's mental structure to build knowledge. For the Computational Theory of Mind, the more information the subject receives, the better the responses to solve a problem or an inquiry.

Keywords: game, pedagogical game, didactic game, GeomeChemistry, computational theory of mind.



O caso Alice Ball: uma proposta interseccional para o Ensino de Química

Carolina Q. Santana e Letícia dos S. Pereira

Este texto é parte de um estudo sobre a interseccionalidade de Raça e Gênero na História e Ensino de Química centrado na trajetória da química norte-americana Alice Augusta Ball (1892-1916). Apresentamos brevemente a trajetória de Alice Ball, seu legado para a química e medicina, o processo de apagamento do seu trabalho e a redescoberta da sua história. Utilizando o desenho metodológico da *Design Research*, desenvolvemos uma sequência didática para o Ensino de Química concebida para inserir nas aulas de química a discussão sobre representatividade e interseccionalidade nas ciências. Iniciamos o primeiro ciclo do *design*, estabelecendo seus princípios e elaborando um protótipo que foi submetido à revisão por pares. Após tal avaliação, reformulamos a sequência didática, que pretendemos utilizar em escolas públicas de Salvador e da região do Recôncavo da Bahia.

► Alice Ball, efeito Matilda, ensino de química, interseccionalidade ◀

Recebido em 15/07/2020, aceito em 30/10/2020

380

Joan Scott (1995, p. 86) conceitua gênero como um “elemento constitutivo das relações sociais baseadas nas diferenças percebidas entre os sexos” e se configura como uma forma primária das relações de poder. A ciência entendida como respostas ao processo histórico de desenvolvimento humano é assim tensionada pelas opressões relacionadas a gênero. Enquanto instrumento de poder e soberania de um sistema patriarcal, ainda hoje, mesmo com todas as lutas do movimento feminista pela equidade de gênero, as mulheres passam por inúmeras dificuldades para obter reconhecimento no ambiente científico.

Todavia, no desenvolvimento da práxis científica, algumas mulheres conseguiram desempenhar papéis importantes que por vezes foram atribuídos a homens, situação que ficou conhecida como *Efeito Matilda* (Rossiter, 1993). Percebemos que, quando a interseccionalidade entre

raça e gênero adentra ao campo das ciências, essa negligência se acentua. Raça se configura como outra forma primária de relação de poder que, intercruzada com gênero, expõe mulheres negras a opressões de gênero acrescidas do racismo.

Infelizmente, as histórias de mulheres negras pouco são

apresentadas nas escolas e acabam sendo esquecidas. Quando utilizadas, baseiam-se em biografias romantizadas, que não levam em conta os desafios vividos por essas mulheres, de modo que a educação científica tem falhado em proporcionar representatividade em sala de aula, desfavorecendo especialmente o processo de formação de meninas negras que poderão se tornar futuras cientistas. A literatura que aponta as vantagens

relacionadas ao uso da História, Filosofia e Sociologia das Ciências (HFSC) é ampla, mas ainda poucas propostas são produzidas tratando de temáticas sociais como a desigualdade racial e de gênero.

Assim, acreditamos que para mudar esse cenário de formação de mulheres negras cientistas e sua participação na ciência brasileira nós precisamos mostrar aos estudantes

A ciência entendida como respostas ao processo histórico de desenvolvimento humano é assim tensionada pelas opressões relacionadas a gênero. Enquanto instrumento de poder e soberania de um sistema patriarcal, ainda hoje, mesmo com todas as lutas do movimento feminista pela equidade de gênero, as mulheres passam por inúmeras dificuldades para obter reconhecimento no ambiente científico.

A seção “Ensino de Química em Foco” inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

que existiram e existem mulheres na ciência, apresentando os obstáculos enfrentados por elas como incentivo para construção e empoderamento de futuras gerações de mulheres negras cientistas.

Optamos neste trabalho por utilizar a história da cientista negra norte-americana Alice Ball. Alice desenvolveu pesquisas sobre o óleo de chaulmoogra e seu potencial para o tratamento da hanseníase, uma das doenças mais antigas da humanidade, em um período marcado pela segregação racial nos Estados Unidos. Sua história conta com pontos interessantes, que nos parecem fundamentais ao se discutir o lugar da mulher negra na ciência.

Dessa forma, partimos do seguinte questionamento: Quais características uma sequência didática sobre o caso da cientista negra Alice Ball deve ter para colaborar com a equidade de raça e gênero no ensino de química no contexto do ensino médio público? Para isso, utilizamos o desenho metodológico da *Design Research* ou Pesquisa de Desenvolvimento (Plomp, 2009), iniciando o primeiro ciclo do *design*. Neste artigo abordamos os princípios identificados na literatura e em seguida propomos uma sequência didática baseada nesses princípios. Até o momento foi feita a primeira validação do protótipo, por meio da avaliação por pares. Contamos com uma ampla variedade de avaliadores, principalmente professores de ciências da Natureza e áreas correlatas, que atuam tanto na educação básica quanto no ensino superior.

Equidade de Gênero, Interseccionalidade e Efeito Matilda

Nesta seção são apresentados os principais conceitos que acreditamos ser pertinente discutir ao pensar um ensino de química pautado na equidade de raça e gênero, e que, como veremos a seguir, estão bem entrelaçados na história de Alice Ball.

A partir do início do século XX as mulheres começaram a organizar-se enquanto grupo em busca por direitos na sociedade. Pesquisadoras/es analisam o movimento histórico das mulheres e suas lutas sociais em três períodos distintos, fortemente marcados por diferentes demandas sociais que foram surgindo a cada década, chamadas de primeira, segunda e terceira onda do feminismo (Pedro, 2011).

Inicialmente, o movimento feminista lutava especialmente pelo direito ao voto e acesso a oportunidades de trabalho, sendo encabeçado pelo movimento sufragista que se desenvolveu no início do século XX. Essas mulheres buscavam uma sociedade mais igualitária, na qual homens e mulheres possuíssem direitos iguais, movimento conhecido como Feminismo da Igualdade (Schiebinger, 2001). Acredita-se que desse período tenha emergido o conceito de igualdade de gênero.

Com o passar dos anos e o crescimento do movimento feminista, novas demandas foram aparecendo em suas pautas: o feminismo de segunda onda identificou e questionou o

patriarcado como a base constituinte da sociedade e atacou suas estruturas. Assim, percebeu-se que não se tratava de lutar apenas por igualdade, pois mulheres e homens são biologicamente, sexualmente e historicamente demarcados de formas distintas. Era então necessário buscar dispositivos que possibilitassem a participação das mulheres no mundo do trabalho e nas demais esferas sociais, considerando o quanto as questões de gênero são cruciais para a compreensão da estrutura e dinâmica da sociedade. Essas questões

suscitaram a emergência da ideia de equidade de gênero (Keller, 2006). O termo equidade passa a substituir igualdade, partindo do princípio de que não basta apenas oferecer condições iguais a homens e mulheres, mas é necessário oferecer condições que

permitam às mulheres serem bem-sucedidas em um mundo que é predominante e estruturalmente dominado por homens. A terceira onda do feminismo reforçou ainda mais o entendimento de que apenas a igualdade não era suficiente, ao enfatizar a importância do fator interseccional que incorpora outros marcadores de opressão, principalmente a raça, ao preconceito de gênero (Pedro, 2011). Dessa forma, ao se pensar um ensino de química que busque a equidade de raça e gênero, percebemos a importância de trazer aspectos que incorporem de modo não-romantizado a história de mulheres negras que se destacaram na ciência, mostrando os obstáculos enfrentados e privilégios existentes (quando for o caso) e como tais fatores influenciaram a sua trajetória acadêmica.

Um conceito que destacamos para o projeto de ensino que defendemos aqui é o de interseccionalidade. De acordo com Crenshaw (2002), interseccionalidade é o conceito empregado quando soma-se ao preconceito de gênero, outros fatores de opressão, como raça, sexualidade, classe, etc. As mulheres marcadas por fatores interseccionais possuem obstáculos ainda maiores para ingressar na ciência e para terem seus direitos de equidade garantidos, visto que essas mulheres enfrentam, além do racismo, o machismo e a misoginia pregada por uma sociedade dominada por homens.

Nesse sentido, lembramos a categoria do “outro” cunhada por Simone de Beauvoir, em *O segundo sexo*, de 1949. De acordo com essa categoria, a mulher foi constituída como o “outro”, já que é vista como objeto em uma sociedade hegemonicamente masculina. Do mesmo modo, os negros também são assim tratados como o “outro” em uma cultura que vivencia um racismo estrutural (Ribeiro, 2019). Na intersecção entre ambos, Grada Kilomba afirma que a mulher negra é “o outro do outro”, posição que a coloca em um lugar ainda mais subjugado, como relata:

As mulheres negras foram assim postas em vários discursos que deturpam nossa própria realidade: um debate sobre racismo onde o sujeito é o homem negro; um discurso sobre gênero onde o sujeito é a mulher branca; e um discurso sobre classe onde a “raça” não

Inicialmente, o movimento feminista lutava especialmente pelo direito ao voto e acesso a oportunidades de trabalho, sendo encabeçado pelo movimento sufragista que se desenvolveu no início do século XX.

tem lugar. Nós ocupamos um lugar muito crítico em teoria. É por causa dessa falta ideológica, argumenta Heide Safia Mirza, que as mulheres negras habitam um espaço vazio, um espaço que sobrepõe as margens da “raça” e do gênero, o chamado “terceiro espaço”. Nós habitamos um tipo de vácuo de apagamento e contradição “sustentado pela polarização do mundo em um lado negro e de outro lado, de mulheres”. (...) Este é, é claro, um dilema teórico sério, em que os conceitos de “raça” e gênero se fundem estreitamente em um só. Tais narrativas separativas mantêm a invisibilidade das mulheres negras nos debates acadêmicos e políticos (Kilomba, 2012, p. 56).

Assim, as mulheres negras precisaram encontrar o seu próprio lugar, esse “terceiro espaço”, gerando seu próprio movimento. Um dos resultados foi o feminismo negro, vinculado a nomes reconhecidos mundialmente como Angela Davis, bell hooks (Gloria Jean Watkins) e Patricia Hill Collins.

O debate sobre a exclusão feminina também alcançou a historiografia sobre mulheres na ciência, como a proposição do conceito de efeito Matilda por Margaret Rossiter (1993). Seguindo o princípio de outro termo, o efeito Matthew, que se relaciona à desvalorização ou apropriação do trabalho de cientistas menos conhecidos ou em posições inferiores na hierarquia acadêmica pelos cientistas de maior renome e nível hierárquico, o efeito Matilda surgiu para denunciar casos em que trabalhos realizados por mulheres são atribuídos a homens ou quando sua participação é diminuída.

Alguns exemplos do efeito Matilda são muito famosos na história da ciência. As cientistas Lise Meitner (1878-1968) e Rosalind Franklin (1920-1958) fizeram pesquisas decisivas, a primeira em relação à descoberta da fissão nuclear e a segunda sobre a estrutura de dupla hélice do DNA, mas foram negligenciadas pela história da ciência durante muito tempo, não recebendo os devidos créditos e tendo seus trabalhos atribuídos a cientistas homens (Lima, 2016; Maddox, 2002).

O curioso é que, ao buscarmos os casos de efeito Matilda na historiografia de mulheres cientistas, não encontramos nenhum caso de destaque relacionado a uma mulher negra, o que nos faz questionar: será que mulheres negras não passaram por tais situações? Acreditamos que passaram, mas tais casos sofrem um apagamento histórico, de modo que os dispositivos criados para denunciar situações de opressão vivenciadas por mulheres na ciência acabam deixando de lado as mulheres negras.

Percebemos assim a importância de se apresentar uma história que enfatiza o lugar de cada sujeito, isto é, os privilégios, obstáculos, e intersecções que os colocaram em tal lugar. Ou seja, não adianta pensarmos em uma história de mulheres na ciência, ou um Ensino de Ciências que valorize

as histórias dessas mulheres, partindo de um lugar que negligencia seus corpos e suas vivências. Se assim for feito, estamos cometendo os mesmos erros da ciência hegemônica.

Alice Ball: Elementos Biográficos

Apresentamos aqui uma breve biografia de Alice Ball a partir de trabalho anterior (Pereira *et al.*, 2019), com o objetivo de contextualizar a sequência didática aqui apresentada.

O caso da cientista Alice Ball se constitui como um bom exemplo da história da ciência que revela inúmeros fatores de opressão. Por meio da sua história, é possível discutir a forma que a interseccionalidade entre raça e gênero acentua ainda mais a exclusão na ciência. Além disso, sua vivência é fortemente marcada pela negligência de suas pesquisas, culminando em uma situação de efeito Matilda.

Alice Ball nasceu em Seattle, Estados Unidos, em 1892. Ela era a terceira filha de uma família afro-americana proeminente: seu avô era um fotógrafo importante, conhecido por retratar personagens negros importantes, e seu pai era advogado e editor de um jornal

(Cederlind, 2008; Wermager, 2004). Desse modo, apesar de ter sua trajetória científica marcada pelo preconceito racial e pelo machismo, Ball possuía uma condição econômica confortável que a permitiu obter uma formação científica.

Alice Ball (Figura 1) ingressou na Universidade de Washington aos dezoito anos, onde se formou nos cursos de Química (1912) e Farmácia (1914). Após concluir sua graduação, Ball foi aceita como estudante de mestrado na Faculdade do Havaí, onde se tornou a primeira mulher – e primeira mulher negra – a receber o título de mestre em Química naquela instituição (Mendheim, 2007).



Figura 1: Alice Ball na ocasião de sua formatura como mestre em Química. Fonte: Archives of University of Hawaii.

Após concluir seu mestrado, Ball tornou-se instrutora de laboratório na mesma instituição. Foi nessa posição que Ball conheceu o médico Harry T. Hollmann, que a convidou a pesquisar as propriedades terapêuticas do óleo da planta chaulmoogra, utilizado por diferentes povos contra doenças de

pele. Pesquisas da segunda metade do século XIX indicavam que o óleo de chaulmoogra possuía potencial terapêutico para o tratamento da Hanseníase, doença causada pelo bacilo de Hansen para a qual não havia cura (Santos *et al.*, 2008).

Contudo, o óleo bruto da chaulmoogra apresentava baixa eficácia e causava sérios efeitos colaterais quando injetado nos pacientes. Assim, Hollmann precisava da expertise de Ball em Química para isolar o princípio ativo do óleo e tornar o tratamento mais efetivo (Brown, 2011).

Mais do que separar e identificar os componentes do óleo de chaulmoogra usando métodos de separação simples, como a filtração e cristalização fracionada, Alice Ball isolou os ácidos graxos responsáveis por suas propriedades terapêuticas e os converteu em ésteres de etila, aumentando a absorção das substâncias pelo corpo humano.

O método utilizado por Ball permaneceu como um dos principais tratamentos contra a hanseníase até a introdução de antibióticos (sulfonas) na década de 1940 (Parascandola, 2003; Hollmann, 1922).

Em 1916, Ball sofreu um acidente de trabalho, inalando gás cloro. Supõe-se que tal acidente tenha sido o responsável pela sua prematura morte na véspera do Natal de 1916, em Seattle, antes de finalizar sua pesquisa sobre o óleo de chaulmoogra (Mendheim, 2007).

Após sua morte, sua pesquisa foi concluída e publicada pelo químico Arthur Lyman Dean (1878-1952), presidente da Universidade do Havá entre 1914 e 1927. Dean omitiu a participação de Alice Ball nas pesquisas sobre o óleo de chaulmoogra nos artigos que publicou sobre o tema nos anos seguintes, assumindo a autoria do seu trabalho – um típico exemplo de efeito Matilda (Pereira *et al.*, 2019).

Contudo, o caso de Alice Ball não reflete unicamente a discriminação de gênero. É possível analisar a omissão sofrida por ela a partir de uma perspectiva racial. Alice Ball era uma mulher negra e, por isso, o apagamento do seu legado está inserido no contexto do racismo institucionalizado no sistema universitário norte-americano do início do século XX. Assim, a maneira mais adequada de compreender o apagamento da trajetória de Ball da história da química é por meio de um ponto de vista interseccional, sobrepondo a discriminação racial e de gênero.

A história de Alice Ball poderia ser mais uma entre outras histórias de mulheres na ciência que foram ocultadas por um modo de sociabilidade fundado na exploração, que perpetua o machismo e o racismo em todas as esferas sociais. Felizmente, o destino de sua história foi diferente: seu legado foi redescoberto graças aos pesquisadores norte-americanos Stanley Ali, que encontrou menções a Ball em um livro da década de 1930, e Kathryn Takara, que encontrou a documentação de Alice Ball durante uma pesquisa sobre a trajetória das mulheres negras no Havá (Cederlind, 2008). Graças a

essa descoberta, Alice Ball foi reconhecida postumamente pela sua contribuição para a Química e Medicina, além de ter se tornado um exemplo de como as cientistas negras são omitidas da história da ciência e precisam lutar para serem reconhecidas por seu trabalho.

Aspectos Metodológicos

Diante da problematização aqui levantada, buscamos

neste trabalho desenvolver uma proposta didática para as aulas de química que colabore para a equidade de gênero e étnico-racial, usando como elemento contextual a história de Alice Ball. Para isso utilizamos uma abordagem metodológica chamada *Design Research*, ou pesquisa de desenvolvimento, que propõe um desenho metodológico eficiente

para a produção de produtos educacionais.

De acordo com Plomp (2009), essas pesquisas são realizadas em fases cíclicas, objetivando a produção de produtos educacionais e a elaboração de princípios de design. Nas primeiras fases, são pensadas as investigações preliminares para mensuração do problema identificado com base na literatura. Nessa fase inicial também deve ser pensado o contexto ao qual esse problema educacional está situado, no nosso caso, escolas públicas do ensino médio situadas na capital e no Recôncavo da Bahia. Após essa fase inicial, é desenvolvida a fase de prototipagem, na qual alguma inovação educacional é desenvolvida – no caso em questão, uma sequência didática. A fase da prototipagem visa uma validação empírica da inovação educacional e é desenvolvida em ciclos (Sepúlveda *et al.*, 2016, *apud* Souza, 2017). Esse desenho metodológico pode ser melhor visualizado na Figura 2.

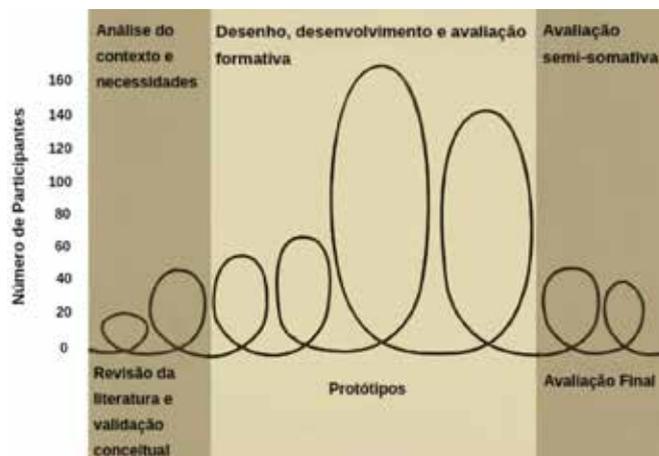


Figura 2: Desenho metodológico do *Design Research*. Fonte: McKenney, 2001, *apud* PLOMP, 2009, p. 14.

Neste trabalho, apresentamos o primeiro ciclo do design e iniciaremos o segundo ciclo: a partir da literatura e do

contexto pensado, foram desenvolvidos os princípios de design e foi elaborada uma primeira versão da sequência didática. Em seguida, realizamos por meio de um formulário *online* a primeira avaliação por pares. Para isso, contamos com a colaboração de 28 pesquisadores ou professores das áreas de ciências, compondo um corpo heterogêneo de pesquisadores em nível de graduação, mestrado e doutorado e professores atuantes no ensino superior e na educação básica. Além da sequência didática, foram avaliados por esses colaboradores os princípios de design que guiaram a construção da mesma.

Os princípios de design foram classificados pelos avaliadores em quatro categorias: I. Muito Relevante, II. Relevante; III. Pouco Relevante e IV. Indiferente. Após essa classificação, foi solicitado aos avaliadores que deixassem comentários e sugestões sobre suas respectivas respostas. Do mesmo modo, as etapas da sequência didática foram classificadas nas seguintes categorias: I. Atingem os objetivos completamente, II. Atingem os objetivos parcialmente, III. Não atingem os objetivos. Em seguida foi solicitado aos avaliadores que comentassem sua avaliação e propusessem sugestões.

Com base nos resultados dessas avaliações, reformulamos a nossa sequência didática. Apresentamos a seguir os resultados dessas avaliações, os princípios de design e a sequência didática reelaborada. Nossa intenção é futuramente dar continuidade à pesquisa e apresentar posteriormente a avaliação do protótipo de design após sua aplicação em contexto educacional.

Princípios de Design

Os princípios de design foram desenhados seguindo a fórmula de Van den Akker (1999):

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável prover esta intervenção das características A, B, e C, e a fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M em razão dos argumentos P, Q, e R (Van den Akker, 1999, p. 9).

O problema educacional que fundamenta nossa proposta de intervenção é o ensino de química que negligencia a colaboração de mulheres negras no desenvolvimento da ciência, perpetuando uma visão excludente da atividade científica, que não contribui para a equidade de gênero e raça, e não gera representatividade em sala de aula. Sendo assim, elaboramos uma sequência didática que, além de contribuir para o ensino de conceitos químicos, permita discutir questões de gênero e étnico-raciais em sala de aula, conscientizando as/os estudantes sobre a relevância dos trabalhos das mulheres

negras na ciência e colaborando para a representatividade feminina e negra na prática científica.

O contexto desta pesquisa vivencia essa problemática de perto. Tanto a cidade de Salvador quanto as cidades do Recôncavo da Bahia possuem em grande parte uma população negra cuja juventude frequenta majoritariamente as escolas públicas, onde as questões de gênero e raça são pouco presentes nas aulas de ciências.

Tendo em vista nosso objetivo e contexto de intervenção, desenvolvemos 4 princípios de design, sendo eles:

Princípio 1 - Utilizar do conceito de interseccionalidade para explicar a demarcação de gênero e raça na exclusão na ciência e trazer visibilidade às cientistas negras por meio de análise de estudos de casos, filmes, estatísticas e notícias que evidenciem o fator interseccional na história das ciências. Tal

Tanto a cidade de Salvador quanto as cidades do Recôncavo da Bahia possuem em grande parte uma população negra cuja juventude frequenta majoritariamente as escolas públicas, onde as questões de gênero e raça são pouco presentes nas aulas de ciências.

princípio justifica-se em razão da ideia de interseccionalidade nos auxiliar a compreender a difícil inserção da mulher negra na ciência, pois o debate sobre desigualdade de gênero na ciência acentua-se quando incorporado o preconceito racial, visto que a população negra também é minoria nesses diálogos (Piscitelli, 2008).

Princípio 2 - Uso do conceito de efeito Matilda, para refletir sobre a necessidade de sistematizar a invisibilidade da história de mulheres na ciência especialmente de mulheres negras, de modo que com essa demarcação possa se ter maior visibilidade. A ideia de efeito Matilda será apresentada por meio do estudo do caso de Alice Ball e a omissão do seu papel nas pesquisas sobre o óleo de chaulmoogra. A história de Alice Ball é relevante porque apresenta diversos exemplos de machismo e omissão do trabalho feminino na atividade científica e os exemplos históricos mais frequentes do efeito Matilda não mostram casos envolvendo mulheres negras. Isso não significa que essas mulheres não sofrem situações de exclusão, mas sim que elas são mais excluídas no ambiente científico (Euclides *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2019).

Princípio 3 - Utilização da História, Filosofia e Sociologia das Ciências (HFSC) para o ensino dos conteúdos Ácidos Carboxílicos, Ésteres, e Reações de Esterificação por meio da história das investigações de Alice Ball sobre o óleo de chaulmoogra. Em razão da literatura afirmar que o uso da HFSC no ensino de ciências pode contribuir não apenas com a apropriação dos conteúdos científicos, mas também com o ensino sobre a natureza da ciência e a compreensão de que o conhecimento científico reflete as relações sociais, a visão de mundo e a cultura em diferentes contextos históricos (Scheid, 2018; Oki; Moradillo, 2008; Freire Júnior, 2002; Carvalho; Gil-Pérez, 1998; Matthews, 1995), espera-se que a introdução de elementos de HFSC contribua para a apropriação contextualizada dos conteúdos químicos, assim como permita aos estudantes conhecer sobre a pesquisa científica de Alice Ball.

Princípio 4 - Abordagem e utilização do lugar de fala para contribuir com o empoderamento das/dos estudantes

e aproximar a ciência da realidade do contexto escolar, por meio da busca sobre a trajetória e o trabalho de cientistas negras, em razão da necessidade de apresentar a existência de mulheres negras na ciências como aporte de representatividade – visto que essas mulheres trazem em sua construção social elementos que não podem ser compreendidos desassociados de suas vivências e práticas (Collins, 2002). Acreditamos que é preciso valorizar o ponto de vista da mulher negra na atividade científica, assim como é preciso apresentar a ciência como um espaço que precisa ser ocupado por indivíduos de diferentes gêneros, raças, orientações sexuais, classes sociais, etc.

Os princípios foram submetidos à avaliação por pares. Todos eles foram classificados como I. Muito Relevante por 80% dos avaliadores, de modo que acreditamos que os princípios apresentados estão adequados à sequência didática. Apesar disso, recebemos algumas críticas e sugestões. No que se refere ao princípio 1 destacamos o seguinte comentário:

sobre o princípio 1, não me parece que o conceito de interseccionalidade é heurístico para demarcar efeitos de marcadores de identidade diferentes, mas mais para entender como eles funcionam em experiências de opressão distintas de pessoas que experimentam seu cruzamento, sua intersecção. Não é o caso, por exemplo, de nas mulheres negras, entender que opressão sofrem por serem negras e por serem mulheres separadamente, mas sim como o intercruzamento dessas identidades lhes colocam em uma experiência específica de opressão em relação à mulheres brancas e em relação aos homens negros.

Em resposta, destacamos que nossa intenção com a utilização do conceito de interseccionalidade, como exposto anteriormente, é mostrar como a intersecção entre vários marcadores sociais são importantes na percepção de como as opressões se acentuam em relação aos atores sociais. Esse é o caso das mulheres negras, que vivenciam a opressão de raça e de gênero e que, sem dúvida, trazem consequências para a participação dessas mulheres em áreas como as ciências. Talvez a natureza da crítica resida no próprio conceito de interseccionalidade, que é deveras complexo. No formulário de avaliação da SD apenas apresentamos os princípios e a sequência didática, não trouxemos uma discussão teórica mais aprofundada para discussão do conceito. Assim, acreditamos que a crítica apresentada poderia ter sido sanada se tivéssemos, por exemplo, inserido na ferramenta de avaliação o texto apresentado na seção “Equidade de Gênero, Interseccionalidade e Efeito Matilda”.

No que se refere ao princípio 2, destacamos o seguinte comentário:

[...] destacamos que nossa intenção com a utilização do conceito de interseccionalidade, como exposto anteriormente, é mostrar como a intersecção entre vários marcadores sociais são importantes na percepção de como as opressões se acentuam em relação aos atores sociais

Não sei se entendi bem, mas apesar de interessante e relevante trazer o conceito de efeito Matilda, acho importante pontuar que esse não era o único motivo da invisibilidade das mulheres na ciência, até porque o problema maior tá (sic) na estrutura da sociedade, nos papéis de cada um de acordo com as diferenças sexuais, espaço público-privado e etc. senão fica parecendo que o problema todo da invisibilidade é de um homem que roubou o trabalho de uma mulher.

Em momento algum tivemos a intenção de afirmar que o efeito Matilda seria a única causa da exclusão das mulheres, pelo contrário, explicamos que o caso de Alice Ball é relevante porque os exemplos históricos mais frequentes do efeito Matilda não mostram

casos envolvendo mulheres negras. Buscamos assim colocar os fatores principais como o machismo e preconceitos raciais estruturantes em nossa sociedade. No entanto, optamos por alterar o princípio deixando explícito que o efeito Matilda não é a única causa da opressão de gênero na ciência e que o uso desse conceito sistematiza e traz mais visibilidade às mulheres que foram oprimidas na ciência.

No que se refere ao princípio 3, acatamos algumas sugestões direcionadas à forma como os conceitos serão trabalhados na sequência didática, os quais discutiremos na seção seguinte. Quanto ao princípio 4, destacamos o seguinte comentário:

Uma proposta bastante importante dentro do contexto das relações étnico-raciais. O único problema é a questão do lugar de fala, que ao meu ver é um conceito excludente e não apresenta realmente uma possibilidade de compreender o histórico de opressão dos povos pretos ao longo da história, inclusive recomendo a leitura do livro Lugar de negro, Lugar de branco? Esboço a crítica da metafísica racial de Douglas Ribeiro. Nesse livro, o autor apresenta uma perspectiva histórica e radical do conceito de raça, evidenciando a forma como se deu essa diferenciação ao longo da história.

Entendemos o exposto pelo avaliador e percebemos como essa crítica se faz pertinente. Contudo, consideramos que aqui cabe uma distinção de entendimento do conceito de lugar de fala tanto por um posicionamento ontológico quanto epistemológico. Adotamos esse conceito sob a ótica de Djamilia Ribeiro, feminista negra que vem se destacando em estudar as questões inerentes às mulheres negras. Acentuamos aqui o nosso posicionamento de que concordamos com o conceito de lugar de fala como um instrumento importante no entendimento e luta frente às questões de gênero e étnico-raciais.

Uma Proposta para um Ensino de Química em Busca da Equidade de Gênero e Representatividade

A sequência didática aqui pensada foi dividida em quatro momentos. A duração de cada um desses momentos depende do contexto educacional da sala de aula a ser desenvolvido, sendo necessário o conhecimento prévio do perfil da turma para a sua utilização. Delimitamos que a sequência didática será voltada para estudantes do 3º ano do Ensino Médio e será aplicada em escolas públicas da cidade de Salvador e Recôncavo da Bahia.

A seguir, apontamos nos Quadros 1 a 4 os quatro momentos da sequência didática elaborada, assim como os princípios que os originaram, os objetivos de ensino e aprendizagem almejados em cada momento e as atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. Também apresentamos uma breve discussão sobre as atividades propostas, esclarecendo sua importância e como se relacionam aos objetivos de ensino e aprendizagem. A sequência didática apresentada a seguir leva em consideração as sugestões expostas na avaliação por pares.

O primeiro momento (Quadro 1) da sequência didática baseia-se no Princípio de Design 1. A partir de exemplos de omissão e exclusão das mulheres, em especial mulheres negras, da ciência, os estudantes conhecerão o conceito de interseccionalidade, necessário para compreender as relações de gênero e raça na ciência e a importância de destacar as contribuições dessas mulheres.

Para atingir os objetivos de aprendizagem propostos, foram elaboradas primeiramente três atividades. A primeira atividade consiste na busca por imagens de cientistas mulheres e cientistas mulheres negras no livro didático de Química – busca esta que certamente será pouco efetiva, visto que os livros didáticos pouco abordam a contribuição dessas mulheres para a ciência, sinal do apagamento histórico sofrido por elas. A segunda atividade consiste na discussão

entre os estudantes sobre quais cientistas eles conhecem por nome de maneira espontânea, percebendo que maioria dos cientistas conhecidos popularmente e reconhecidos por suas atividades científicas são do sexo masculino. Por fim, será exibido e discutido o filme *Estrelas Além do Tempo* (*Hidden Figures*, 2016), que aborda a trajetória de três cientistas negras cujos trabalhos foram fundamentais para o programa espacial norte-americano no período da Guerra Fria. A última atividade foi incluída após a avaliação da SD.

Obtivemos 75% de avaliações que consideravam que as propostas atingiram completamente a objetivos e 25% que atingiram parcialmente. As sugestões e preocupações foram voltadas para a inclusão do conceito de interseccionalidade e a duração da SD. No que se refere ao primeiro aspecto, incluímos como tópico de atividades propostas a discussão conceito de interseccionalidade a partir do filme exibido. Quanto ao tempo, aumentamos de 4 para 5 aulas, mas enfatizamos aqui que essa duração depende também da disponibilidade que o professor possui em sua escola, e aqui apresentamos apenas uma sugestão.

O segundo momento (Quadro 2) da sequência didática baseia-se nos Princípios 1 e 2. Obtivemos 78,6% de avaliações que consideravam que as propostas atingiram completamente os objetivos e 24,4% que atingiram parcialmente. Os avaliadores também fizeram sugestões quanto à coerência entre o objetivo de ensino e as propostas, que foram incorporadas à SD. Assim, a partir das atividades realizadas no momento 1, as/os estudantes conhecerão a trajetória de Alice Ball e deverão identificar as situações de opressão sofridas por essa cientista. Nesse momento será apresentado o conceito de efeito Matilda, presente no segundo princípio de design da sequência didática.

Como atividade, será apresentado e discutido o texto construído por Pereira, Santana e Brandão (2019) sobre a trajetória de Alice Ball para que os estudantes conheçam essa personagem e as situações de preconceito sofridas por ela.

Quadro 1: 1º Momento: Discussão sobre a omissão feminina e negra na ciência

Princípio de Design	Objetivo de Ensino	Objetivo de Aprendizagem	Atividade Propostas	Duração
Princípio 1	Problematizar a omissão das contribuições de mulheres negras na ciência.	1. Perceber as relações de poder, gênero e raça presentes na sociedade. 2. Conhecer o conceito de interseccionalidade.	1. Atividade com o livro didático: busca por imagens de cientistas mulheres, negros e mulheres negras. 2. Dinâmica com os alunos buscando identificar quais cientistas eles conhecem por nome. 3. Exibição e debate sobre o filme <i>Estrelas Além do Tempo</i> (2016). 4. Apresentação do conceito de interseccionalidade, a partir do exposto no filme.	250 min. (5 aulas/50 min. cada)

Fonte: Autoras.

Quadro 2: 2º Momento: Conhecendo a trajetória de Alice Ball

Princípio de Design	Objetivo de Ensino	Objetivo de Aprendizagem	Atividade Propostas	Duração
Princípios 1 e 2	Problematizar sobre o lugar da mulher negra na ciência por meio da história de Alice Ball.	1. Conhecer a história de Alice Ball. 2. Perceber as situações de opressão vivenciadas por mulheres negras na ciência.	1. Apresentação de texto sobre a vida de Alice Ball, extraído de Pereira, Santana e Brandão (2019). 2. Apresentação de matéria do jornal <i>The Voice of Hawaii</i> , sobre as supostas descobertas de Arthur Dean e o papel de Alice Ball nas pesquisas sobre o óleo de chaulmoogra.	100 min. (2 aulas/50 min. cada)

Fonte: Autoras.

Também será discutido, com base no texto apresentado e na reportagem do jornal *The Voice of Hawaii*, a apropriação dos trabalhos de Ball pelo cientista Arthur Dean, que a omitiu das pesquisas sobre o óleo de chaulmoogra. Na reportagem – que será traduzida e apresentada aos estudantes – Dean é retratado como o responsável pelo processo de esterificação dos ácidos graxos responsáveis pelas propriedades terapêuticas do óleo de chaulmoogra, enquanto Ball é citada como uma simples ajudante de laboratório (The Voice Of Hawaii, 1927).

No terceiro momento da sequência didática (Quadro 3), propomos as principais aproximações com conceitos químicos da sequência. Defendemos que a História, Filosofia e Sociologia da Ciência se configura como uma abordagem eficiente no aprendizado de conceitos químicos pautados por meio da aprendizagem vinda de experiências reais em seu movimento histórico. Para isso, pensamos na utilização dos problemas enfrentados por Alice Ball no desenvolvimento de suas técnicas de tratamento do óleo de chaulmoogra a fim de discutir conteúdos químicos, como as funções orgânicas ácido carboxílico e éster, suas propriedades e reações.

Na avaliação por pares, 82% dos participantes afirmaram que a proposta atendia aos objetivos de ensino e

aprendizagem propostos. Os avaliadores também manifestaram preocupação que a abordagem contextual obtivesse destaque diante dos conteúdos de química. Compreendemos tais ressalvas e destacamos que o objetivo que pretendemos atingir sem dúvida dialoga com o aprendizado de conteúdos químicos. Apesar disso, acreditamos que seja importante que o aprendizado de ciências se vincule a abordagens que permitam aproximações com as relações de poder que moldam nossa sociedade e a própria ciência.

No momento final da sequência (Quadro 4), propomos criar mecanismos que permitam a visualização das/os alunas/os enquanto cientistas. Para isso, propomos a realização de pesquisa sobre a biografia e o trabalho de cientistas mulheres e cientistas negras, com o intuito de elaborar exposições dessa história. Além disso, pensamos ser importante realizar a leitura do Capítulo 2 do livro *O que é lugar de fala* de Djamila Ribeiro (2019), para que as/os alunas/os possam apropriar-se de tal conceito, gerando mecanismos de superação de opressão e preconceitos nas ciências.

67% dos avaliadores afirmaram que a proposta é coerente com os objetivos apresentados. Algumas alterações foram feitas diante das sugestões apresentadas, principalmente

Quadro 3: 3º Momento: Alice Ball e a Química do Óleo de Chaulmoogra

Princípio de Design	Objetivo de Ensino	Objetivo de Aprendizagem	Atividade Propostas	Duração
Princípio 3	Apresentar as pesquisas de Alice Ball sobre o óleo de chaulmoogra focando nas funções orgânicas das substâncias envolvidas (ácidos carboxílicos e ésteres) e reações químicas.	1. Conhecer as funções orgânicas ácido carboxílico e éster; 2. Conhecer e entender as propriedades químicas dos ésteres e ácidos carboxílicos; 3. Compreender e identificar reações de esterificação.	Aula expositiva dialogada, apresentando as pesquisas de Alice Ball sobre o óleo de chaulmoogra, assim como as das funções orgânicas presentes na estrutura dos componentes do óleo, suas características, nomenclatura, propriedades e reações químicas envolvidas.	200 min. (4 aulas/50 min. cada).

Fonte: Autoras.

Princípio de Design	Objetivo de Ensino	Objetivo de Aprendizagem	Atividade Propostas	Duração
Princípio 4	1. Promover o empoderamento dos estudantes, principalmente das estudantes negras. 2. Contribuir para a identificação dos estudantes com a ciência por meio do contato com histórias de cientistas mulheres e negras.	1. Perceber e valorizar a participação feminina e negra na produção de conhecimentos científicos. 2. Valorizar o lugar de fala feminino e negro nas ciências e demais esferas da sociedade.	1. Pesquisa sobre a biografia e o trabalho de cientistas mulheres e negras. 2. Atividade sobre as pesquisas realizadas pelos estudantes: mostre e conte; confecção de cartazes. 3. Leitura e discussão do Capítulo 2 do livro <i>O que é lugar de fala</i> de Djamila Ribeiro (2019).	150 min. (3 aulas/50 min. cada).

Fonte: Autoras.

com relação à duração, para que alguns conceitos apresentados, como empoderamento e lugar de fala, sejam mais bem discutidos.

Considerações Finais

Desejamos levar em frente o desenvolvimento desta pesquisa, com a aplicação da sequência didática e conclusão do ciclo de design em um momento oportuno. O que percebemos até o momento com a pesquisa elaborada é como as aulas de química podem colaborar com a equidade de gênero e raça, aliando essa discussão ao ensino dos conteúdos científicos e sem a utilização de recursos materiais distantes da realidade da educação básica.

Propomos neste trabalho pensar a química a partir da teoria interseccional, levando em consideração o lugar da

mulher negra dentro da história de uma ciência demarcada por padrões hegemônicos, buscando promover a representatividade e o empoderamento para meninas negras que não se reconhecem nas imagens de uma ciência que negligencia e apaga trajetórias científicas inteiras, como fizeram com a química Alice Ball por décadas.

Carolina Queiroz Santana (carolinaufrb@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana. Milagres, BA – BR. **Letícia dos Santos Pereira** (leticiaepereira@ufba.br), licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia, mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana e doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana. Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA – BR.

Referências

BROWN, J. E. *African American women chemists*. New York: Oxford University Press, 2011.

DEHN, W. M. e BALL, A. A. Benzoylations in Ether Solution. *Journal of the American Chemical Society* v. 36, n. 10, p. 2091–2101, 1914.

CEDERLIND, E. A tribute to Alice Bell: a scientist whose work with leprosy was overshadowed by a white successor. *The Daily of the University of Washington*, 29/02/2008. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20140806162033/http://dailyuw.com/archive/2008/02/29/imported/tribute-alice-bell-scientist-whose-work-leprosy-was-overshadowed-white-s>, acesso em dez. 2018.

CRENSHAW, K. Documento para o encontro de especialistas em aspectos da discriminação racial relativos ao gênero. *Revista Estudos Feministas*, v. 10, n. 1, p. 171, 2002.

CRUZ, J. O. *Mulher na ciência: representação ou ficção*. 2007. 242 f. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação). Programa de Pós-graduação do Departamento de Cinema, Televisão e Rádio da Escola de Comunicações e Artes, Universidade São Paulo, São Paulo. 2007.

COLLINS, P. H. *Black feminist thought: Knowledge,*

consciousness, and the politics of empowerment. New York: Routledge, 2002.

EUCLIDES, M. S.; PAULA, S. M. e SILVA, J. Quando se é mulher, negra, doutora e professora universitária: uma travessia marcada por disputas. In: V Reunião Equatorial de Antropologia (REA) e XIV Reunião de Antropólogos Norte e Nordeste (ABANNE), Maceió, 2015.

HARDING, S. G. *The science question in feminism*. Ithaca (EUA): Cornell University Press, 1986.

HOLLMANN, H. T. The Fatty Acids of Chaulmoogra Oil in the Treatment of Leprosy and Other Diseases. *Archives of Dermatology and Syphilology*, v. 5, n. 1, p. 94–101, 1922.

KELLER, E. F. Qual foi o impacto do feminismo na ciência? *Cadernos Pagu*, n. 27, p. 13-14, 2006.

KILOMBA, G. *Plantation Memories: Episodes of Everyday Racism*. Münster: Unrast, 2012.

LIMA, I. P. C. Lise Meitner e a fissão nuclear: uma visão não eurocêntrica da ciência. *Revista Gênero*, v. 16, n. 1, 2016.

LINCOLN, A. E.; PINCUS, S.; KOSTER, J. B. e LEBOY, P. S. The Matilda Effect in science: Awards and prizes in the US, 1990s and 2000s. *Social Studies of Science*, v. 42, n. 2, p. 307-320, 2012.

MADDOX, B. *Rosalind Franklin: The dark lady of DNA*. New York: Harper Collins, 2002.

MATTHEWS, M. S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MENDHEIN, B. Lost and Found: Alice Augusta Ball, an Extraordinary Woman of Hawai'i Nei. *Northwest Hawaii Times*. Setembro, 2007. Disponível em: <http://www.northwesthawaiiitimes.com/hnsept07.htm> . Acesso em: 17 setembro 2018.

PEREIRA, L. S.; SANTANA, C. Q. e BRANDÃO, L. F. S. P. O apagamento da contribuição feminina e negra na ciência: reflexões sobre a trajetória de Alice Ball. *Cadernos de Gênero e Tecnologia*, v. 12, n. 40, p. 92-110, 2019.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). *An Introduction to Educational Research*. v 3. Enschede: SLO Netherlands Institute for Curriculum Development, 2009. p. 9–35.

PARASCANDOLA, J. Chaulmoogra oil and the treatment of leprosy. *Pharmacy in History*, v. 45, n. 2, p. 47-57, 2003.

PEDRO, J. M. Relações de gênero como categoria transversal

na historiografia contemporânea. *Topoi*, v. 12, n. 22, p. 270-283, 2011.

PISCITELLI, A. Interseccionalidades, categorias de articulação e experiências de migrantes brasileiras. *Sociedade e Cultura*, v. 11, n. 2, p. 263-274, 2008.

ROSSITER, M. W. The Matthew Matilda effect in science. *Social Studies of Science*, v. 23, n. 2, p. 325-341, 1993.

RIBEIRO, D. *Lugar de fala*. Feminismos Plurais. São Paulo: Pólen, 2019.

SCHIEBINGER, L. *O feminismo mudou a ciência*. Bauru: Edusc, 2001.

THE VOICE OF HAWAII – UNIVERSITY OF HAWAII AT MANOA. Named buildings - Dean, A. L. Disponível em: <https://libweb.hawaii.edu/names/dean.html>, acesso em dez. 2018.

VANDENAKKER, J. Principles and Methods of Development Research. In: VAN DEN AKKER, J.; BRANCH, R. M.; GUSTAFSON, K.; NIEVEEN, N. e PLOMP, T. (Eds.). *Design approaches and tools in education and training*. Boston: Kluwer Academic, 1999. p. 1-14.

WERMAGER, P. e HELTZEL, C. A. A. Augusta Ball. *ChemMatters*. v. 25, n. 1, p. 16–19, 2004.

Abstract: *The case of Alice Ball: an intersectional proposal to Chemistry Teaching.* This paper is part of a study on Race and Gender intersectionality in the History and Teaching of Chemistry based on the trajectory of American chemist Alice Augusta Ball (1892-1916). We briefly present Alice Ball's trajectory, her legacy for chemistry and medicine, the erasing of her work and the rediscovery of her history. Using the methodological approach of Design Research, we developed a didactic sequence for the Teaching of Chemistry designed to insert the discussion about representativeness and intersectionality in science in chemistry classes. We began the first design cycle establishing design principles and developing a prototype which was peer reviewed. After this review we reformulated our didactic sequence, which we intend to use in public schools in Salvador and Recôncavo da Bahia zone.

Keywords: Alice Ball. Matilda effect. Chemistry teaching. Intersectionality.



Metalurgia do ferro em África: A Lei 10.639/03 no Ensino de Química¹

Antônio C. B. Alvino, Aliny G. Silva, Geisa L. M. Lima, Marysson J. R. Camargo, Marilene B. Moreira, Anna M. C. Benite

Este artigo versa sobre a implementação da Lei n. 10.639/2003 no ensino de química. Apresentamos as contribuições dos povos africanos e da diáspora para desenvolvimento da metalurgia brasileira. Foram autores desta investigação 29 estudantes do ensino médio, com idade entre 14 e 20 anos e 8 professores/as de química em formação inicial e continuada. A investigação foi registrada em áudio e vídeo, transcrita e analisada segundo os critérios da análise da conversação. Nossos resultados demonstram possibilidades de ensinar química a partir de uma abordagem epistêmica de matriz africana.

► tecnologia africana, Lei n. 10.639/2003, ferro ◀

390

Recebido em 05/08/2020, aceito em 05/12/2020

Segundo Paiva (2002), os ferreiros africanos escravizados estavam no controle de toda a cadeia de produção metalífera no Brasil Colônia: na seleção dos minérios de ferro e ouro, na fundição do minério, na construção dos fornos, na manufatura dos combustíveis, na forja do ferro e na confecção de ferramentas (enxadas, facão, foice, machado, etc.) (Pena, 2004; Albuquerque e Fraga Filho, 2006).

Para Cunha Júnior (2015), muitos/as negros/as ocuparam cargos de destaque nas colônias americanas. Assim, falar de africanos/as ou negros/as brasileiros/as apenas como pessoas escravizados/as representa um processo de desumanização dos/as mesmos/as. Defendemos que importa resgatar os conhecimentos de matriz africana que contribuíram para o desenvolvimento da química, especificamente, da metalurgia.

De acordo com Pena (2004) e Paiva (2002), as bases epistemológicas que possibilitaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento da metalurgia brasileira foram traficadas do continente africano. Não há registros de que Portugal tenha enviado ao Brasil Colônia engenheiros, geólogos, químicos ou pessoas com conhecimentos técnicos para identificar os

minérios de ferro ou ouro e praticar arte metalúrgica, extração do ferro ou ouro (Pinheiros, 2019).

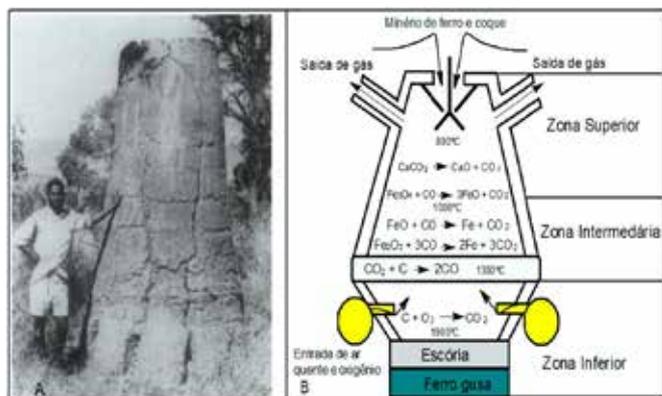
O tráfico negreiro pelo Atlântico obedeceu a demandas específicas. Por exemplo, as pessoas que dominavam a tecnologia de mineração eram capturadas em África e enviadas escravizadas para as minas de ouro do Brasil e, dessa forma, os conhecimentos africanos sobre metalurgia foram cruciais para a prática de mineração (Paiva, 2002; Pena, 2004; Cunha Júnior, 2015).

Chirikure (2014) relata que os/as africanos/as utilizavam a fundição deliberada para produzir metais como o cobre desde o sexto milênio antes da era cristã. As civilizações africanas começaram a produzir (extrair, purificar e separar) o ferro entre o terceiro e o segundo milênio antes da era cristã. Na Antiguidade e na era pré-industrial, os ferreiros africanos extraíam o ferro por um processo denominado de florescimento (Chirikure, 2014). Nessa técnica, uma mistura de minério de ferro (os óxidos, magnetita [Fe₃O₄] e hematita [Fe₂O₃]), carvão mineral e calcário eram queimados dentro dos fornos de argila (Figura 1A – Forno pré-industrial), produzindo ferro gusa e escória. A combustão do carvão aquecia o forno até formar vapores de minério de

[...] falar de africanos/as ou negros/as brasileiros/as apenas como pessoas escravizados/as representa um processo de desumanização dos/as mesmos/as. Defendemos que importa resgatar os conhecimentos de matriz africana que contribuíram para o desenvolvimento da química, especificamente, da metalurgia.



ferro, que difundiam no interior do forno onde o óxido de ferro era reduzido, formando o ferro metálico (Chirikure, 2014).



Fugira 1: Imagem A: foto de um ferreiro africano na Tanzânia. Fonte: (Benite et al., 2016). imagem B: esquema que representa um forno de mineração (adaptado de Atkins e Jones, 2012).

Durante a combustão do carvão era formado o gás monóxido de carbono (CO), responsável pela redução dos minérios férrico e ferroso ao Fe^0 . Assim, o ferro metálico era produzido após uma série de reações químicas que ocorriam dentro do forno de mineração, conforme ilustra a figura 1-B. As reações de redução do ferro dependiam da proporção adequada de monóxido de carbono/dióxido de carbono (CO/CO_2), vapor de minério e oxigênio. Se a concentração (ou a proporção) de CO/CO_2 fosse muito baixa, no interior do forno, a redução do minério poderia não acontecer (Chirikure, 2014).

Segundo Chirikure (2014), a produção bem-sucedida do ferro na Antiguidade ou na era pré-industrial exigiu um ambiente redutor (atmosfera redutora) e o controle de temperatura, uma vez que as reações de redução do ferro ocorrem em temperaturas elevadas. Um forno de mineração pode ser fracionado em diferentes zonas de temperatura, como ilustra o esquema da Figura 1B (Atkins e Jones, 2012).

O tamanho e o formato alongado dos fornos (Figura 1) favoreciam a produtividade, a retenção de calor e o fracionamento do forno em diferentes faixas de temperaturas, que ajudava a sustentar as reações de redução do minério e oxidação do combustível (Pena, 2004). Também a composição química da argila utilizada na confecção de fornos contribuía para a produtividade do processo. Os ferreiros africanos utilizavam um material cerâmico (refratário) que proporcionava retenção de calor no interior do forno (Pena, 2004; Chirikure, 2014).

Os requisitos essenciais que garantiam a produção de ferro na Antiguidade ou na era pré-industrial incluíam a

Os requisitos essenciais que garantiam a produção de ferro na Antiguidade ou na era pré-industrial incluíam a qualidade do minério, estrutura dos fornos, manufatura do combustível, controle de temperatura e atmosfera redutora (Chirikure, 2014), o que evidencia que os/as africanos/as tinham conhecimentos sobre transformações da matéria, engenharia de fornos, geologia, química de materiais, arquitetura e controle de temperatura (Pena, 2004).

qualidade do minério, estrutura dos fornos, manufatura do combustível, controle de temperatura e atmosfera redutora (Chirikure, 2014), o que evidencia que os/as africanos/as tinham conhecimentos sobre transformações da matéria, engenharia de fornos, geologia, química de materiais, arquitetura e controle de temperatura (Pena, 2004).

Este artigo é resultado de uma série de intervenções pedagógicas (IPs) desenvolvidas pela parceria entre uma Instituição de Ensino Superior (IES), um colégio público federal e um coletivo negro de professores/as de química. Uma intervenção pedagógica é compreendida, neste texto, como um conjunto de ações docentes, planejadas e elaboradas para intervir na realidade escolar visando facilitar o processo de aprendizagem.

Neste artigo as intervenções exploraram a temática étnico-racial no ensino de química, com a finalidade de delinear caminhos para contribuir para a promoção da equidade racial e democratizar o conhecimento científico nessa área, em consonância com a Lei n. 10.639/2003. As intervenções tiveram relação direta com atividades curriculares do ensino de química. Os/as professores/as trabalharam os conceitos químicos a partir do contexto da mineração em África e o ciclo do ouro no Brasil, tema discutido em seis aulas.

O objetivo foi operacionalizar, no Ensino de Química, a Lei n. 10.639/2003 que alterou a Lei n. 9.394/1996, a qual estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), tornando obrigatório o ensino de História e Cultura da África e Afro-brasileira nas instituições de ensino do Brasil (Brasil, 1996; 2003)ⁱⁱ. Em vista disso, em 2014 foi criada uma disciplina intitulada Química Experimental, que fez parte do núcleo acessório (disciplina optativa) de componentes curriculares de um colégio público.

Na história da educação brasileira, em tempo algum, se sistematizou no ensino de química na educação básica, uma disciplina inteira para lecionar conceitos químicos a partir da experiência africana e afro-brasileira em aspectos sociais, políticos, econômicos, científicos, tecnológicos, históricos, culturais e ambientais. Sendo assim, este artigo apresenta uma contribuição para a pesquisa na área, na forma de uma das intervenções desta disciplina que objetivou ensinar as propriedades, constituição e

transformação da matéria a partir das epistemologias africana e afro-brasileira.

Essa disciplina interferiu diretamente no currículo de ciências da instituição, que regularmente tem oferecido uma disciplina de química experimental no sentido de efetivar a Educação das Relações Étnico-Raciais. A disciplina teve carga horária semestral de 40 horas, para a qual desenvolvemos um material instrucional (em forma de texto de apoio) apresentando os conceitos químicos a partir do contexto

histórico, cultural e epistêmico africano e afro-brasileiro.

O primeiro material instrucional elaborado e discutido foi intitulado “A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e o estudo das propriedades dos metais”. A partir desse material foi possível apresentar os conceitos químicos envolvidos nos processos metalúrgicos, fenômenos de oxidação e redução, e as contribuições que os/as escravizados/as legaram para o desenvolvimento da cadeia produtiva do ferro e ouro no Brasil Colônia.

Sobre o percurso metodológico

O trabalho aqui relatado apresentou elementos de uma pesquisa participante. No enfoque participante, um grupo de pessoas visa diagnosticar, analisar e promover intervenções para emancipar grupos sociais não hegemônicos (Le Boterf, 1999; Demo, 2004). Buscamos partir do ensino de química para construir canais de promoção da emancipação da população negra, historicamente excluída dos currículos escolares.

A pesquisa foi idealizada por um coletivo de docentes negros/as: uma professora do ensino superior, uma professora da educação básica, um professor em formação continuada (aluno de pós-graduação) e cinco professores/as em formação inicial (alunos/as de graduação), identificados neste artigo pelas siglas PF1 a PF8. O sujeito da pesquisa PF1 é uma pesquisadora e professora universitária, doutora em química, com formação em bioinorgânica, atua no Ensino de Química, formando professores/as para a educação antirracista. Já a professora PF2 trabalha na educação básica, com mais de 25 anos de experiência em sala de aula e, atualmente, é doutoranda em Química. O sujeito PF3 é um professor em formação continuada, aluno de doutorado. Os sujeitos da pesquisa PF4, PF5, PF6 e PF7 são professoras em formação inicial, cursando o oitavo período da Licenciatura em Química. O professor PF8 estava em formação inicial, também licenciando em química e cursando o quarto período do curso, à época.

Os participantes estiveram socialmente inseridos na comunidade como pesquisadores/as negros/as e professores/as que atuam no ambiente escolar multirracial e pluriétnico. Para Le Boterf (1999), uma pesquisa participante pode ser dividida em quatro fases que são apresentadas no Quadro 1.

Na primeira fase, os/as pesquisadores/as, juntamente com a professora de química do colégio, criaram a disciplina intitulada Química Experimental, selecionaram os eixos temáticos (o ciclo do ouro-mineração no Brasil, o ciclo da cana-de-açúcar no Brasil e o ciclo do café no Brasil), os conteúdos programáticos, caracterizaram o perfil da turma (quantidade de estudantes e perfil socioeconômico e

étnico-racial) da turma e definiram o objetivo da disciplina. Os conteúdos químicos foram agrupados e trabalhados nesses três eixos temáticos. Conteúdos tais como dureza, ductibilidade, densidade, reatividade, inércia química, temperatura de fusão e ebulição e outras propriedades dos metais foram discutidos no tema referente ao ciclo do ouro no Brasil.

Conforme apresentado no Quadro 1, na segunda fase da pesquisa o primeiro eixo temático trabalhado em sala de aula foi o ciclo do ouro-mineração no Brasil. Foram discutidos os conteúdos químicos envolvidos na mineração do ouro e ferro, propriedades físicas e químicas dos metais, reações de oxirredução: movimento de elétrons, formação da ferrugem, corrosão dos materiais e tecnologias de matriz africana.

Também na segunda fase, os/as pesquisadores/as planejaram as IPs e elaboraram o plano de aula e o material instrucional. Esse material teve a finalidade de direcionar as observações dos/as educandos/as sobre os fenômenos naturais, sociorraciais e socioeconômicos.

A IP “A história da mineração em África e o ciclo do ouro-mineração no Brasil”, foi trabalhada em seis aulas, que aconteceram nos dias 5 e 26 de outubro e 09, 16, 23 e 30 novembro de 2015. Cada encontro teve a duração de uma hora e trinta minutos (das 14h00 às 15h30). A terceira fase foi constituída pelo desenvolvimento das intervenções peda-

gógicas e aconteceram as avaliações de forma contínua e processual, abordando os conteúdos relacionados à temática racial e os conceitos químicos discutidos na IP.

Na primeira aula, os/as professores/as apresentaram o projeto para a turma e em seguida iniciaram a leitura do material instrucional, intitulado: “A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: os conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e o estudo das propriedades dos metais”. Foram discutidos os conceitos químicos envolvidos nos processos metalúrgicos, o papel dos ferreiros africanos na extração do ouro e ferro no Brasil.

A reatividade dos metais foi discutida a partir de atividades práticas. Uma delas foi “a formação de árvore de prata: reações de oxirredução”, na qual os/as estudantes presenciaram o fenômeno de eletrodeposição da prata sobre fio de cobre e discutiram os conceitos de reações oxirredução e movimento de elétrons. Salientamos que atividades práticas, aqui, não se limitam àquelas realizadas em laboratório, pois há fenômenos que estão materializados na atividade social, como a formação da ferrugem, oxidação da esponja de aço e de peças metálicas (Mortimer *et al.*, 2000). Esses fenômenos materializados em nosso cotidiano foram úteis para discutir, em sala de aula, a corrosão dos materiais e a formação da ferrugem.

O material instrucional foi composto por roteiros experimentais que guiaram as ações dos/as estudantes nas

A pesquisa foi idealizada por um coletivo de docentes negros/as: uma professora do ensino superior, uma professora da educação básica, um professor em formação continuada (aluno de pós-graduação) e cinco professores/as em formação inicial (alunos/as de graduação) [...].

Quadro 1: Fases da pesquisa.

Fases da pesquisa	Instruções operacionais	Objetivos
Primeira: caracterização do grupo participante e escolha do método de trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> - Antes de iniciar as intervenções, os/as participantes realizaram reuniões com a professora de química do colégio onde seria realizada a pesquisa. Dessas reuniões saíram os eixos temáticos das Intervenções Pedagógicas. Foi decidido que “a história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil” seria o eixo temático da primeira IP. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnosticar e conhecer as características da turma; - Elaborar o cronograma de trabalho e elaborar um plano de ensino; - Selecionar os conteúdos que seriam explorados nas seis primeiras aulas da disciplina e o método de ensino e avaliação.
Segunda: planejamento das aulas e construção do material instrucional (didático) adotado nas aulas.	<ul style="list-style-type: none"> - Nesta fase, foram elaborados os planos de aulas, delimitamos o objetivo da aula, método de trabalho, estratégias de ensino e método de avaliação. - Decidimos que a avaliação seria contínua e processual, analisando as interações construídas em classe e as interpretações verbalizadas pelos/as estudantes sobre os textos de apoio, trabalhados nas aulas. Utilizamos também avaliação escrita dissertativa e objetiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver os planos de aula e os textos de apoio utilizados pelos professores nas aulas. Foi elaborado o texto: “A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: os conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e o estudo das propriedades dos metais”, para discutir as contribuições que as civilizações africanas deram para o desenvolvimento da metalurgia e Química.
Terceira: exploração dos temas em classe.	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento das aulas, exploração dos temas em classe. Essa fase da pesquisa ficou marcada pela intensa convivência e interação entre os/as professores/as e os/as estudantes. - Os/as estudantes tinham total liberdade para discutir e expressar suas visões sobre questões sociais, sociorraciais e socioambientais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Levar o/a estudante (participantes da pesquisa) a entender e identificar as reações de oxirredução. - Resgatar a memória individual e coletiva dos povos colonizados (pré-colombianos e africanos). - Apontar as possibilidades de soluções para os problemas causados pela formação da ferrugem (oxidação dos metais).
Quarta: fazer uma análise crítica das ações pedagógicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Reavaliar e analisar os objetivos do plano de aula, se a intervenção foi positiva. - Avaliar método de ensino adotado durante a aula, se a aula foi suficiente para os/as estudantes discutirem os fenômenos naturais e se os estudantes conseguiram associar o conhecimento químico discutido em sala de aula com seu contexto social. - Despertar o senso crítico dos estudantes e mostrar diferentes formas de produzir conhecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer uma relação entre o ensino de química e a realidade social, socioeconômica, socioambiental e sociorracial dos/as estudantes e desenvolver ações para sanar problemas reais enfrentados pelos/as estudantes. - Buscar soluções coletivas para os problemas enfrentados pela população negra. - Romper com o monopólio do saber e da informação, e levar os/as estudantes entenderem a Química como componente cultural desenvolvido por diferentes nações ao longo do tempo.

Fonte: elaborado pelos/as autores/as.

atividades práticas. É importante ressaltar que as IPs foram planejadas para levar o/a estudante a vivenciar, interpretar, discutir e representar os fenômenos na linguagem científica. Para Francisco Júnior (2010) e Mortimer *et al.* (2000), todo fenômeno é observado a partir de conhecimentos prévios; assim, antes de cada aula, os/as estudantes liam e discutiam um trecho do material instrucional e o guia experimental que, nesse caso, tratava do fenômeno de eletrodeposição da prata, uma reação de oxirredução.

Na quarta fase da pesquisa analisamos as intervenções retroalimentando as intervenções com as reflexões da prática. Essa fase acontecia sempre após cada aula. A professora de química do colégio e os/as demais professores/as, participantes da pesquisa, discutiam sobre a IP e analisavam os imprevistos, com o intuito de desenvolver estratégias de ensino para facilitar o processo de comunicação em sala de aula.

É importante ressaltar que, neste artigo, buscamos entender como se construiu a aprendizagem em sala de aula,

isto é, como ocorreu a conversação entre professores/as e estudantes no contexto escolar. A conversação, seja ela verbal ou não, é uma prática social de comunicação mais comum no cotidiano escolar. É nessa dinâmica de conversação que se edifica a aprendizagem em sala de aula.

O/a professor/a é responsável por coordenar a conversação estabelecendo a coesão discursiva ou conformando o contexto para sequenciar a mesma, que, geralmente em sala de aula, é estruturada pelo par pergunta e resposta (Mortimer e Scott, 2002) Tais propriedades confirmam a intencionalidade do/a professor/a, que é levar o/a estudante a articular suas ideias de forma científica na dinâmica comunicativa.

As abordagens comunicativas apresentadas são discussões produzidas em sala de aula que foram gravadas em áudio e vídeo e totalizaram um registro de quatro horas e seis minutos. Optamos pela filmagem em áudio e vídeo para registrar a interação em sala de aula, porque a filmagem

possibilita interpretar mais substancialmente o processo comunicativo (linguagem verbal e não verbal).

Os registros e o planejamento da IP constituem os dados empíricos desta pesquisa. Os dados obtidos pela câmera foram transcritos, conforme as regras de transcrição da conversação e analisados à luz da análise da conversação (Marcushi, 2003). Nas transcrições adotamos o termo *turno* como estratégia metodológica para organizar a dinâmica de conversação nos extratos. *Turno* é o termo adotado para sinalizar as trocas de falantes durante a conversação. Cada turno indica que um falante iniciou ou concluiu um enunciado durante a conversação.

Participaram da investigação 29 estudantes (identificados pelas siglas A1 a A 29) da 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio, com idades entre 14 e 20 anos, e 8 professores/as. Utilizamos ainda as interações discursivas de Mortimer e Scott (2002) e as concepções de comunicação de Freire (1979; 1996; 2005) para analisar os resultados obtidos no interação estudantes e professores/as em sala de aula.

A escolha desses referenciais para análise de dados significou entender que a aprendizagem é construída na interação professor/a – estudante (Mortimer e Scott, 2002; Freire 1979; 1996). Nesse contexto, “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção ou construção” (Freire, 1996, p. 22).

Resultados e Discussão

O quadro 2 traz o planejamento da intervenção pedagógica: “a história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil”, desenvolvida em seis aulas de 1h30min cada, realizadas em 2015.

A IP foi planejada a partir de um eixo temático contextualizado com uma abordagem histórico-cultural afrodiáspórica (herança cultural e tecnológica dos africanos exilados no Brasil) e conceitual/conteúdo (Quadro 2). Para introduzir o tema ciclo da mineração e os saberes africanos no ensino de química, foi lido e debatido em sala de aula um texto sobre a história da mineração e o escravismo criminoso no Brasil (Figura 2).

O referido texto (Figura 2) é um resumo do texto integrante do material instrucional utilizado na intervenção pedagógica. A leitura e debate desse texto foi uma forma de convocar os/as estudantes a refletirem sobre o papel dos ferreiros africanos na metalurgia brasileira e discutir o racismo no ensino de ciências (Pinheiros, 2019).

O texto abordou como o tráfico negreiro beneficiou tecnologicamente o Brasil. Os/As africanos/as escravizados/as conheciam bem mais sobre as propriedades e estrutura da matéria do que seus algozes (Paiva, 2002).

Quadro 2: Plano de trabalho da intervenção pedagógica: a história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil Colônia.

Instituição	Universidade Federal de Goiás/Colégio Parceiro da Universidade		
Área de Conhecimento	Disciplina Acessória	Nível	Tipo
Ensino de Química	Química Experimental	Ensino Médio	Teoria – Prática
Carga Horária Semestral/40 horas	Dia/Horário: segunda-feira das 14h às 15h30		Carga horária/tempo: 90 minutos.
Plano de intervenção eixo temático e conteúdos	Eixo Temático: a história da mineração e o ciclo do ouro-mineração no Brasil Colônia		
	A histórica da mineração na África, o ciclo do ouro-mineração no Brasil Colônia, a formação da árvore de prata (reações de oxidação e redução), corrosão, formação da ferrugem, pilha de Daniell.		
Objetivo	Levar os/as estudantes a refletirem sobre o legado africano para o desenvolvimento do Brasil e da Química, o conceito de oxidação do cobre e redução da prata, em aula prática. O aproveitamento será satisfatório se ao final da intervenção pedagógica os/as estudantes demonstrarem compreensão sobre as contribuições que os africanos deram para o desenvolvimento do Brasil e responder uma atividade avaliativa sobre a história da mineração, ciclo do ouro no Brasil e reações de oxirredução.		
Metodologia e recurso didático	O tema será abordado através do estudo dirigido, texto de apoio, discutindo a importância da metalurgia no desenvolvimento da Química; abordando alguns procedimentos químicos utilizados pelos africanos na Antiguidade. Em seguida serão executados os guias experimentais, que abordarão a formação da árvore de prata (eletrodeposição). Analisar os dados, discutir e concluir os resultados obtidos nas aulas práticas.		
Guia experimental: Formação de árvore de prata.	Materiais e reagentes		Procedimentos
	Nitrato de prata (solução de nitrato de prata). Algodão. Fio de cobre. Álcool.		Pese 4 g de nitrato de prata sólido, dissolva em 200 mL de água, agite a solução até dissolução completa. Lixe o fio de cobre utilizando uma lixa de unha ou de construção. Limpe o fio de cobre com o algodão embebido em álcool. Molde o fio no desenho desejado (estrela, lua, flor, ou uma árvore). Mergulhe o fio de cobre na solução de prata contida em um béquer, vidro de azeitona ou de maionese. Deixe em repouso por duas semanas.

Fonte: criação dos/as autores/as.

A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: os conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e as propriedades dos metais

A metalurgia é uma atividade química que envolve a obtenção de metais e as ligas metálicas a partir de seus minérios. Esta técnica surgiu por volta do sexto milênio antes da era Cristã. Quando foram produzidas ferramentas, armas e outros utensílios no ocidente. O ouro nativo por exemplo, aquele encontrado quase puro, na forma de pepita, foi o primeiro metal obtido na metalurgia. Depois os minérios de cobre, ferro, estanho e chumbo foram utilizados para produzir metais e ferramentas (materiais) como armas e outros utensílios domésticos.

O ferro é conhecido na África desde o terceiro milênio antes da era Cristã, mas somente a partir de 1.200 antes de Cristo, seu uso tornou-se frequente na confecção de objetos e utensílios no ocidente. A analisando amostras do período entre terceiro ao segundo milênios antes da era Cristã, cientistas chegaram à conclusão que, os africanos já faziam operações químicas para obter o ferro metálico. Os artesãos africanos do Egito, Costa das Minas, Costa do Ouro e nações dos centros africanos, produziam também ligas metálicas como o bronze, liga constituída de cobre e estanho, cuja as técnicas de produção foram herdadas de seus ancestrais.

Os africanos trabalhavam muito bem com o ouro, eles confeccionavam em ouro adereços cultuavam seus deuses, peças de artes e outros objetos. Além do domínio do ouro, eles também dominavam técnicas de produção da prata, cobre e ferro, preparavam inúmeros produtos de beleza como o sulfeto de antimônio utilizado pela Cleópatra, a mais lendária das rainhas, como base para pintar o contorno dos olhos, produto de beleza fornecido pelos seus consultores de estética.

As antigas civilizações africanas detinham conhecimentos técnicos e tecnológicos que facilitavam a compreensão e manipulação do ambiente que os cercavam. Muitos desses povos africanos foram criminosamente capturado e traficados para as Américas e o Caribe, onde foram escravizados.

A seleção da mão de obra que vinham traficadas da África para o Brasil, era feita de acordo com os conhecimentos dominados por cada civilização traficada. Tanto que, os/as africanos/as que dominavam as técnicas de mineração, quando chegavam ao Brasil, eram destinados/as para as regiões que tinham como atividade econômica a mineração. Deste modo, muitos dos/as africanos/as que traficados para o Brasil, foram escolhidas a "dedo", para desempenhar uma dada atividade técnica na economia escravista.

Os povos africanos conheciam as técnicas de fundição e da forja de metais como ferro desde 2.500 antes da era Cristã. Essas técnicas metalúrgicas, foram transferidas para o Brasil, durante o tráfico negreiro. O tráfico de mão de obra qualificada e tecnológico foram fundamentais para o desenvolver a metalurgia do ferro no Brasil. A produção do ferro possibilitou a elaboração de ferramentas agrícolas, utensílios domésticos e os apetrechos de transporte (tropas e carretas) das minas e os instrumentos necessários à mineração nas jazidas auríferas.

O trabalho artesanal do ferro consistia, em várias etapas distintas: o garimpo, a preparação do minério, a manufatura do carvão ou de outros combustíveis, a construção dos fornos de fundição, a fundição propriamente dita, o refino e tratamento do ferro para a forja, e finalmente a forja dos utensílios objetos acabados. Os mestres fundidores africanos tinham papéis cruciais na produção do ferro, ele controlavam, gerenciavam e definiam todas as etapas do trabalho no processo metalúrgico de fundição e forja do ferro.

Figura 2: As contribuições africanas para o desenvolvimento da metalurgia brasileira, material instrucional. (Vanin, 1994; Pena, 2004, Paiva, 2002; Chirikure, 2014).

Não resta dúvida sobre o intenso trânsito de práticas e de conhecimentos técnicos entre a Costa da Mina e a América portuguesa, mais no sentido leste/oeste que o contrário. Sobretudo na região de mineração, os resultados desses empréstimos técnico-culturais se fizeram notar desde muito cedo. Não poderia ser, ressalte-se, de outra forma. Boa parte do ouro explorado durante todo o setecentos nas Gerais e nas capitanias de Goiás, de Mato Grosso e da Bahia, foi recolhido através de técnicas introduzidas pelos africanos e desconhecidas pelos europeus. Essa realidade estende-se, ainda, aos diamantes extraídos e ao minério de ferro encontrado na região, transformado em instrumentos de trabalho nas pequenas forjas montadas pelos africanos (Paiva, 2002, p. 3-4).

A leitura e debate do texto (Figura 2) em sala de aula gerou uma cadeia de turnos, dos quais uma parte está transcrita no Extrato 1.

Extrato 1: saberes africanos, conhecimentos não hegemônicos.

Turno 01. PF4: O que vocês sabem sobre os povos africanos, alguém sabe alguma coisa?

Turno 02. A15: Uma coisa muito importante que nós estudamos na História da África, no segundo ano [segunda série do ensino médio], foi que durante a colonização da África, muitos africanos, pode se dizer assim, [eram] meio que cientistas, eles descobriram muitas coisas importantes. Mas como eles não desenvolveram a escrita, os colonizadores

foram para lá, tipo, para patentear as descobertas dos negros e isso quase ninguém sabe, mas é importante e temos que lembrar sempre.

Turno 03. A1: Não me lembro direito, mas ano passado eu fiz uma [disciplina] eletiva da História da África com a professora lá [na disciplina eletiva]. [...] ela [professora] falou que uma das maiores bibliotecas do mundo se localiza na África e mesmo antes dos europeus chegar lá... [já existia à biblioteca].

Turno 04. A1: Eu só não me recordo o nome [da cidade].

Turno 05. PF3: É em Alexandria, [...].

Nos resultados apresentados no Extrato 1, turnos 02 e 03, é possível observar que os/as estudantes apresentaram

conhecimentos prévios sobre a história e cultura da África e dos povos africanos. É preciso nunca perder de vista que, quando os europeus desembarcaram na costa da África e da América, eles encontraram Estados e nações que tinham desenvolvido seus próprios conceitos jurídicos de Estado-nação, escrita, cultura,

línguas e conhecimento científico, como cita A15, turno 02 (Fanon, 1968; 2008; Unesco, 2010).

Segundo Biko (1990), o colonizador não queria somente ter o colonizado submisso, um sujeito inferiorizado, sob seu domínio. O colonizador se sentia satisfeito apagando a história e a cultura dos colonizados. O genocídio epistêmico e cultural fez parte do projeto colonialista. O genocídio cultural e epistêmico é caracterizado pela sobreposição cultural e epistêmica, ou seja, eliminação ou substituição de

Segundo Biko (1990), o colonizador não queria somente ter o colonizado submisso, um sujeito inferiorizado, sob seu domínio. O colonizador se sentia satisfeito apagando a história e a cultura dos colonizados. O genocídio epistêmico e cultural fez parte do projeto colonialista.

um saber local por um saber considerado universal, colonial (Sodré, 2012).

No turno 02, a discente A15 falou que as nações africanas (pré-coloniais) produziram conhecimento, mas seus conhecimentos só foram validados com a chegada dos colonizadores. A eliminação da escrita e saberes nativos, juntamente com a imposição do conhecimento científico (europeu), como saber único, autêntico e verdadeiro impossibilita uma análise crítica da história e cultura das nações colonizadas.

A discente mencionou (turno 02) que estudou em uma disciplina sobre a “História da África” que os povos africanos não desenvolveram a escrita, negando os registros que comprovam que os povos africanos desenvolveram seu próprio sistema da escrita (Unesco, 2010).

Segundo Fanon (1968), a violência colonial criou inúmeras narrativas para desumanizar os colonizados, dentre elas a narrativa que diz que os colonizados foram incapazes de explorar suas próprias riquezas naturais e desenvolver a escrita. Contudo, há um valioso acervo bibliográfico e histórico, que relata as principais atividades econômicas, mercadorias, rotas marítimas e comerciais que preservam e transmitem a memória dos povos africanos (Unesco, 2010).

Nos turnos 03 e 04, A1 nos pareceu demonstrar uma compreensão diferente de A15, afirmando que uma das maiores bibliotecas da Antiguidade estava na África. O enunciado de A1 colocou as nações africanas entre as primeiras civilizações que dominaram a escrita.

Esse resultado está de acordo com estudo publicado pela Unesco (2010), que afirma que, “em termos cronológicos, nossas primeiras fontes escritas são os papiros hieráticos egípcios datando do Novo Império, mas cuja primeira redação remontaria ao início do Médio Império (início do segundo milênio)” (p. 83).

Extrato 2: metalurgia e a transformação da matéria.

Turno 01. A5: [Leitura]: A metalurgia é uma atividade química que envolve a obtenção de metais e ligas metálicas a partir de seus minérios. Essa técnica surgiu por volta do sexto milênio a.C., quando foram produzidas ferramentas, armas e outros utensílios usados naquele período.

Turno 02. PF3: Qual é a importância dos metais para nós? Alguém sabe responder?

Turno 03. A7: Dinheiro.

Turno 04. A6: Capital.

Turno 05. PF3: Desenvolvimento do Capital?

Turno 06. A8: Armas.

Turno 07. A9: Utensílios domésticos.

Turno 08. A3: Tecnologia. É praticamente tudo. A tecnologia é bem relacionada com a produção de metais. A confecção de cabos ou até mesmo a impressão de chips que usam vários metais, como ouro também que é um bom condutor de energia.

Turno 09. A6: Foi uma das matérias-primas.

Turno 10. A13: Supercondutores.

Turno 11. PF3: Você [professor apontando para aluno e pergunta], matéria-prima de quê?

Turno 12. A6: Não, é que eu acho que é uma das matérias-primas que ajudou na evolução de bastante coisa dentro da sociedade, desde um garfo até a produção de um celular ou de um robô de alta [tecnologia].

No Extrato 2, A5 (turno 1) fez uma leitura do material instrucional. Essa ação posicionou as nações africanas no centro da produção de conhecimento. Além de contribuir para o desenvolvimento da escrita, as nações africanas contribuíram para o desenvolvimento de outras áreas de conhecimento, como a agricultura irrigada, pecuária, medicina, farmacologia, fitoquímica, química (conservação de corpos, por exemplo) e metalurgia (Brasil, 2007).

No turno 2, PF3 questionou os/as estudantes sobre a importância dos metais no desenvolvimento social e econômico da humanidade. A7, A6, A8, A9 e A3, nos turnos 3, 4, 5, 7 e 8, respectivamente, realimentaram o diálogo discorrendo sobre o contexto. Esses resultados dialogam com Chirikure (2014), que afirmou que o desenvolvimento da metalurgia impulsionou o surgimento do comércio, intercâmbio entre povos que habitavam diferentes regiões do globo, na África, América, Oriente Médio, Ásia e Europa. Por sua vez, A3 (turno 8), apontou a influência da química no progresso social e econômico da humanidade, constatando que os metais são empregados nas diversas áreas da indústria, sociedade e tecnologia.

A3 reconheceu a presença da metalurgia como base das sociedades contemporâneas. Esse resultado está em concordância com Atkins e Jones (2012), para os quais sem utilizar as propriedades físicas e químicas dos metais, não conseguiríamos atingir o grau de desenvolvimento social, socioeconômico e tecnológico que temos atualmente.

No turno 9, A6 remeteu ao domínio da técnica de fundição do minério de ferro na África, e como isso permitiu que os seres humanos conhecessem as propriedades físicas e químicas dos metais, aplicando-os nas mais diversas áreas sociais e tecnológicas (Burlatski, 1982; Chirikure, 2014). Atkins e Jones (2012) afirmaram que a metalurgia condicionou os seres humanos a saírem da Idade da Pedra. Os materiais confeccionados de metais apresentavam qualidade superior (maior resistência mecânica, mais duros) do que aqueles que eram produzidos utilizando madeira e pedra (Burlatski, 1982).

Alguns achados arqueológicos têm localizado as nações africanas no mapa das primeiras civilizações que dominaram a tecnologia de fundição e redução para produzir metais (Brasil, 2007; Scaramal, 2012; Chirikure, 2014). O Extrato 3 versou sobre o papel dos ferreiros africanos na extração e separação dos metais nos centros africanos e no Brasil.

Extrato 3: a metalurgia do ferro, mineração.

Turno 01. PF3: Por que os portugueses vieram para cá?

Turno 02. A7: À procura de ouro.

Turno 03. PF3: Agora, de onde que nós extraímos esses metais?

Turno 04. A8: Das minas.

Turno 05. A10: Solo.

Turno 06. PF3: [...] Você falou do solo [...], a gente acha o [metal] ouro na natureza?

Turno 07. A9: Bruto [metal sem ser na forma mineral]?

Turno 08. A10: Você tem que fundir [transformar o minério em metal]. Não, ouro você encontra, agora ferro [não].

Turno 09. A9: Não, você [não] encontra uma barra de ouro, mas o ouro em pedaços você acha, ele está bruto. Ele não está lapidado, ele não está fundido [separado de seu minério], (...).

Turno 10. A3: Ele não está puro, tem que fazer todo um processo para [extrair] ele.

Turno 11. A9: É, ele vai ter que passar por um processo [de mineração].

Turno 12. A3: O cobre não é uma mistura de um monte de metal?

Turno 13. PF3: Não é uma mistura de um monte de metal. Nós não encontramos esses metais na forma metálica, tipo uma barra de ferro, um pedaço de cobre, um pedaço de ouro ou um pedaço de prata. A gente encontra eles na forma [mineral] de silicatos e óxidos. Por exemplo, a magnetita é um óxido de ferro. Não é uma mistura de um monte de metais, é uma combinação de um monte de elementos químicos [...].

Turno 14. PF4: [...]. Explique a frase “muitos africanos escravizados foram pessoas escolhidas a “dedo” para trabalhar nas forjas”.

Turno 15. A6: É que.... Assim.... Que melhor dominava algumas técnicas.

Turno 16. A6: Tem a ver com habilidade.

Turno 17. A12: É que lá na terra natal deles, eles usavam uma técnica, por exemplo, as mulheres lá eram boas na produção de cerâmica, e ajudavam a fazer os barros e forno lá, enquanto os outros homens trabalhavam lá, picando as madeiras, esses trem.

Segundo Silva (2008), Portugal nunca teve grandes reservas de minério, e essa carência levou os portugueses a se lançarem ao mar, em busca de metais como ouro, prata e cobre. Até o século XVI, os portugueses importavam esses metais do continente africano (Albuquerque e Fraga Filho, 2006; Paiva, 2002). Com as descobertas de grandes reservas minerais no Brasil, o foco foi deslocado. Tal situação aparece marcada nos turnos 01 e 02 do Extrato 3.

Nossos resultados nos turnos 14, 15 e 16 mostraram que os/as estudantes relataram sobre o tráfico criminoso de africanos, que seguiu uma lógica bem particular, a seleção de mão de obra qualificada. Segundo Paiva (2002), os/as africanos/as escravizados/as no continente americano foram selecionados pelos traficantes: eles capturavam aquelas pessoas que dominavam determinados conhecimentos técnicos para então enviá-los ao Brasil para trabalhar na agricultura ou mineração.

Segundo Silva (2008), Portugal nunca teve grandes reservas de minério, e essa carência levou os portugueses a se lançarem ao mar, em busca de metais como ouro, prata e cobre. Até o século XVI, os portugueses importavam esses metais do continente africano (Albuquerque e Fraga Filho, 2006; Paiva, 2002). Com as descobertas de grandes reservas minerais no Brasil, o foco foi deslocado.

Segundo Sodré (2005), o intenso tráfico de humanos entre a África e o Brasil trouxe benefícios tecnológicos, econômicos, culturais e científicos para a América e Europa. Fanon (1968, p. 77) afirmou que a América e Europa capitalista foram edificadas sobre o dorso de africanos escravizados, “o bem estar e o progresso da Europa foram construídos com o suor e o cadáver dos negros, árabes, índios e amarelos”. No Brasil, os/as negros/as foram responsáveis pelo planejamento e manutenção das lavouras de cana-de-açúcar, café e a cadeia produtiva de metais (Paiva, 2002; Pena, 2004; Nascimento, 2019).

Foram os/as escravizados/as que planejaram e aperfeiçoaram as técnicas de mineração do ouro, e construíram estradas e túneis para escoar os metais produzidos no interior do Brasil (Paiva, 2002; Cunha Júnior, 2010; 2015; Pinheiros, 2019). Os/as africanos/as que trabalharam em regiões onde se praticava a mineração eram conhecedores/as da constituição dos materiais e das técnicas que proporcionavam a transformação dos minérios em metais como ferro, ouro, prata, chumbo, estanho e cobre (Paiva, 2002; Pena, 2004).

No turno 17, A12 enunciou que os/as escravizados/as tinham o domínio técnico sobre a produção de cerâmicas, combustíveis e fornos de mineração. Paiva (2002, p. 1) salientou que os africanos “conheciam muito mais sobre a matéria que os portugueses”, isto é, conheciam as técnicas para transformar os minérios em metais como o ouro, ferro, cobre. Essas técnicas estendiam-se ainda na confecção de instrumentos de trabalho, a forja.

PF3 iniciou as discussões abrindo espaço para o diálogo. A7, no turno 02, destacou que os portugueses vieram para cá com o objetivo de explorar as terras de nosso continente e encontrar metais preciosos, como o ouro, demonstrando a produção da contra palavra.

PF3, no turno 03, teve a finalidade de levar os/as educandos/as refletirem sobre o processo de extração e separação dos metais. A8 e A10, nos turnos 04 e 05 respectivamente, enunciaram que os metais são extraídos da crosta terrestre. Esse resultado apontou que os/as estudantes têm um certo grau de compreensão dos processos metalúrgicos, pois, de acordo com Klein e Dutrow (2012), a maioria dos metais são encontrados na crosta terrestre na forma de óxidos e silicatos.

Os turnos 03, 04, 12 e 13 representaram um diálogo em sala de aula entre PF3 e os/as A8, A10 e A3, os quais mostraram que os/as estudantes tinham entendimentos sobre a reatividade dos metais, uma vez que A10 afirmou que o ouro pode ser encontrado na natureza em sua forma metálica, mas os demais metais precisam passar por um processo metalúrgico.

O ouro é um dos metais de transição mais resistentes à oxidação. Esse metal pode ser encontrado na crosta terrestre na forma de pepitas, como discorreu A9, no turno 09. Outros

metais, como o ferro, são oxidados facilmente no contato da atmosfera com a crosta terrestre, formando óxidos e hidróxidos, como os óxidos de ferro, magnetita e hematita (Klein e Dutrow, 2012). No turno 09, A9 usou o termo fundição, para dizer que os metais precisam ser extraídos de seus minerais.

É possível observar no extrato 3, turnos 01, 03, 06 e 13 que os/as professores/as (PF3 e PF4) não narraram, dissertaram ou expuseram diretamente os conceitos ou os conteúdos do currículo de química, mas desafiaram e incentivaram os/as estudantes a refletir sobre a técnica de mineração e instauraram um ambiente de problematização. Concordamos com Freire que “não é possível ensinar técnicas”, conceitos ou conteúdos sem uma reflexão sobre os mesmos, pois “a educação [é] como situação eminentemente gnosiológica, dialógica por consequência” (1976, p. 86).

Nesse contexto, educação é diálogo, comunicação entre professores e estudantes em torno de um contexto ou conceitos. No Extrato 3, as interações discursivas geraram cadeias de turnos nos quais os/as estudantes dialogam sobre o conteúdo científico (turnos 07, 08, 09, 10, 11 e 12). Os/as professores/as e estudantes alternaram-se na conversação, sendo que os/as educadores/as conduzem as discussões comentando as respostas dos/as estudantes ou fazendo perguntas, levando-os a pensar sobre as ideias lançadas. Pois defendemos que:

Se o objetivo do ensino é fazer com que os estudantes desenvolvam um entendimento do tópico em estudo, esses estudantes devem engajar-se em atividades dialógicas, seja de forma interativa ou não-interativa: participando de, ou escutando a, uma interação dialógica entre o professor e a classe; discutindo ideias com seus colegas em pequenos grupos; pensando sobre as ideias. Seja de que forma isso se concretize, cada estudante precisa ter a oportunidade de trabalhar as novas ideias, ‘especificando um conjunto de suas próprias palavras’ em resposta a essas ideias, para que possa apropriar-se dessas ideias, torná-las suas próprias ideias (Mortimer e Scott, 2002, p. 302).

Segundo Freire (2005), a educação é essencialmente diálogo, ou seja, só há aprendizado se existir comunicação em sala de aula. Assim, o/a professor/a que nega a dialogicidade como essência da educação, narrando ou dissertando conteúdos, apenas conduz os/as educandos/as a memorização mecânica. No Extrato 3, podemos observar alguns elementos de dialogicidade nos turnos 03 a 12, nos quais a professora PF4 e o professor PF3 contextualizaram a técnica de mineração, levando os/as estudantes a refletir e dialogar sobre a prática de mineração.

Para Freire (1976), ser dialógico “é vivenciar o diálogo (...) é não invadir, é não manipular, é não sloganizar. Ser

dialógico é empenhar-se na transformação constante da realidade” (p. 43). No entanto, ser dialógico não significa negar o diálogo assimétrico ou a assimetria da conversação, prática social comum nas salas de aula, na qual o/a professor/a inicia, conduz à conversação, exercendo pressão sobre os/as estudantes (Marcuschi, 2003).

Sem conversação, os/as estudantes podem decorar os números de oxidação (NOx) de um metal, mas isso se torna irrelevante se o/a estudante não entender o real significado do conceito químico de oxirredução. Pretende-se, com o ensino de química, levar o/a estudante a compreender os fenômenos e as transformações da matéria em nível microscópico e a representá-los utilizando a linguagem científica. É necessário compreender o significado

científico dos fenômenos, pois memorizar os diferentes estados de oxidação do ferro, por exemplo, não significa traduzir esse conhecimento para a sua realidade social.

Defendemos que o papel do/a professor/a de química é problematizar os conceitos científicos, como os turnos 01, 06 e 13, proporcionando aos estudantes condições para que se construa um diálogo em sala de aula causando a reflexão dos estudantes sobre os fenômenos, reações e elementos químicos.

Assim, quando um/uma professor/a interage com os/as estudantes numa aula de ciências, como demonstrou o Extrato 3, criou-se a possibilidade de aprendizagem em sala de aula. Parafraseando Mortimer e Scott (2002), a participação do/a professor/a é fundamental para construção dos conhecimentos científicos, uma vez que os/as estudantes podem observar e discutir durante dias porque a esponja de aço ou materiais enferrujam e nunca chegam a uma conclusão científica sobre o fenômeno, reações de oxirredução, ou mesmo identificar os fatores que favorecem a formação da ferrugem.

No Extrato 4, apresentamos uma discussão sobre as reações de oxirredução.

No Extrato 4, apresentamos uma discussão sobre as reações de oxirredução.

Extrato 4: Reação de oxirredução, corrosão, formação da ferrugem e pilha de Daniell.

Turno 01. A2: Vira ferrugem.

Turno 02. A2: O sal da maresia.

Turno 03. A1: Ferro.

Turno 04. A4: A pilha de Daniell.

Turno 05. A4: Oxirredução é quando ocorre uma troca de carga entre as duas placas (eletrodo). Uma perde (elétrons) e a outra ganha (elétrons).

Turno 06. A7: Esse negócio de carga é aquele que tem sinal de mais (positivo) e sinal de menos (negativo).

Turno 07. PF4: Isso, que tem um positivo e um negativo [referindo-se às cargas elementares da matéria].

Turno 08. PF4: (...) esses processos de oxidação são um dos tipos de reações químicas que acontecem na vida. (...).

Segundo Freire (2005), a educação é essencialmente diálogo, ou seja, só há aprendizado se existir comunicação em sala de aula. Assim, o/a professor/a que nega a dialogicidade como essência da educação, narrando ou dissertando conteúdos, apenas conduz os/as educandos/as a memorização mecânica.

Por exemplo, na sua casa você deve ter várias evidências de oxidação. (...).

Turno 09. A2 - Ferrugem

Turno 10. A5 - Quando a gente vai lavar vasilha, que a gente pega o Bombril lá, está todo amarelo.

Turno 11. A2: Tem vários tipos [de reação de oxirredução], não é?

Turno 12. PF2: Esse negócio que A2 falou aí do Bombril, se transformou, enferrujou, mudou, isso é uma reação de oxidação, certo. (...). Por exemplo, quem tem vasilha de cobre em casa?

Turno 13. A11: Se ficar pegando chuva várias vezes, várias vezes, ela enferruja.

Turno 14. A12: Fica azul.

Turno 15. PF2: Ele é que cor quando está bem limpinho? Metálico, um avermelhado bonito. Não é isso? E quando vem a chuva, que cor que ele fica?

Turno 16. A12: Meio azul [referindo-se a oxidação de uma peça de cobre].

Turno 17. A10 - De cobre.

Esses resultados (Extrato 4) apontam que os/as estudantes identificaram as condições necessárias para ocorrer uma reação química, formação da ferrugem. Os resultados dos turnos 1 e 2 apontaram que os/as estudantes tentam elencar as condições necessárias para ocorrer a formação a oxidação do metal: A2 usou o termo “vira ferrugem”. A2 identificou um aspecto fenomenológico das reações de oxirredução. Esse processo de corrosão é comum em nosso cotidiano e reduz vida útil dos materiais (Atkins; Jones, 2012; Merçon *et al.*, 2004).

Os resultados do Extrato 4 apontaram que os/as estudantes procuraram explicar o fenômeno de formação da ferrugem com base nos critérios que potencializam as reações químicas responsáveis pela formação da ferrugem, como a chuva e umidade relativa do ar. A11, no turno 13, identificou que a presença de ar úmido é condição essencial para formação da ferrugem.

De acordo com Francisco Júnior (2010), o conhecimento é contextual e fruto da experiência do sujeito. Nos turnos 13 e 14, A11 e A12 trouxeram para a sala de aula suas experiências com o fenômeno de oxidação de uma peça de cobre, exposta ao ar livre.

No turno 2, A2 usa o termo “sal da maresia” referindo-se ao fenômeno que acelera o processo de corrosão nas regiões costeiras. Esse termo não se refere apenas à umidade relativa do ar, mas se refere a outro fator importante que potencializa corrosão dos materiais nas regiões costeiras: a presença de sais dissolvidos na água do mar (Merçon *et al.*, 2004).

A água do mar apresenta uma elevada concentração de íons dissolvidos, o que acelera a formação da ferrugem nos metais expostos ao ar úmido (Merçon *et al.*, 2004). Nesse

caso, uma gota de água funciona como uma célula eletrolítica: o eletrólito potencializa o processo de corrosão, ou seja, a maresia reduz o tempo de vida útil dos metais.

No turno 05, A4 mencionou que uma reação de oxirredução é a troca de carga (elétrons). Essa troca de elétrons está presente nas reações químicas, formação da ferrugem, na oxidação dos utensílios domésticos e geração de energia elétrica em pilhas e baterias. A discente A4, no turno 04, citou um exemplo de célula galvânica utilizada na produção de energia elétrica, a pilha de Daniell. São inúmeros os dispositivos eletrônicos que precisam de pilhas ou baterias para funcionar: *smartphones*, computadores, *notebooks*, *tablets*, rádios portáteis e relógios são apenas alguns exemplos.

Algumas considerações

Nossos resultados se mostraram como uma alternativa para resgatarmos e inserirmos as epistemologias negras no ensino de química. Situamos os/as negros/as como agentes atuantes na formação cultural, científica e tecnológica do Brasil. Apontam possibilidades para desconstruir a ideia de que os/as escravizados/as eram desprovidos de conhecimentos técnicos, e que é possível ensinar química a partir do contexto sociocultural dos/as estudantes, apresentando os fenômenos presentes em seus cotidianos. Assim, ao escolher um tema como o ciclo do ouro-mineração no Brasil para discutir as reações de oxidação e redução, parece ter potencializado o processo de ensino nas aulas de ciências.

Notas

i. Este artigo é uma versão ampliada e revisada do texto apresentado pelos autores na XIX edição do Encontro Nacional de Ensino de Química, 2018.

ii. Em 2008, a Lei n. 11.645/2008 alterou a de 2003 com a inclusão da temática indígena nas escolas públicas e privadas de ensino Fundamental e Médio.

Antônio C. B. Alvino (alvinoufg@gmail.com), doutorando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Goiás. Professor da Rede Estadual de Goiás, em Goiânia. Goiânia, GO – BR. **Aliny G. Silva** (linyag.silva@gmail.com), estudante da licenciatura em química da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. Goiânia, GO – BR. **Geisa L. M. Lima** (geisalouise@gmail.com), estudante da licenciatura em química da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. Goiânia, GO – BR. **Marysson J. R. Camargo** (maryssoncamargo23@hotmail.com), doutorando em química pela Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. Goiânia, GO – BR. **Marilene B. Moreira** (nenabarcelos@gmail.com), doutoranda em química pela Universidade Federal de Goiás. Professora Efetiva do Colégio de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação da UFG. Goiânia, GO – BR. **Anna M. C. Benite** (anna@ufg.br), bacharel e licenciada em Química, mestre e doutora em Ciências (Química) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente do Instituto de Química Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR.

Referências

- ALBUQUERQUE, W. R. e FRAGA FILHO, W. *Uma história do negro no Brasil*. Salvador: Centro de Estudos Afro-Orientais; Brasília: Fundação Cultural Palmares, 2006.
- BENITE, A. M. C.; SILVA, J. P. e ALVINO, A. C. B. Ferro, ferreiros e forja: o ensino de química pela Lei N° 10.639/03. *Educação em Foco*, Juiz de Fora, v. 21, n. 3, p. 735-768, 2016.
- ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BIKO, B. S. *Escrevo o que eu quero*. São Paulo: Ática, 1990.
- BRASIL. Lei 10.639, de 9 de janeiro de 2003. *Altera a Lei 9.394/96 para incluir no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da temática "História e cultura afro-brasileira"*. Brasília, 2003.
- _____. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. *Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília, 1996.
- _____. Ministério da Educação – MEC/Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade – SECAD, 2007.
- BURLATSKI, F. *Materialismo histórico*. Moscou: Editora Progresso, 1982.
- CHIRIKURE, S. *Geochemistry of Ancient Metallurgy: examples from Africa and elsewhere*, 2014. doi 10.1016/B978-0-08-095975-7.01214-6.
- CUNHA JÚNIOR, H. *Tecnologia africana na formação brasileira*. Rio de Janeiro: CeaP, 2010.
- _____. Arte e tecnologia africana no tempo do escravismo criminoso. *Revista Espaços Acadêmicos*, nº. 166, 2015.
- DEMO, P. *Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos*. Brasília: Liber Livro, 2004.
- FANON, F. *Os condenados da terra*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1968.
- FANON, F. *Pele negra, máscaras brancas*. Salvador: EDUFBA, 2008.
- FRANCISCO JÚNIOR, W. E. *Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências*. São Carlos: Pedro e João Editores, 2010.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- _____. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.
- _____. *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- KLEIN, C.; DUTROW, B. *Manual de Ciência dos Minerais*. 23ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- LE BOTERF, G. Pesquisa participante: propostas e reflexões metodológicas. In: BRANDÃO, C. R. (Org.). *Repensando a pesquisa participante*. São Paulo: Brasiliense, 1984. p. 51-81.
- MARCUSCHI, L. A. *Análise da Conversação*. 5ª. ed. São Paulo: Ática, 2003.
- MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C. e MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 3, 2000.
- MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- NASCIMENTO, A. *O quilombismo: documento de uma militância pan-africanista*. 3ª ed. rev. São Paulo: Perspectiva; Rio de Janeiro: Ipeafro, 2019.
- PAIVA, E. F. Bateias, carumbés, tabuleiros: mineração africana e mestiçagem no Novo Mundo. In: PAIVA, E. F. e ANASTASIA, C. M. J. (Orgs.) *O trabalho mestiço: maneiras de pensar e formas de viver – séculos XVI a XIX*. São Paulo/Belo Horizonte: Annablume/PPGH-UFMG, 2002, p. 187-207.
- PENA, E. S. Notas sobre a historiografia da arte do ferro nas Áfricas Central e Ocidental. In: Encontro Regional de História – O lugar da história, XVII, 2004, Campinas. *Anais...* Campinas: ANPUH/SPUNICAMP, 6 a 10 de setembro de 2004. Cd-rom.
- PINHEIRO, B. C. S. Educação em Ciências na Escola Democrática e as Relações Étnico-Raciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.19, p. 329-344, 2019.
- SCARAMAL, E. S. T. O ensino de história da África em debate. In: MORAES, C. C. P.; LISBOA, A. S. e OLIVEIRA, L. F. (Org.). *Educação para as relações etnicorraciais*. 2ª. ed. Goiânia: FUNAPE/UFMG/Ciar, 2012.
- SODRÉ, M. *Reinventando a educação: diversidade, descolonização e redes*. Petrópolis: Vozes, 2012.
- _____. *A verdade seduzida*. Rio de Janeiro: DPA, 2005.
- SILVA, J. R. Homens de ferro. Os ferreiros na África central no século XIX. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2008.
- UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. *História geral da África, I: Metodologia e pré-história da África*. 2a. ed. rev. Brasília: UNESCO, 2010.
- VANIN, J. A. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 1994.

Abstract: *Iron metallurgy in Africa: Law 10.639 / 03 in the teaching of Chemistry.* This paper deals with the implementation, in the teaching of chemistry, of Law n. 10.639 / 2003. We present the contributions of African and Diaspora peoples to the development of Brazilian metallurgy. Twenty-nine high school students were involved in this investigation, aged between 14 and 20 years old, and eight chemistry teachers in initial and continuing education. The investigation was recorded in audio and video, transcribed and analyzed according to the criteria of the conversation analysis. Our results demonstrate possibilities to teach chemistry from an epistemic African-based approach.

Keywords: african technology, law n. 10.639/2003, iron.

Atividade antioxidante de frutas cítricas: adaptação do Método do DPPH para experimentação em sala de aula

Marcia Cristina C. Oliveira, Rodrigo César F. Barbosa e Danilo C. Flores

A possibilidade de relacionar conteúdos acadêmicos com o cotidiano mostra-se como estratégia para despertar o interesse e compreensão do aluno. Neste sentido, este trabalho propõe a adaptação do método do DPPH• para avaliar qualitativamente a atividade antioxidante de frutas cítricas, sendo avaliados seis sucos de frutas, tendo o morango e a laranja apresentado maior atividade antioxidante. Em seguida realizou-se a análise para determinação do IC₅₀ dos sucos de tangerina (19,5 mg/mL) e laranja (10,4 mg/mL) frente ao DPPH•. Estes resultados validam a metodologia simplificada como modelo de experimentação para alunos do ensino médio, já que os sucos de frutas com maiores propriedades antioxidantes descoloriram rapidamente a solução de DPPH•.

► cítricos, espécies radicalares, ensino médio ◀

Recebido em 16/06/2020, aceito em 30/10/2020

401

A dificuldade de aprendizagem dos alunos do ensino médio de instituições de ensino público ou privado vem sendo uma problemática debatida entre profissionais da área de educação e saúde, já que as causas podem estar relacionadas a fatores como baixa condição socioeconômica, déficit de atenção, problemas cognitivos, neurológicos, entre outros (Frota, *et al.*, 2009; Felipe, 2015). A abordagem de assuntos acadêmicos que permitam relacionar o cotidiano dos alunos aos conteúdos curriculares de forma simplificada pode ser aplicada como ferramenta para o despertar do interesse e compreensão destes, reduzindo os impactos negativos associados ao aprendizado (Lima e Vasconcelos, 2006).

Neste sentido, torna-se importante pensar em estratégias que permitam abordar os conteúdos teóricos constantes nas ementas do ensino médio, utilizando de forma satisfatória os recursos disponíveis para evidenciar o objetivo e aplicação daquela

experimentação. Desta forma, este trabalho visa adaptar de forma interdisciplinar a metodologia de avaliação de atividade antioxidante frente ao radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH•), o qual pode ser realizada de forma qualitativa por meio da utilização de materiais de baixo custo, proporcionando à instituição de ensino condições para realizá-la, e ao aluno a compreensão da interdisciplinaridade entre as áreas de química, biologia, física e matemática. Nessa proposta abordam-se conteúdos relacionados ao consumo de frutas cítricas, aos compostos orgânicos nelas presentes, às propriedades antioxidantes destas substâncias e sua interação com espécies radicalares (espécies deficientes de elétrons), e à prevenção de doenças cujo desenvolvimento está vinculado aos danos causados por radicais livres.

Nessa proposta abordam-se conteúdos relacionados ao consumo de frutas cítricas, aos compostos orgânicos nelas presentes, às propriedades antioxidantes destas substâncias e sua interação com espécies radicalares (espécies deficientes de elétrons), e à prevenção de doenças cujo desenvolvimento está vinculado aos danos causados por radicais livres.

Radicais livres são átomos ou moléculas altamente reativos que contêm número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica (Halliwell e Gutteridge, 1990; Halliwell, 1992). É este não-emparelhamento de elétrons da última camada que confere alta reatividade a esses átomos ou moléculas. Estes são produzidos durante o metabolismo celular, sendo responsáveis por diversos processos biológicos em um organismo sadio. Processos enzimáticos

A seção "Experimentação no Ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.



garantem níveis adequados da produção de radicais livres e reparação aos danos causados por estes. No entanto, a produção desregulada destas espécies causa danos aos tecidos (Ferreira e Matsubara, 1997). Nos alimentos, radicais livres são subprodutos de processos de auto-oxidação de ácidos graxos e de oxidação enzimática, sendo estes responsáveis pela produção de compostos que causam odor desagradável e alterações de textura e sabor, tornando-os impróprios para o consumo humano (Roginsky e Lissi, 2005).

No homem, fatores externos como a poluição ambiental, tabagismo, ingestão de álcool, exposição a radiações como raios-x e ultravioleta e resíduos de pesticida, podem contribuir para a produção acentuada de radicais livres durante os processos metabólicos, podendo levar ao envelhecimento precoce, doenças degenerativas, diabetes e até mesmo à morte celular (Yaribeygi *et al.*, 2019; Peña-Bautista *et al.*, 2019).

Uma classe importante de radicais livres são as chamadas espécies reativas de oxigênio (ERO's), compostos altamente oxidantes resultantes da redução do oxigênio, como o radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), sendo estes relacionados ao desenvolvimento de diversas doenças. Oxidantes são espécies reativas responsáveis pela oxidação de outros compostos, e podem ter seu estado energético estabilizado por meio do ganho de elétrons ou prótons (Cerqueira *et al.*, 2007). Compostos capazes de diminuir a velocidade da oxidação causada por radicais livres são chamados de antioxidantes, dentre os quais pode-se destacar os ácidos cítrico e ascórbico, comumente encontrados em alimentos (Adnan *et al.*, 2020; Durazzo *et al.*, 2019), capazes de inibir a oxidação de outras moléculas através da transferência de hidrogênios, estabilizando o radical livre e tornando-o menos reativo.

Experimentação

- Materiais e reagentes

- Frascos de vidro;
- Espátula;
- Conta gotas, pipeta ou seringa;
- Álcool etílico 96° GL comercial;
- Frutas cítricas;
- 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH•);
- Béquer;
- Funil;
- Filtro de papel.

Em Sala de Aula

Esta proposta foi desenvolvida a partir da adaptação do método descrito por Rufino (2007). No preparo da solução do DPPH• (o qual deverá ser adquirido de empresas especializadas na venda de produtos químicos), em um béquer ou similar, deve-se adicionar a 10 mL de álcool etílico 96° GL comercial com o auxílio de conta gotas, pipetas de plástico ou seringa, e pequena quantidade do reagente radicalar, o qual pode ser transferido através da utilização de um empurrador e raspador

de cutícula. A adição do DPPH• ao álcool etílico deve ser feita de tal maneira que atinja a coloração azul violeta (esta etapa deve ser preparada pelo docente). Caso a instituição de ensino possua balança analítica ou semi analítica, a solução etanólica de DPPH• poderá ser preparada através da adição de 100 mg do reagente radicalar em 10 mL de álcool etílico comercial. Uma vez que em presença de luz, espécies radiculares sofrem o processo de fotoxidação, a solução deve ser mantida em ambiente escuro até o momento do teste com as frutas selecionadas (Ozcelik *et al.*, 2003).

As instituições públicas de ensino fornecem refeições aos discentes e docentes, sendo assim, é possível fazer uma programação para uso de frutas que geralmente são servidas nas refeições, além das adquiridas no comércio local. Frutas da época têm melhor relação de custo e viabilidade, mas quando se trata de frutas cítricas, laranja e limão normalmente estão disponíveis. Sendo assim, estas podem ser utilizadas no experimento juntamente com outras frutas da época, como acerola, abacaxi e maracujá (típicas do verão) ou tangerina e morangos (típicas do inverno). Dependendo da região do Brasil, outras frutas típicas podem ser utilizadas.

Após a escolha das frutas cítricas, estas devem ser higienizadas com água e sabão, secas com o auxílio de toalha de papel ou pano limpo, cortadas e espremidas. Para a retirada de partículas sólidas do suco, realizar filtração simples com auxílio de funil (plástico ou vidro) e filtro de papel utilizado em cafeteiras. Preparar soluções estoque com os sucos obtidos, adicionando duas gotas de suco (aproximadamente 100 mg) em 10 mL de etanol (concentração da solução de aproximadamente 10 mg/mL). Com o auxílio de um medidor, extrair alíquotas para frascos de vidro transparentes (como flaconetes de perfume, que podem ser adquiridos em lojas para perfumarias), 1,5 mL das soluções estoque de cada suco e 0,5 mL da solução etanólica de DPPH•, preparada anteriormente. Outros frascos deverão conter: 1,5 mL de álcool etílico e 0,5 mL da solução etanólica de DPPH• (teste controle); 1,5 mL das soluções estoque de cada suco e 0,5 mL de etanol (branco). É importante observar que no momento da adição dos sucos ao DPPH• esta solução apresentará a mesma coloração do controle, azul violeta.

Após adição dos reagentes, os frascos deverão ser tampados e acondicionados em local ao abrigo da luz, em uma caixa fechada ou gaveta, por 30 minutos. Neste tempo os alunos podem organizar o material que foi utilizado, desenvolvendo a capacidade de organização no ambiente de trabalho. Ao final dos 30 minutos, realiza-se a análise das amostras. É aconselhável acompanhar a variação da coloração das soluções, pois o tempo em que estas ocorrem pode variar em função da concentração final do DPPH• preparado, e da concentração dos compostos antioxidantes nas frutas utilizadas.

É conveniente que todas as soluções sejam preparadas no momento da realização do experimento, visto a instabilidade dos compostos envolvidos nas reações. No entanto, por se

tratar de uma avaliação qualitativa, a solução de DPPH• que porventura não seja utilizada, poderá ser armazenada em geladeira, em frasco de vidro (de preferência âmbar), e devidamente envolvido em papel alumínio, para evitar sua fotoxidação.

Em Laboratório

Por serem ricos em ácido cítrico e ascórbico (Figura 1), sucos de frutas cítricas como laranja, limão, abacaxi, tangerina, acerola, maracujá e morango mostram-se opções de baixo custo e fácil acesso. Estes cítricos foram utilizados no ensaio frente ao DPPH• usando a metodologia realizada em laboratórios de pesquisa.

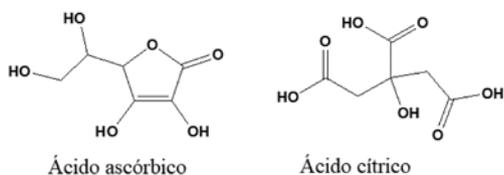


Figura 1: Estruturas do ácido ascórbico e do ácido cítrico.

A metodologia de Sousa *et al.* (2019) foi adaptada no que tange ao solvente do meio reacional e volumes das soluções de DPPH e sucos de frutas. Prepararam-se soluções estoque dos sucos das frutas em etanol (10,0 mg/mL), das quais foram extraídas alíquotas inicialmente 1,5 mL para serem adicionados a 0,5 mL de solução de DPPH 0,3 mM em etanol. Neste meio reacional a concentração do suco foi de 7,5 mg/mL. Esta concentração foi adotada por ter possibilitado as leituras das absorvâncias de todas as frutas testadas, dentro da faixa de operação do espectrofotômetro utilizado. Em paralelo preparou-se a solução controle, contendo 0,5 mL de solução etanólica de DPPH 0,3 mM em 1,5 mL de etanol. Prepararam-se ainda, brancos para cada fruta, contendo 1,5 mL do suco, e 0,5 mL de etanol. Após 30 minutos de reação em local livre da incidência de luz, efetuaram-se as leituras das absorvâncias das amostras em espectrofotômetro UV-Vis Kazuaki, a 517 nm.

Com os valores de absorvância, pôde-se determinar o %AA (Tabela 1) de cada suco de fruta, utilizando a fórmula: %AA = 100 - [(Abs amostra - Abs branco) x 100] / Abs controle].

Tabela 1: Avaliação quantitativa da atividade antioxidante dos sucos testados, na concentração de 7,5 mg/mL.

Fruta	Abs*	Branco	Abs*-Branco	A.A. (%)**
Maracujá	0,622	0,012	0,061	28,30
Tangerina	0,589	0,008	0,581	31,72
Limão	0,521	0,015	0,506	40,50
Abacaxi	0,431	0,014	0,417	50,99
Laranja	0,158	0,012	0,146	82,84
Morango	0,111	0,012	0,099	88,30
Controle	0,851			

*Absorvância. **Atividade antioxidante

O que se espera de resultados?

O método do DPPH• consiste em avaliar a propriedade antioxidante de substâncias químicas pela capacidade de sequestrar esta espécie radicalar. O DPPH• possui coloração púrpura, com absorção a um comprimento de onda máximo de 517 nm. É utilizado com frequência para identificar doadores de hidrogênio em extratos vegetais, e compostos fenólicos presentes em certos alimentos (Roginsky e Lissi, 2005). Após reagir com um antioxidante o DPPH• é reduzido, formando 2,2-difenil-picril-hidrazina (DPPH), de coloração amarela, sendo assim, o consumo de DPPH• pode ser monitorado pelo decréscimo da absorvância a 517 nm em espectrofotômetro (Figura 2).



Figura 2: Reação de redução do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil a 2,2-difenil-picril-hidrazina, através da ação de compostos antioxidantes.

A partir dos resultados obtidos, pode-se calcular o percentual de DPPH• consumido, chamado de percentual de atividade antioxidante (%AA). Uma forma usual de expressar este resultado é em termos da concentração mínima necessária para obter a inibição da atividade oxidante do DPPH• em 50% (IC₅₀). Quanto maior o consumo de DPPH• por uma amostra, menor será seu IC₅₀ e maior a sua atividade antioxidante (Sousa *et al.*, 2007). No caso da experimentação em sala de aula, não será possível medir os valores de absorvância devido à ausência, na maioria das escolas brasileiras, do espectrofotômetro UV-Vis. No entanto, o professor poderá propor que os alunos construam os gráficos e calculem os valores de IC₅₀ através das equações das retas obtidas, com os dados fornecidos neste trabalho, com o objetivo de discutir e relacionar as observações realizadas na avaliação qualitativa, com os dados da análise quantitativa, além de promover a interdisciplinaridade por meio da utilização de conceitos da área de matemática.

Ao correlacionar os percentuais de atividade antioxidante apresentados na Tabela 1, com a variação das tonalidades do radical em função de sua concentração em cada meio reacional (Figura 3), verifica-se que é possível estabelecer de forma segura a relação entre a coloração resultante e percentual de atividade antioxidante, validando dessa forma o método qualitativo proposto, possibilitando sua realização em sala de aula.

A partir destes resultados, foram elencados os sucos de laranja e tangerina para a construção do gráfico que



Figura 3: Variação da coloração do DPPH, em função da atividade antioxidante dos sucos testados na concentração de 7,5 mg/mL.

correlaciona Concentração x Atividade antioxidante, seguido da determinação dos respectivos valores de IC_{50} . Estes sucos foram escolhidos utilizando critérios como a diferença de atividade antioxidante observada entre ambos, por serem de frutas de baixo custo, assim como pela facilidade de execução em sala de aula.

Para o suco de laranja, utilizaram-se concentrações que variaram de 2 a 14 mg/mL, enquanto para o suco de tangerina concentrações que variaram de 2,5 a 35 mg/mL.

De posse das absorvâncias obtidas para cada concentração dos sucos de laranja e tangerina, foram calculados os respectivos percentuais de atividade antioxidante conforme descrito anteriormente, e construiu-se os gráficos de Concentração x Atividade antioxidante através de regressão linear, com a utilização do programa GraphPad Prism 6 (Tabelas 2 e 3).

Os valores de IC_{50} foram determinados através das equações das retas obtidas em ambos os gráficos, tendo estes

Tabela 2: Dados para construção do gráfico de Concentração x Atividade antioxidante e cálculo do IC_{50} do suco de laranja.

Concentração (mg/mL)	Abs*	Branco	Abs*-Branco	A.A. (%)**
2,0	1,512	0,008	1,504	18,2
4,0	1,368	0,011	1,357	26,2
6,0	1,263	0,013	1,250	32,0
8,0	1,145	0,013	1,132	38,4
10,0	0,975	0,010	0,965	47,5
12,0	0,776	0,015	0,761	58,6
14,0	0,684	0,016	0,668	63,7
Controle	1,840			

*Absorvância. **Atividade antioxidante

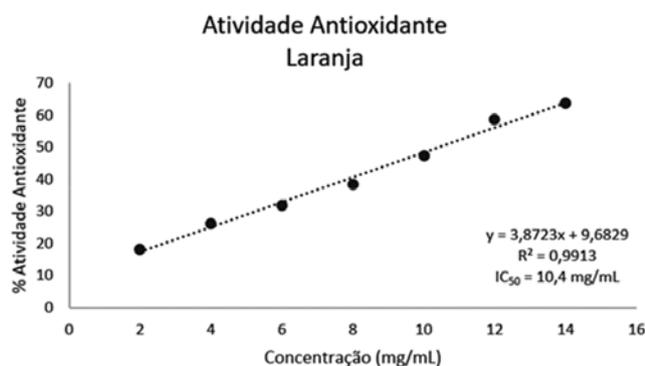


Tabela 3: Dados para construção do gráfico de Concentração x Atividade antioxidante e cálculo do IC_{50} do suco de tangerina.

Concentração (mg/mL)	Abs*	Branco	Abs*-Branco	A.A. (%)**
2,5	1,690	0,007	1,683	11,9
5,0	1,604	0,013	1,591	16,7
10,0	1,345	0,013	1,332	30,3
15,0	1,195	0,009	1,186	37,9
20,0	0,925	0,014	0,911	52,3
25,0	0,764	0,044	0,720	62,3
30,0	0,525	0,035	0,490	74,3
35,0	0,312	0,009	0,303	84,1
Controle	1,910			

*Absorvância. **Atividade antioxidante

demonstrado que o suco de laranja ($IC_{50} = 10,4$ mg/mL) é cerca de duas vezes mais antioxidante, que o suco de tangerina ($IC_{50} = 19,5$ mg/mL) (Figura 4), corroborando com os resultados da avaliação quantitativa demonstrada na Tabela 1, além de justificar a diferença de coloração observada após a reação das amostras com o DPPH•. A diferença de atividade antioxidante entre estas duas frutas garantem que as variações de tonalidade do DPPH• no meio reacional, durante as análises qualitativas, ocasionadas pela inexistência dos utensílios utilizados, não sejam grandes o suficiente para comprometer sua diferenciação.

Considerações Finais

Estes resultados indicam que as frutas cítricas podem ser utilizadas para a elaboração da demonstração proposta, despertando curiosidade e consequente compreensão por parte dos estudantes acerca dos temas abordados. Esta eleva o conhecimento prático-profissional do docente, associando o aprendizado teórico à experimentação, e no reforço do conhecimento.

A implementação e interpretação desse experimento, indicado para o terceiro ano do ensino médio, poderá abordar de forma interdisciplinar conteúdos de química, como radicais livres, compostos antioxidantes e reações

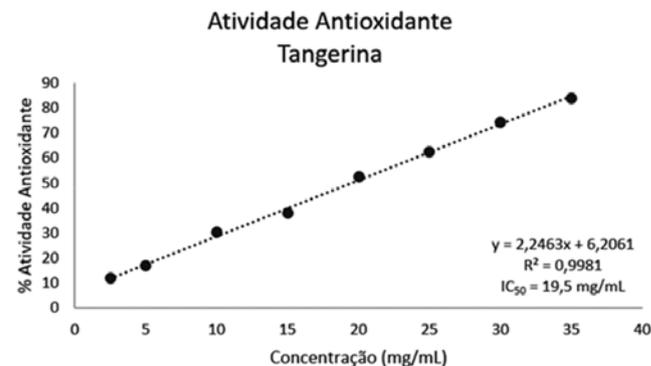


Figura 4: Gráficos de Concentração x Atividade antioxidante dos sucos de laranja e tangerina.

de oxirredução; física, como o espectro eletromagnético e propriedades óticas; biologia, como a importância de compostos antioxidantes na nutrição alimentar; e matemática, como a construção de gráficos no plano cartesiano, equação de reta, coeficiente de correlação, entre outros; contribuirá para a construção de conceitos científicos e desenvolvimento de competências por parte dos alunos nestas áreas, pois alia duas características, ilustrativa e investigativa. Além disso, os materiais e reagentes usados são de fácil acesso e baixo custo, permitindo a realização do experimento em salas de aula de qualquer instituição de ensino.

Por fim, professores e alunos poderão, também, ampliar a dimensão investigativa dentro dessa temática, buscando informação convincente na literatura para as seguintes reflexões: por que a reação do DPPH• deve ser mantida no escuro? Por que o etanol (ou até mesmo metanol) é o solvente adequado para uso, nesse método? Por que o radical DPPH• é estável? Analisando a estrutura química do ácido cítrico e

do ácido ascórbico (Figura 3), por que esses compostos são considerados bons antioxidantes? Por que a mudança de cor de violeta escuro para claro resulta na diminuição da absorvância? A busca para as respostas desses questionamentos leva a interaprendizagem. O aluno ao coletar informações, relacioná-las e debatê-las com seus colegas e professores favorece a produção do conhecimento e a atividade mental autoestruturante.

Referências

ADNAN, M.; CHY, M.N.U.; KAMAL, A.M.; AZAD, M.O.K.; CHOWDHURY, K.A.A.; KABIR, M.S.H.; GUPTA, S.D.; CHOWDHURY, M.A.R.; LIM, Y.S. e CHO, D.H. Comparative Study of *Piper sylvaticum* Roxb. Leaves and stems for anxiolytic and antioxidant properties through in vivo, in vitro, and in silico approaches. *Biomedicines*, n. 8, p. 68-82, 2020.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G. e AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. *Química Nova*, v.30, n.2, p.441-449, 2007.

DURAZZO, A.; LUCARINI, M.; NOVELLINO, E.; DALIU, P. e SANTINI, A. Fruit-based juices: focus on antioxidant properties - s tudy approach and update. *Phytotherapy Research*. n. 33, p. 1754– 1769, 2019.

FERREIRA, A. L. A. e MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *RAMB*, v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FELIPE, S. M. Dificuldade de aprendizagem. *Maiêutica-Pedagogia*, v. 1, n. 1, p.61- 64. 2015.

FROTA, M. A.; PÁSCO, E. G.; BEZERRA, M. D. M.; MARTINS, M. C. e MARTINS, M. C. Má alimentação: fator que influencia na aprendizagem de crianças de uma escola pública. *APS*, v. 12, n. 3, p. 278-284, 2009.

HALLIWELL, B. e GUTTERIDGE, J. M. C. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymol*, v. 186, p. 1-85, 1990.

HALLIWELL B. Reactive oxygen species and the central nervous system. *J Neurochem*, v. 59, p. 1609-1623, 1992.

LIMA, K. E. C. e VASCONCELOS, S. D. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal

Marcia Cristina Campos de Oliveira (mccdeo@gmail.com), licenciada em química pela UFRRJ, doutora em química orgânica pela UFRRJ e docente do Departamento de Química Orgânica do Instituto de Química da UFRRJ. Seropédica, RJ – BR.

Rodrigo César Fernandes Barbosa (rodrigocfbarbosa@gmail.com), graduado em Química pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, mestre em química pela UFRRJ e técnico de laboratório no Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da UFRRJ. Seropédica, RJ – BR. **Danilo Cardozo Flores** (e-mail), graduando em Química pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, monitor e instrutor de ensino na Rede Elite de Ensino. Seropédica, RJ – BR.

de Recife. *Ensaio: avaliação de políticas públicas em educação*, v. 14, n. 52, p. 397-412, 2006.

OZCELIK, B.; LEE, J.H. e MIN, D.B. Effects of light, oxygen, and pH on the absorbance of 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl. *J. Food Sci*, v. 68, n. 2, p. 487-489, 2003.

PEÑA-BAUTISTA, C.; BAQUERO, M.; VENTO, M. e CHÁFER-PERICÁS, C. Free radicals in Alzheimer's disease: lipid peroxidation biomarkers. *Clinica Chimica Acta*, v. 491, p. 85-90, 2019.

ROGINSKY, V. e LISSI, E.A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*. v. 92, p. 235-254. 2005.

RUFINO, M. S. M. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Embrapa Agroindústria Tropical - Comunicado Técnico, Fortaleza, p. 4, 2007.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA, JR.; GERARDO, M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S. e CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova*. v. 30, p. 351-355. 2007.

SOUSA, J. P. L. M.; PIRES, L. O.; PRUDÊNCIO, E. R.; SANTOS, R. F.; SANT'ANA, L.D.; FERREIRA, D. A. S. e CASTRO, R. N. Estudo químico e potencial antimicrobiano da própolis brasileira produzida por diferentes espécies de abelhas. *Revista Virtual de Química*, n.11, p. 1480-1497, 2019.

YARIBEYGI, H.; ATKIN, S.L. e SAHEBKAR, A. A review of the molecular mechanisms of hyperglycemia-induced free radical generation leading to oxidative stress. *J Cell Physiol*. n. 234, p. 1300– 1312, 2019.

Abstract: Antioxidant activity of citrus fruit: an adaptation of the DPPH method for classroom experimentation. The possibility of relating academic content to everyday life is a strategic to awaken the student's interest and understanding. In this sense, this work proposes a simplified methodology for the qualitative assessment of the antioxidant activity of citrus fruits compared to DPPH•, with six fruit juices being tested and the results showed to strawberry and orange greater antioxidant activity. Then, an analysis was realized to determine the IC₅₀ of the tangerine (19.5 mg.mL⁻¹) and orange (10.4 mg.mL⁻¹) juices against DPPH•. These results validate the simplified methodology as a model for high school students, since fruit juices with greater antioxidant properties quickly decolorized the DPPH • solution.

Keywords: citruses, radical species, high school

Tintura de Iodo como Potencial Reagente para a Experimentação no Ensino de Química

Lucas S. Fernandes e Arenaldo R. A. Silva

Este estudo refere-se à proposição de experimentos de baixo custo utilizando a tintura de iodo (solução alcoólica de iodo e iodeto de potássio) como reagente principal. A opção por esse reagente se deu por alguns motivos, a saber: 1- baixo custo; 2- disponibilidade; 3- alta reatividade; 4- cinética reacional rápida; 5- evidências colorimétricas aparentes da ocorrência de reações químicas. Baseando-se nesses aspectos e na literatura sobre experimentação, foram elaborados seis roteiros experimentais. Recomenda-se que os experimentos propostos sejam inseridos em uma estratégia didática investigativa que articule aspectos teóricos e práticos dos conhecimentos químicos. Espera-se que a realização das atividades experimentais propostas proporcione aos estudantes o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes.

► tintura de iodo, experimentação, ensino de Química ◀

Recebido em 19/11/2020, aceito em 06/02/2021

406

As atividades experimentais, quando realizadas de forma investigativa, proporcionam o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes pelos estudantes (Silva e Zanon, 2000). Essas atividades podem ser inseridas em sequências de ensino investigativas (SEI), que podem ser definidas como sequências de aulas sobre determinados conteúdos planejadas visando à participação ativa dos estudantes na construção de conhecimentos científicos, sob orientação do professor. A estruturação de uma SEI experimental contempla as seguintes etapas gerais (i) proposição de um problema experimental; (ii) resolução do problema; (iii) sistematização em grupo e individual dos conhecimentos construídos (Carvalho, 2013).

A experimentação investigativa é citada em diversas habilidades e competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). De uma forma geral, esse documento oficial estabelece que os estudantes proponham experimentos, formulem e testem hipóteses, colem e interpretem dados visando à resolução de situações-problema (Brasil, 2018).

Os principais obstáculos à adoção da experimentação investigativa relacionam-se às condições físicas das escolas (ausência de laboratórios, equipamentos e reagentes) e à formação deficitária sobre experimentação por parte dos professores de Química (Machado e Mól, 2008a). Diante dessa realidade, este estudo teve como objetivos compilar e adaptar, para o contexto da educação básica, seis experimentos de baixo custo utilizando a tintura de iodo.

Tintura de Iodo

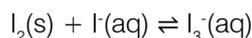
A tintura de iodo, um medicamento antisséptico de uso externo (tópico), é composta pela mistura de uma solução alcoólica de iodo (I_2) e de uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI). Essa mistura contém 2% em massa de iodo. A apresentação do iodo como tintura ocorre por dois motivos: 1- o iodo sólido é volátil; 2 - a presença de íons iodeto auxilia a dissolução do iodo na água devido à formação de íons tri-iodeto. As tinturas, conhecidas desde os tempos antigos, são definidas como preparações médicas coloridas provenientes da digestão de animais ou vegetais em álcool puro ou diluído em água (Nicholson, 1808).

A estruturação de uma SEI experimental contempla as seguintes etapas gerais (i)- proposição de um problema experimental; (ii)- resolução do problema; (iii)- sistematização em grupo e individual dos conhecimentos construídos (Carvalho, 2013).



Em 1819, o químico francês Jean Baptiste André Dumas (1800-1884) buscava produzir um medicamento à base de iodo para ser administrado oralmente no tratamento de pacientes com bócio (crescimento anormal da glândula tireoide causado, principalmente, pela deficiência de iodo). A saída de Dumas envolveu a preparação de uma solução alcoólica de iodo e iodeto de potássio, que ficou conhecida como tintura de iodo (Weeks, 1960). As primeiras evidências científicas da ação germicida do iodo emergiram em 1873, quando o bacteriologista francês Casimir Davaine (1812-1882), demonstrou que tintura de iodo inibia a proliferação do *bacillus anthracis*, causador do antraz (Davaine, 1873).

A tintura de iodo contém poli-iodetos (Weller *et al.*, 2014), principalmente o ânion tri-iodeto (I_3^-), formados quando iodo (I_2) é dissolvido numa solução de íons iodeto (I^-):



Apesar da baixa solubilidade em água, a dissolução de poucas moléculas de iodo produz soluções marrons formadas principalmente por poli-iodetos (I_3^- , I_5^- , etc.). Soluções resultantes da dissolução de sais formados por cátions de metais alcalinos (Na^+ , K^+ , etc.) e ânions iodeto (I^-), iodato (IO_3^-) e hipiodito (IO^-) são incolores. A tintura de iodo apresenta potencial para ser utilizada como reagente de baixo custo, por causa da sua elevada reatividade e cinética reacional rápida. Além disso, a formação de uma variedade de compostos coloridos e incolores permite evidenciar diversas reações químicas.

Atividades experimentais sugeridas

Este estudo compilou e adaptou, para o contexto da educação básica, um conjunto de seis experimentos utilizando materiais de baixo custo, tendo a tintura de iodo como reagente principal. Os experimentos sugeridos foram baseados na literatura sobre experimentação no ensino de Química (Silva *et al.*, 1995; Machado Junior, *et al.*, 2006; Cruz, 1995; Hess, 1997; Remião *et al.*, 2003), porém, houve uma fase de testes e adaptação para que fossem realizados de forma segura nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio.

Durante a realização de todas as atividades experimentais sugeridas, recomenda-se o uso de equipamentos de proteção individual (jaleco, luvas e óculos de proteção) por professores e alunos. Na ausência de um laboratório de Ciências / Química, os experimentos poderão ser realizados em ambientes abertos e ventilados ou na sala de aula. O Quadro 1 apresenta os roteiros simplificados dos seis experimentos propostos.

Ao final das atividades experimentais sugeridas, os

resíduos líquidos poderão ser descartados na pia e os sólidos no lixo comum, pois, em baixas quantidades, apresentam baixa toxicidade para o meio ambiente (Machado e Mól, 2008b). Recomenda-se ainda que os professores adotem estratégias experimentais que gerem o mínimo de resíduos.

Explicações dos experimentos sugeridos

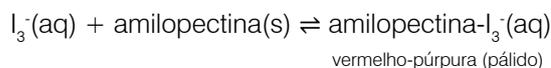
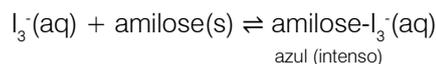
Para facilitar a compreensão, as explicações referentes aos experimentos propostos serão apresentadas separadamente. Em seguida, será realizada uma breve discussão sobre os aspectos didáticos da realização dos experimentos sugeridos no contexto escolar.

Experimento 1 - Detecção de Amido em Alimentos

Nesse experimento, a tintura de iodo foi utilizada para detectar qualitativamente amido em alimentos. O amido é um polissacarídeo formado por moléculas de glicose distribuídas em dois arranjos poliméricos: amilose e amilopectina.

A amilose forma um complexo de coloração azul intensa na presença de íons tri-iodeto (I_3^-), que são atraídos e tornam-se oclusos no centro da cadeia carbônica (Damodaran *et al.*, 2010). Por outro lado, a estrutura ramificada da amilopectina também permite a complexação dos íons tri-iodeto, mas de uma forma fraca, resultando em um complexo vermelho-púrpura. O íon tri-iodeto tem mais afinidade pela estrutura da amilose, por esse motivo, a cor do complexo amilose-tri-iodeto é intensa e pre-

domina em relação à do complexo amilopectina-tri-iodeto (Jarvis e Walker, 1993). As reações de complexação entre os íons tri-iodeto e o amido são apresentadas a seguir:



Essas reações químicas são usadas em análises químicas qualitativas e quantitativas de amostras de amido. A detecção qualitativa do amido em alimentos pode ser um procedimento útil para realizar uma dieta equilibrada de carboidratos.

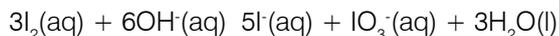
Experimento 2 - Reações Químicas

Nesse experimento, foram realizadas duas reações químicas evidenciadas pela mudança de coloração, a primeira ocorreu entre o iodo dissolvido na tintura e os íons hidróxido (OH^-) presentes na água sanitária (solução básica de hipoclorito de sódio - $NaClO$):

Quadro 1: Objetivos, materiais, reagentes e procedimentos dos experimentos com tintura de iodo.

Experimento 1 - Detecção de amido em alimentos utilizando a tintura de iodo	
Objetivo	Detectar amido em amostras de alimentos utilizando tintura de iodo.
Materiais	Amido de milho (5 g); Sal de cozinha (5 g); Tintura de iodo (20 mL); Água (200 mL); Ovo de galinha (1 unidade); Batata (1 unidade); Arroz (5 g); Farinha de mandioca (5 g); Leite (25 mL); Cebola (1 unidade); Copo descartável de café (10 unidades); Colher (5 unidades); Faca (2 unidades).
Procedimentos	Antes de iniciar os testes com os alimentos é necessário elaborar padrões de coloração com a tintura de iodo, com o amido e com uma amostra sem amido. Elaboração dos Padrões: Preencha três copos com água até a metade (cerca de 25 mL), insira 5 gotas de tintura de iodo e agite com uma colher. Reserve o primeiro copo, adicione amido de milho ao segundo e sal de cozinha ao terceiro. Agite as amostras e anote as cores. Detecção de amido nos alimentos: Distribua as amostras de alimentos nos copos, adicione 5 gotas de tintura de iodo em cada um deles. Observe e compare com as cores dos padrões.
Experimento 2 - Reações químicas utilizando a tintura de iodo	
Objetivo	Realizar duas reações químicas utilizando a tintura de iodo.
Materiais	Tintura de iodo (5 mL); Água (50 mL); Água sanitária (10 mL); Amido de milho (0,5 g); Vitamina C (1 comprimido de 1 g); Copo transparente (2 unidades); Colher (2 unidades); Conta-gotas (1 unidade).
Procedimentos	Reação Química 1: Em um copo, adicionar cerca de 25mL de água (meio copo de cafezinho) e 10 gotas de tintura de iodo. Após, adicionar com um conta-gotas água sanitária até a mudança de coloração. Reação Química 2: Em um copo, adicionar cerca de 25mL de água (meio copo de cafezinho), 0,1 g (ponta de colher de café) de amido e 03 gotas de tintura de iodo. Triturar um comprimido de vitamina C e inserir no copo. Observe o que ocorre.
Experimento 3 – Produção do antisséptico iodofórmio utilizando a tintura de iodo	
Objetivo	Produzir o medicamento antisséptico iodofórmio utilizando a tintura de iodo.
Materiais	Tintura de iodo (5 mL); Soda cáustica (20 g); Água (50mL); Acetona (50mL); Colher (1 unidade); Copo (2 unidades).
Procedimentos	Dissolver em um copo cerca de 20 g (1 colher de sopa cheia) de soda cáustica em 50 mL (1 copo descartável de cafezinho) de água. Em outro copo, acrescentar 50mL de acetona e 30 gotas de tintura de iodo. Adicione a solução de soda cáustica ao segundo copo e observe.
Experimento 4 – Demonstração da atividade enzimática da amilase salivar utilizando a tintura de iodo	
Objetivo	Observar a atividade enzimática da amilase salivar utilizando a tintura de iodo.
Materiais	Tintura de iodo (5 mL); Água (200 mL); Amido de milho (0,5 g); Copo (2 unidades); Saliva (2 mL).
Procedimentos	Preencha 2 copos até a metade com água, em seguida, adicione em cada um deles uma ponta de colher de café de amido de milho e agite até homogeneizar. Reserve o primeiro copo e adicione ao segundo 1 copo 1 mL de saliva. Espere 30 minutos e adicione duas gotas de tintura de iodo em cada copo. Observe o que ocorre.
Experimento 5 - Produção de iodo a partir da tintura de iodo	
Objetivo	Produzir iodo a partir da tintura de iodo.
Materiais	Tintura de iodo (10 mL); Vinagre (15 mL); Água Oxigenada 10 volumes (25 mL); Garrafa de vidro com tampa (1 unidade); Colher (1 unidade); Água quente (500 mL); Bacia (1 unidade).
Procedimentos	Insira em uma garrafa de vidro quatro colheres de sopa de tintura de iodo, quatro colheres de sopa de vinagre e oito colheres de sopa de água oxigenada. Tampe a garrafa e a coloque dentro de uma bacia com água quente. Observe o que ocorre.
Experimento 6 – Análise qualitativa da vitamina C em frutas utilizando a tintura de iodo	
Objetivo	Detectar o teor de vitamina C em alimentos utilizando a tintura de iodo.
Materiais	Amido de milho (1 g); Copo grande (1 unidade); Água (200 mL); Colher (1 unidade); Tintura de iodo (5 mL); Conta-gotas (2 unidades); Copo descartável de cafezinho (3 unidades); Suco de acerola (5mL); Suco de laranja (5 mL); Suco de limão (5 mL).
Procedimentos	Preencha o copo com água, adicione meia colher de café de amido de milho e agite com uma colher até homogeneizar. Preencha até a metade três copos descartáveis de cafezinho com essa solução. Ao primeiro copo, adicione dez gotas de suco de limão, agite e acrescente gota a gota tintura de iodo até perceber mudança na coloração, repita o procedimento mais duas vezes, substituindo o suco de limão por suco de laranja e de acerola.

Fonte: Elaborado pelos autores.



O descoloramento da solução de iodo se dá pela formação dos ânions iodeto (I^-) e iodato (IO_3^-), que formam soluções incolores.

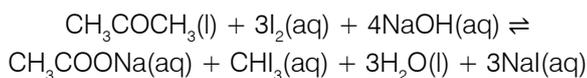
A segunda reação química ocorreu entre o iodo dissolvido na tintura e a vitamina C (ácido ascórbico - $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$):



O descoloramento da solução ocorre porque todo o iodo presente na tintura é reduzido a iodeto (I^-) pelo ácido ascórbico (Silva *et al.*, 2008). A mudança de coloração é um indicativo da ocorrência de reações químicas.

Experimento 3 - Produção Antisséptico Iodofórmio

No terceiro experimento foi produzido o medicamento antisséptico iodofórmio (tri-iodometano - CHI_3) por meio da reação química entre o iodo presente na tintura (I_2) e a acetona (propanona - CH_3COCH_3), em meio alcalino:



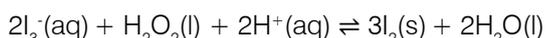
Essa reação química é evidenciada pelo aparecimento da coloração amarela do iodofórmio, que se precipita. O iodofórmio entrou em desuso nos últimos anos, principalmente por causa do desenvolvimento de substâncias antissépticas mais eficazes, contudo, ele ainda é utilizado na odontologia e na medicina veterinária (Hess, 1997).

Experimento 4 - Atividade Enzimática da Amilase Salivar

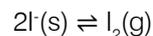
No quarto experimento foi observada a ação da enzima amilase salivar (α -amilase) sobre o amido. A amilase salivar provoca a hidrólise do amido transformando as moléculas grandes de amilose e amilopectina em maltose e em pequenos polímeros constituídos de três a nove moléculas de glicose (Guyton e Hall, 2017). A hidrólise do amido pela amilase salivar provoca o colapso da estrutura da amilose e impede a formação do complexo amilose- I_3^- (Experimento 1), por esse motivo, a tintura de iodo não coloriu de azul o amido.

Experimento 5 - Produção de Iodo

Nesse experimento houve a produção de iodo a partir da reação química entre íons tri-iodeto, presentes na tintura, e a água oxigenada, em meio ácido (Machado Junior *et al.*, 2006):



Com o aquecimento gradativo, o iodo precipitado sublima e o recipiente reacional adquire coloração violeta cada vez mais intensa devido ao seguinte equilíbrio:



O iodo é o halogênio de abundância natural mais escasso ocupando o 64º lugar na lista dos elementos químicos mais abundantes (Krebs, 2006).

Experimento 6 - Análise da Vitamina C em Frutas

Nesse experimento foi possível analisar, de forma qualitativa e quantitativa, a presença e o teor da vitamina C (ácido ascórbico - $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) nos sucos de limão, laranja e acerola. Isso foi possível porque o ácido ascórbico não reagiu com o amido, mas com o iodo presente na tintura, oxidando-o a iodeto (segunda reação química do Experimento 2). Dessa forma, à medida que a tintura de iodo foi adicionada, o ácido ascórbico foi consumido. Após todo o ácido ascórbico ser consumido, o iodo adicionado em excesso pôde então reagir com o amido da solução e produzir um complexo de coloração azul intensa (Experimento 1). O químico norte-americano Linus Pauling (1901-1994) foi um dos maiores defensores dos benefícios da vitamina C, que segundo ele, contribuía para a longevidade (Pauling, 1988).

Aspectos didáticos

Recomenda-se que o professor estruture algumas SEI de caráter experimental inserindo os experimentos apresentados anteriormente. Nesse contexto, a avaliação da aprendizagem escolar consiste em analisar se o problema foi solucionado e se houve desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes (Carvalho, 2013).

No entanto, antes de planejar e aplicar uma SEI, é preciso superar a concepção verificacionista, bastante disseminada entre docentes e discentes, de que os experimentos têm a função de provar teorias (Silva e Zanon, 2000). Para isso, é necessária uma reflexão epistemológica que não privilegie aspectos racionais ou empíricos, mas que articule teoria e prática numa concepção investigativa na qual os problemas propostos abordem os níveis submicroscópicos, macroscópicos e representacionais do conhecimento químico.

Durante a realização das atividades experimentais sugeridas neste estudo, poderão ser abordados os conceitos, procedimentos e atitudes apresentados no Quadro 2.

Além dos conteúdos apresentados no Quadro 2, o professor poderá articular outros conhecimentos teóricos e práticos, de acordo com os conteúdos previstos na BNCC.

Considerações Finais

Os experimentos sugeridos indicam a potencialidade da tintura de iodo como reagente de baixo custo para as aulas experimentais de Química. A realização dos experimentos propostos inseridos em estratégias investigativas poderá contribuir para o desenvolvimento de visões adequadas sobre o processo da ciência e da tecnologia e suas relações entre si e com a sociedade, pois apresenta o trabalho científico de uma maneira didática.

Quadro 2: Conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que poderão ser desenvolvidos.

Experimento	Conceitos	Procedimentos	Atitudes
1	Carboidratos; Complexação; Esteoquímica.	Análise qualitativa do amido.	Atenção para o consumo de carboidratos na dieta.
2	Reações químicas de oxirredução.	Escrita de equações químicas; Cálculo do número de oxidação.	Reconhecimento de substâncias químicas de uso cotidiano.
3	Antissépticos; Cetonas; Haletos; Reações Orgânicas.	Escrita de mecanismos de reações orgânicas.	Utilização correta de substâncias antissépticas.
4	Cinética; Catálise; Proteínas; Enzimas; Amilases.	Uso de catalisadores homogêneos em reações químicas.	Importância da amilase para o processo digestivo.
5	Substância Simples; Gás; Halogênio; Pressão de vapor; Equilíbrio de sublimação.	Método de preparação do iodo.	Vigilância quanto à escassez do iodo na crosta terrestre.
6	Vitaminas; Reagente limitante e em excesso.	Análise química qualitativa e quantitativa da Vitamina C.	Benefícios da vitamina C para a saúde.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Lucas dos Santos Fernandes (lucas.fernandes@univasf.edu.br), licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências pela UFRPE, doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS. Professor Adjunto na UNIVASF, campus

Serra da Capivara. São Raimundo Nonato, PI – BR. **Arenaldo Rogério da Silva** (arenaldo.rogerio@gmail.com), licenciando em Ciências da Natureza na UNIVASF, campus Serra da Capivara. São Raimundo Nonato, PI – BR.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CRUZ, R. *Experimentos de Química em Microescala: Química Orgânica*. São Paulo: Scipione, 1995.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. e FENNEMA, O. R. *Química de Alimentos de Fennema*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAVAINE, C. Recherches relatives a l'action des substances dites antiseptiques sur le virus charbonneux. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances d'Académie des Sciences*, v. 77, p. 821-825, 1873.

GUYTON, A. C. e HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 13. ed. São Paulo: Elsevier, 2017.

HESS, S. *Experimentos de Química com Materiais Domésticos*. São Paulo: Moderna, 1997.

JARVIS, C. E. e WALKER, J. L. E. Simultaneous, rapid, spectrophotometric determination of total starch, amylose and amylopectin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 63, n. 1, p. 53-57, 1993.

KREBS, R. E. *The History and Use of Our Earth's Chemical Elements: a reference guide*. 2. ed. Westport: Greenwood Press, 2006.

MACHADO JUNIOR, I.; ASSIS, R. B. e BRAATHEN, P. C. Termômetro de iodo: discutindo reações químicas e equilíbrio de sublimação usando material de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, v. 24, p. 35-38, 2006.

MACHADO, P. F. L. e MÓL, G. S. Experimentando química com segurança. *Química Nova na Escola*, v. 27, p. 57-60, 2008a.

MACHADO, P. F. L. e MÓL, G. S. Resíduos e rejeitos de aulas práticas experimentais: o que fazer? *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 38-41, 2008b.

NICHOLSON, W. *A Dictionary of Practical and Theoretical Chemistry: with its application to the arts and manufactures, and to the explanation of the phenomena of nature*. London: Richard-Phillips, 1808.

PAULING, L. *Como Viver Mais e Melhor: o que os médicos não dizem sobre sua saúde*. Rio de Janeiro: Best Seller, 1988.

REMIÃO, J. O. R.; SIQUEIRA, A. J. S. e AZEVEDO, A. M. P. *Bioquímica: guia de aulas práticas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

SILVA, L. H. A. e ZANON, L. B. A Experimentação no Ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (Orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. São Paulo: CAPES/ UNIMEP, 2000. p. 120-153.

SILVA, S. L. A.; FERREIRA, G. A. L. e SILVA, R. R. À Procura da Vitamina C. *Química Nova na Escola*, v. 2, p. 31-32, 1995.

WEEKS, M. E. *Discovery of the Elements*. 6. ed. Easton: Journal of Chemical Education, 1960.

WELLER, M.; OVERTON, T.; ROURQUE, J. e ARMSTRONG, F. *Química Inorgânica*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

Abstract: *Tincture of iodine as a potential reagent for experimentation in chemistry teaching.* This study refers to the proposition of low cost experiments using tincture of iodine (alcoholic iodine solution and potassium iodide) as the main reagent. This reagent was chosen for some reasons, namely: 1- low cost; 2- availability; 3- high reactivity; 4-rapid reaction kinetics; 5- apparent colorimetric evidence of the occurrence of chemical reactions. Based on these aspects and on the literature about experimentation, six experimental scripts were developed. It is recommended that the realization of the proposed experimental activities be inserted in an investigative didactic strategy that articulates theoretical and practical aspects of chemical knowledge. It is expected that the proposed experimental activities will provide students the development of concepts, procedures and attitudes.

Keywords: tincture of iodine, experimentation, Chemistry teaching.

Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio

Kayanne Maria S. Santos, Lylian M. A. Lima, Tatiane S. Santos e Ângelo F. Pitanga

A utilização de corantes tem sido uma preocupação mundial, em especial quando se trata de sua relação com as questões de saneamento ambiental. Diversas técnicas têm sido desenvolvidas e/ou aperfeiçoadas, de modo que apresentem melhores resultados na degradação de corantes recalcitrantes. Num momento inicial desta investigação, procedeu-se a adaptação de Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados (PEOAs) para a degradação do corante amarelo de tartrazina (AT), para que pudessem ser reproduzidos em aulas de Ensino Médio. Contudo, os avanços nas pesquisas permitiram observar que a adaptação desses experimentos apresentava diversos elementos da química verde, e com isso, este artigo tem por objetivo apresentar uma avaliação das métricas em química verde de experimentos adaptados para à degradação de amarelo de tartrazina.

► química verde, métricas, adaptação de experimentos, amarelo de tartrazina ◀

Recebido em 02/08/2020, aceito em 09/02/2021

411

As demandas hodiernas sobre as questões ambientais apresentam uma extensa pauta que envolve diversos problemas, entre eles os relacionados à poluição por agentes químicos, com destaque para a classe dos corantes, definidos como “substâncias coradas, que quando aplicadas à fibras confere-lhes uma cor permanente que é capaz de resistir ao desbotamento após exposição solar, luz, água e diversos produtos químicos” (Reck e Paixão, 2016, p. 61).

Aditivos alimentares e compostos sintéticos são adicionados aos alimentos para diversos propósitos, buscando garantir estabilidade, evitando sua deterioração e ainda conferindo textura, aparência, sabor, frescor e cor. Os aditivos coloridos são bastante usados em alimentos, cosméticos, fármacos, indústria têxtil e outras aplicações, dentre eles destacam-se os corantes do tipo azo (-N=N-), por apresentarem em suas estruturas químicas, ao menos um grupo azo ligado ao anel aromático, sua estabilidade química e sua alta solubilidade em água (Ferreira *et al.*, 2018; Alshehrei, 2020).

O sistema conjugado de elétrons π , entre o anel aromático e o grupo azo, é o responsável pela absorção de luz visível em comprimentos de onda específicos. A clivagem do grupo

azo leva à formação de duas aminas aromáticas, resultando na perda de cor. A cor dos corantes pode ser controlada pela seleção dos substituintes e o número de grupos azos na estrutura química. Tons de coloração amarela, como amarelo de tartrazina, são obtidos usando haletos de ácido acetoacético e compostos heterocíclicos. Tons azuis, como azul de metileno, resultam da substituição do deriva-

do de anilina por um derivado de benzidina (König, 2015).

O amarelo de tartrazina, $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$, cuja estrutura química está representada na Figura 1, em sistemas vivos pode sofrer a redução do grupo azo, por ação enzimática das azoredutases

no fígado, ou ainda por fatores não biológicos, levando à formação de compostos mais tóxicos, como é o caso do intermediário reacional, benzidina (4,4'-diaminodifenil) (Figura 1) (König, 2015; Alshehrei, 2020).

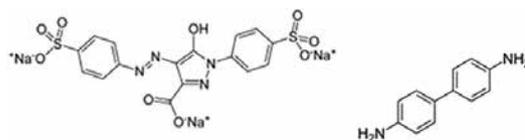


Figura 1. Estruturas químicas da tartrazina (à esquerda) e da benzidina (à direita) (Alshehrei, 2020).

De acordo com Sousa (2016), a consequência da larga utilização de corantes pelas indústrias ocorre quando os efluentes são lançados nos rios e lagos, podendo alterar a coloração da água e o sistema aquático, causando interferência nos processos de fotossíntese e ocasionando problemas ambientais. O lançamento de azo compostos e seus metabolitos em cursos d'água causam impactos negativos em termos de oxigênio dissolvido (OD), carbono orgânico total (COT), demanda biológica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). Estes possuem efeitos agudos tóxicos sobre a fauna

[...] a inserção da educação em química verde (EQV) torna-se fulcral, independentemente do nível de ensino, pois apresenta-se de modo contributivo para instigar o pensamento crítico e o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, incentivando os discentes a olharem para os problemas atuais da sociedade (Pitanga, 2016).

e flora aquática, sendo carcinogênicos e mutagênicos em espécies microbiológicas de peixes; já em relação aos seres humanos, podem provocar disfunções nos rins, fígado, cérebro, sistemas nervoso e reprodutivo (Reck e Paixão, 2016).

Diante de tal contexto, emerge a necessidade de buscar formas eficientes de tratamento dos efluentes, podendo ser por processos biológicos, físicos e químicos. A seleção da metodologia de tratamento depende do tipo de efluente a ser tratado e da eficiência que se procura obter. Assim, dentre os mais variados métodos para degradação de corantes recalcitrantes¹, os Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados (PEOAs)² estão entre as tecnologias consideradas eficientes.

Já no contexto atual, a inserção da educação em química verde (EQV) torna-se fulcral, independentemente do nível de ensino, pois apresenta-se de modo contributivo para instigar o pensamento crítico e o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, incentivando os discentes a olharem para os problemas atuais da sociedade (Pitanga, 2016). Ainda Pitanga (2016) nos apresenta elementos contidos nos postulados EQV, balizadores para a inserção, problematização, socialização de informações e discussões sobre as questões ambientais.

[A EQV] “ser um processo para toda a vida e ser implementada em todos os contextos; ser interdisciplinar; promover o pensamento crítico, holístico, complexo e a capacidade de resolução de problemas; recorrer a uma diversidade metodológica; promover a compreensão científica e tecnológica das problemáticas abordadas; reger-se por princípios e processos democráticos; ser orientada por e para valores” (Pitanga, 2016, p. 154).

Quanto às questões concernentes às aproximações entre o desenvolvimento de atividades experimentais nas aulas de química e a EQV, dialogamos com Gonçalves *et al.* (2017) a esse respeito. Inicialmente os pesquisadores apontam esta aproximação como uma fundamental iniciativa para a inserção da dimensão ambiental nos currículos de química. Seguem afirmando que a utilização de métricas para avaliar a veracidade de um experimento é um tema que tem ganhado

espaço nas publicações, e indicam que o processo de fomentar o desenho de atividades experimentais, com vistas a essas preocupações, tem favorecido o ponto de vista ambiental. Findam afirmando que a avaliação da dimensão ambiental em atividades experimentais é um imperativo, e precisa se constituir como conteúdo explícito na formação dos docentes em química (Gonçalves *et al.*, 2017).

Iniciativas para inserção de corantes permitem abordar conteúdos como grupos cromóforos, funções e reações orgânicas, radicais livres, azo compostos, reações redox e catálise (Pitanga *et al.*, 2017), ampliando o debate

das questões que envolvem produção, utilização e poluição de corantes, conduzindo as discussões que envolvem às dimensões tecnológicas, ambientais, econômicas, saúde e sociais (Ferreira *et al.*, 2018).

Assim, diante do exposto, o artigo em tela tem por objetivo avaliar, utilizando-se de métricas em química verde, a adaptação de metodologias analíticas para a degradação do corante amarelo de tartrazina (AT), utilizando PEOAs. Ressalta-se que na adaptação foram utilizados materiais de fácil aquisição, visando à reprodução dos experimentos em aulas de química para o Ensino Médio.

Métricas em Química Verde

Algumas investigações sobre a QV, como as realizadas por Machado (2007; 2014); Ribeiro e Machado (2012); Duarte, Ribeiro e Machado (2015); Gonçalves *et al.* (2017); Pitanga, Santos e Ferreira (2017) têm apontado preocupações com os falsos casos de química verde. Estes relatam a recorrente falta de avaliações sistêmicas que permitam determinar a precisão da veracidade dos processos (*greenness*). Muitos trabalhos apresentam prescrições genéricas, que não realizam qualquer quantificação, ou escrutinação semiquantitativa por meio da utilização de métricas para avaliar a veracidade dos processos, limitando-se a descrever que algum princípio da QV tenha sido contemplado (Pitanga, Santos e Ferreira, 2017). Quanto a isso, alerta Machado (2014):

Tem sucedido casos em que químicos certamente bem-intencionados na procura de aumento da veracidade, têm produzido trabalho de concepção ou melhoramento de produtos, reações e etc, a fim de melhorar o cumprimento de um ou outro princípio. Esquecem-se, porém, de verificar o que sucede com os restantes, quando alguns deles passam a ser menos bem satisfeitos, pode ocorrer deterioração de veracidade global (produz-se uma “falsa Química Verde” que frustra as boas intenções iniciais, devido a efeitos colaterais esquecidos ou não previstos) (Machado, 2014, p. 20, grifo do autor).

A verdura química não é simples, assim, não pode ser obtida a partir de métricas unidimensionais, tais como as métricas de massa, a análise do Fator-E, ou da intensidade de massa. A verdura é uma grandeza complexa e vaga, de natureza não só química, mas também ambiental e relacionada aos riscos à saúde e à prevenção de acidentes (Machado, 2014). Uma maneira de minimizar tais limitações passa pela inserção de métricas com o objetivo de superar a perspectiva reducionista e garantir a realização de avaliações globais. Segundo Machado (2014, p. 37), “métrica é um sistema de avaliação do funcionamento de um sistema dinâmico complexo que permita aferir o modo como ele opera, especificamente quanto ao cumprimento dos respectivos objetivos”. As métricas em QV visam superar a perspectiva reducionista, pelo fato de agregar um princípio ou outro, pelo contrário, buscam avaliações holísticas, que garantam a mais completa possível análise do processo.

Numa visão sistêmica, as métricas em química verde pretendem realizar análises da verdura química orientadas pelo cumprimento dos Doze Princípios da QV (Quadro 2). O objetivo da metrificação é avaliar reações, sínteses ou procedimentos, a partir da escrutinação prévia dos protocolos, recolhendo o maior número de informações relevantes sobre o cumprimento dos princípios da QV. São ferramentas de suporte à decisão, não podendo ser aplicadas cegamente e devendo servir para ajudar a estudar os problemas e encaminhar possíveis tomadas de decisões nas atividades químicas (Machado, 2014). A utilização das métricas holísticas apresentam diversas vantagens para o desenvolvimento da QV, entre elas:

1) *Como envolve os Doze princípios, permite o aprofundamento da sua compreensão e um melhor uso deles na perseguição da verdura química;*

2) *Permite uma melhor conscientização sobre a necessidade de abordagens holísticas na prática de Química Verde, e da utilização de instrumentos que possibilitem a confirmação de aumento global da verdura química, quando se fazem alterações com essa intenção (aliás, o alcance é mais amplo: permitem o reconhecimento da utilidade e a importância das métricas holísticas para avaliação dos sistemas complexos em geral);*

3) *Ajuda a interiorizar na mente dos usuários uma atitude proativa para facilitar a transformação da química em Química (mais) Verde (Machado, 2014, p. 225).*

As métricas são úteis para o ensino de química, em particular, pois permitem a aproximação dos alunos com os princípios da QV, além do reconhecimento de sua utilidade e importância. Gonçalves *et al.* (2017) defendem a utilização de atividades experimentais como ferramenta para inserção da dimensão ambiental no ensino de ciências, acrescentando que a articulação entre as duas dimensões é observada como renovação necessária, contribuindo com as

temáticas de investigações relacionadas como a experimentação e o ensino. Nesse relato incentivamos a disseminação da experimentação, a inserção da dimensão ambiental e o fomento a QV.

Descrição Metodológica para Adaptação do PEOAs

No processo de adaptação do PEOAs, tomamos como referência publicações anteriores de Baio, Ramos e Cavalheiro (2014), e Pitanga *et al.* (2017). Na primeira etapa o sistema foi montado com reagentes analíticos, de modo a reproduzir a metodologia conforme a literatura consultada (Figura 2). Tencionando garantir a reprodutibilidade, o experimento foi planejado de modo que os reagentes analíticos pudessem ser substituídos por materiais adquiridos no comércio local, como farmácias e estabelecimentos de produtos para bolos: bastão de grafite retirado de pilha, água oxigenada cremosa 30% m/V, corante amarelo de tartrazina, comprimidos para anemia (desses foram retirados o revestimento) e vinagre.

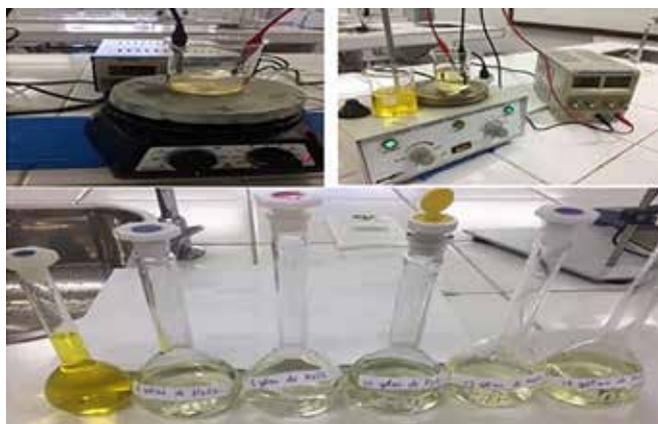


Figura 2. Imagem do sistema montado. A figura superior esquerda apresenta os eletrodos de grafite no processo de eletro-fenton. Na superior à direita tem-se solução padrão de amarelo de tartrazina (AT) e à direita o processo em andamento para decomposição do corante, aqui realizados em condições analíticas. Na figura inferior tem-se, a título de comparação, a solução padrão e as amostras degradadas em função da variação da concentração de peróxido de hidrogênio. Fonte: Arquivo dos autores (2019).

Os dados comparativos são apresentados no Quadro 1. Destacamos que para escolas com dificuldade de acesso ao material, a fonte de tensão pode ser substituída por soquetes para pilhas vendidos em casas para materiais eletrônicos por preço de R\$ 2,00, também evitando o risco de choque elétrico.

Quanto à relação entre a proposta do experimento e sua contribuição para práticas pedagógicas em aulas de química no Ensino Médio, é sabido que poucas escolas da educação básica brasileira possuem espectrofotômetro e, com vistas a superar essa dificuldade material, o experimento foi projetado de modo a garantir a sua reprodutibilidade, que fosse perceptível a olho nu a diminuição da intensidade da coloração amarela, permitindo a correlação entre a diminuição da intensidade de cor e a degradação do corante.

Quadro 1. Quadro comparativo dos procedimentos experimentais em condições analíticas e com materiais de fácil aquisição que podem ser reproduzidos em salas de aulas.

Reagentes/Condições	Reagentes Analíticos	Material de Fácil Aquisição
Corante	[0,1mol/L] analítico	[0,1mol/L] adquirido no comércio local
Sal de Ferro	0,01g de Fe ²⁺	0,03g de Fe ²⁺
Acidulante	2,0 mL de HCl (regula o pH em 3)	30 gotas de vinagre branco (regula o pH em 3)
Agente oxidante	8 gotas de H ₂ O ₂ 40% m/V	20 gotas de água oxigenada cremosa 30% m/V
Tensão	1,5V	1,5V
Tempo de Degradação	20 min	20 min
Taxa de degradação	90,32%	80,43%

Fonte: Elaborado pelos Autores (2019).

Descrição Metodológica das Métricas a Implementar na Avaliação

Na seleção das métricas a serem utilizadas, tomou-se como referência os trabalhos propostos por Ribeiro e Machado (2012), Machado (2014), Alves e Virgens (2016). Assim, serão descritos dois processos semi-quantitativos para a avaliação da verdura do processo, sendo eles o círculo verde (CV) e a matriz verde (MV) obtida através de uma análise SWOT.

O CV é uma métrica gráfica em QV que consiste na produção de um círculo dividido em setores, em número correspondente aos princípios da QV avaliados. A apreciação da métrica é simples e se dá por meio de inspeção visual, estando mais claro o círculo conforme o número de princípios atendidos. Uma métrica binária, baseada em colorir o setor, se o princípio for atendido, e não colorir, se não for, sendo o índice de cumprimento dos princípios (ICP) a razão entre o número de princípios cumpridos/princípios não cumprido x 100% (Ribeiro e Machado 2012; Machado, 2014; Alves e Virgens, 2016).

Já a MV “é uma ferramenta que usa os mesmos critérios do círculo verde na avaliação da verdura química, mas que, por meio da realização de uma análise SWOT, permite obter uma visão mais completa seja da própria verdura química, ou das possibilidades de melhorá-la” (Machado, 2014, p. 194). O acrônimo SWOT resulta das iniciais das palavras inglesas que designam os fundamentos básicos da ferramenta: S (*Strengths* – Pontos Fortes), W (*Weaknesses* – Pontos Fracos), O (*Opportunities* – Oportunidades), T (*Threats* – Ameaças). Esta análise caracteriza-se por analisar e buscar identificar tais aspectos, com o objetivo de avaliar a verdura por meio do cumprimento dos 12 princípios da QV.

Considerando que neste artigo tem-se o objetivo de avaliar a verdura de procedimentos realizados em laboratórios de ensino de química, e como para tais atividades não se pretende projetar o desenho de novos produtos químicos, os princípios 4 (desenvolvimento de compostos seguros) e 11 (análise em tempo real para prevenção da poluição) não são considerados para análise, segundo orientações de Ribeiro e Machado (2012), Duarte, Ribeiro e Machado (2015). Assim sendo, são levados em consideração os critérios do Quadro 2.

Quadro 2. Critérios para avaliação dos cumprimentos dos princípios da Química Verde.

Princípio da QV	Critério de avaliação
P1 – Prevenção	Não se formam resíduos, ou quando se formam têm riscos baixos para a saúde e para o ambiente.
P2 – Economia atômica	Reações sem reagentes em excesso e sem formação de coprodutos (desconsiderar a água).
P3 – Sínteses menos perigosas	Todas as substâncias envolvidas são inócuas ou têm riscos baixos para a saúde e para o ambiente.
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	Não se utilizam solventes nem outras substâncias auxiliares. Ou quando se utilizam têm baixos riscos para a saúde e para o ambiente.
P6 – Planificação para conseguir eficácia energética	Pressão e temperaturas ambientais.
P7 – Uso de matérias-primas renováveis	Todos os reagentes e/ou matérias-primas envolvidas são renováveis.
P8 – Redução de derivatizações	Não se utilizam derivatizações.
P9 – Catalisadores	Catalisadores são necessários ou que têm baixos riscos para a saúde e para o ambiente.
P10 – Planificação para degradação	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos.
P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes.	As substâncias envolvidas têm um risco baixo de acidente químico.

Fonte: (Ribeiro e Machado, 2012; Machado, 2014).

A análise SWOT é um tipo de avaliação qualitativa realizada com vistas a definir e facilitar a implementação

da verdura química e de medidas que possibilitem melhorá-la. Consiste em identificar os pontos fortes e fracos do experimento em análise, indicando, respectivamente, os pontos positivos e negativos, em relação aos cumprimentos dos princípios da química verde. São também analisadas as implicações de fatores ou imposições que podem afetar o cumprimento dos princípios da QV, identificando as oportunidades, com vistas a torná-lo mais forte, ou aquilo que possa comprometer o seu sucesso, designados por ameaças.

Resultados e Discussão

De acordo com procedimentos adotados por Ribeiro e Machado (2012), Machado (2014) e Alves e Virgens (2016), inicialmente os protocolos foram investigados para averiguar as condições reacionais, e para que as substâncias envolvidas fossem inventariadas (Quadro 3), com vistas a recolher informações sobre riscos à saúde, ao ambiente, inflamabilidade e reatividade, uso de catalisadores, matérias-primas e dados sobre os produtos de degradação.

Informações sobre as substâncias químicas foram obtidas por meio da consulta das fichas dos dados de segurança, a partir do Sistema de Classificação e Etiquetagem das substâncias químicas harmonizado globalmente (GHS, *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*), conforme referência em Machado (2014) e Gonçalves *et al.* (2017). Na construção do inventário

Quadro 3. Inventário dos critérios para avaliação dos riscos das substâncias envolvidas.

Reagentes	Símbolo	Saúde	Ambiente	Acidente
Corante (AT)	Xn	2	2	3
Sal de ferro (Sal de Fe ²⁺)	T	2	2	3
Acidulante (HCl)	Xi; C	3	2	2
Agente oxidante (H ₂ O ₂)	C	2	3	3
Acidulante (ácido acético)	-	3	3	3

Xi – irritante, Xn – prejudicial, T – tóxico, C – corrosivo, F – muito inflamável, N – perigoso para o ambiente. Fonte: Elaborado pelos Autores (2019).

adaptou-se uma avaliação ternária em três níveis de intensidade, comumente utilizada na métrica de estrela verde e adotada por Alves e Virgens (2016), onde 1 representa riscos elevados; 2 riscos moderados, que são aceitos, embora com algumas restrições; e 3, risco baixo ou caso ideal e plenamente verde.

O Quadro 4 apresenta a análise, tomando como base o referencial da ferramenta SWOT. Como se pode verificar consoante a seu preenchimento, os PEOAs são tecnologias de saneamento ambiental inerentemente verdes. Para além disso, notou-se que a adaptação do processo com material

Quadro 4. Dimensões de Análise com base na ferramenta SWOT.

Dimensões de análises	Metodologia Analítica		Metodologia Adaptada	
	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Pontos Fortes	Pontos Fracos
P1	X	-	X	-
P2	X	-	X	-
P3	-	X	X	-
P5	X	-	X	-
P6	X	-	X	-
P7	-	X	X	-
P8	X	-	X	-
P9	X	-	X	-
P10	X	-	X	-
P12	X	-	X	-
Oportunidades			Ameaças	
<ul style="list-style-type: none"> - Degradar um composto químico que apresenta riscos à saúde e ao ambiente. - Substituir substância com risco moderado/elevado por substância com baixo risco. - Otimização do processo para alcançar condições estequiométricas. - Otimização do processo do ponto de vista energético para condições de temperatura e pressão ambientais. - Utilização de catalisador sólido. - Não utilização de derivatizações. - Substituir substâncias não renováveis por outras renováveis. 			<ul style="list-style-type: none"> - A utilização de um catalisador metálico (Fe²⁺) que oferece risco à saúde e ao ambiente. 	

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

de fácil aquisição contribuiu para torná-lo ainda mais verde, como demonstrado com base em cálculos, onde o ICP aumentou de 80% para 100% (Figura 3), tornando-se um processo ainda mais favorável para a realização nas condições das salas de aulas, por conta do aumento da segurança e a diminuição de riscos, agregando ainda uma maior verdura ao sistema.

Comparando os dois processos propostos, salienta-se que contemplam similaridades em diversos itens: ambos não formam resíduos e envolvem substâncias inócuas (P1); degradam substância recalcitrante em diversos compostos inócuos (P10); desenvolvidos sem reagentes em excesso e/ou formação de coprodutos (P2); sem necessidade do uso de solventes e ou auxiliares (P5); sem necessidade de derivatizações (P8); ocorrem em condições de pressão e temperatura ambiente (P6), e tanto essas condições como as substâncias envolvidas não oferecem riscos de acidente, representados na Figura 3.

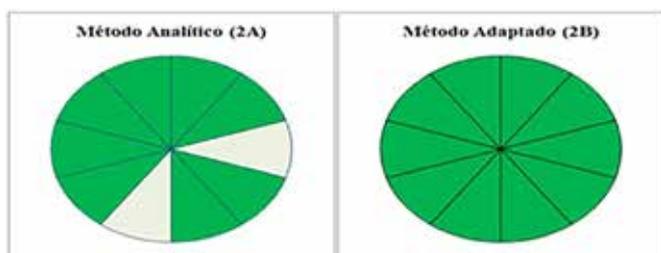


Figura 3. Métrica do círculo verde para o Método Analítico – ICP = 80% (2A); e para o Método Adaptado – ICP 100% (2B). Fonte: Produzido pelos Autores (2019).

Cabe ressaltar que a investigação foi inicialmente desenhada com o objetivo de adaptar o método para que fosse utilizado em aulas de química. Uma vez atingindo tal objetivo, pode-se constatar que os PEOAs apresentavam forte aderência à filosofia da QV, assim, buscou-se, por meio de métricas holísticas, analisá-los alcançando ICP = 80%. Não obstante, verifica-se que sua adaptação, além de alcançar o objetivo supracitado, permitiu a otimização da verdura do processo, alcançando o ICP = 100%. A otimização da verdura do processo deve-se ao cumprimento dos Princípios P3, P7 e P9, pois a solução aquosa de ácido acético (vinagre) permitiu agregar ao sistema o uso de matéria-prima renovável, já que a produção de vinagre a partir do álcool de cana-de-açúcar é a mais utilizada no Brasil.

Quanto ao P9, princípio alcançado tanto no método analítico quanto no adaptado, fundados em experiências anteriores de Baio, Ramos e Cavalheiro (2014), procedeu-se pela utilização de bastões de grafite como eletrodos no processo, em substituição a eletrodos metálicos, ou de eletrodos quimicamente modificados. Para tanto, valendo-se do fato de que estes podem ser obtidos de pilhas comuns de 1,5V, que apresentam carbono grafite natural de alta pureza, com um custo inferior a R\$ 2,00. Além disto, eles foram utilizados sem a necessidade de quaisquer pré-tratamentos ou da usinagem, e apresentaram resultados semelhantes aos obtidos com outros tipos de catalisadores.

Considerações Finais

Os experimentos descritos foram adaptados de modo a serem reproduzidos em salas de aulas e desenhados de modo que se utilizasse materiais de fácil aquisição e baixo custo, que pudessem proporcionar a visualização, discussão e interpretação de fenômenos químicos e temas relevantes como: disponibilidade e tratamento de água em aulas de química.

Por fim, cabe destacar o êxito da pesquisa ao articular três dimensões: 1) Utilização de experimentos e a possibilidade de adaptação dos mesmos para que possam ser utilizados em sala de aula, com materiais de fácil aquisição; 2) A inserção da dimensão ambiental por meio das discussões sobre saneamento ambiental e suas tecnologias, a química verde e a educação em química verde; 3) A utilização de ferramentas de métricas holísticas, que são entendidas como instrumentos que permitem inserir/divulgar a química verde nas diversas modalidades de ensino, e ainda avaliar e evitar os denunciados casos de falsa química verde.

Notas

¹Segundo Ali (2010), recalcitrantes são substâncias químicas sintéticas extremamente resistentes à degradação, e são consideradas as principais poluentes ambientais, entre as quais podemos citar: corantes, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), bifenilas policloradas (PCBs), polímeros sintéticos, conservantes de madeira, pesticidas, etc.

²Processos eletroquímicos oxidativos avançados (PEOAs) são processos de saneamento ambiental empregados em processos de produções mais limpas, mostrando-se eficientes na degradação de compostos recalcitrantes. Baseiam-se na geração de espécies químicas altamente oxidantes, em especial, o radical hidroxila, provocando a efetiva degradação de poluentes, com objetivo de produzir compostos inofensivos ou inertes, como, dióxido de carbono, água e sais orgânicos (Pitanga *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2018).

Kayanne Maria Santana Santos (kayannesantana21@gmail.com), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo e docente na rede pública de ensino da Educação Básica. Aracaju, SE – BR. **Lylian Maciel dos Anjos Lima** (lylianmaciel@gmail.com), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE - BR. **Tatiane Souza dos Santos** (tatianesouzasantos01@gmail.com), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, Aracaju, SE – BR. **Lenalda Dias dos Santos** (lenalda@infonet.com.br), engenheira e licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe. Mestre em Educação pela Universidade Federal da Paraíba e coordenadora Pedagógica do Curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Ângelo Francklin Pitanga** (afpitanga2@gmail.com), licenciado e mestre em Química, doutor em Educação pela Universidade Federal de Sergipe e professor de Química do IFBA. Atualmente em Cooperação Técnica como Docente no IFS. Lagarto, SE-BR.

Referências

ALI, H. Biodegradation of synthetic dyes – A review. *Water Air Soil Pollut*, v. 213, p. 251-273, 2010.

ALSHEHREI, F. Role of microorganisms in biodegradation of food additive azo dyes: a review. *African Journal of Biotechnology*, v. 19, n. 11., p. 799-805, 2020.

ALVES, A. F. S. e VIRGENS, C. S. *Análise do processo de produção de biodiesel através da métrica de círculo verde em química verde*. 2016, 40f. Trabalho de Conclusão (Curso Técnico em Biocombustíveis). Instituto Federal da Bahia, Irecê, 2016.

BAIO, J. A. F.; RAMOS, L. A. e CAVALHEIRO, E. T. G. Construção de eletrodo de grafite retirado de uma pilha comum: aplicações didáticas. *Química Nova*, n.37, v.6, p. 1078-1084, 2014.

DUARTE, R. C. C.; RIBEIRO, M. G. T. C. e MACHADO, A. A. S. C. Avaliação da veracidade de atividades laboratoriais de síntese química no ensino superior em Portugal. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, n. 138, p. 35-46, 2012.

FERREIRA, W. M. ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D.; SANTOS, B. L. S. R. e PITANGA, A. F. Corantes: uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 248-257, 2018.

GONÇALVES, F. P.; YUNES, S. F.; GUIATA, R. I.; MARQUES, C. A.; PIRES, T. C. M.; PINTO, J. R. M. e MACHADO, A. A. S. C. La dimensión ambiental de la experimentación en la enseñanza de la química: consideraciones sobre el uso de la métrica holística estrella verde. *Educación Química*, n. 28, p. 99-106, 2017.

KÖNIG, J. Food Colour additives of synthetic origin. SCOTTER, M.J. (org). *Colour additives for food and beverages*. Sawston: Woodhead Publishing, 2015.

MACHADO, A. A. S. C. Métricas da Química Verde – A produtividade atômica. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, n. 107, out./dez., p. 47-55, 2007.

_____, *Introdução às Métricas da Química Verde: Uma Visão Sistêmica*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2014.

PITANGA, A. F. Crise da Modernidade, Educação Ambiental, Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Educação em

Química Verde: (Re)pensando paradigmas. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 141-159, 2016.

_____, SANTOS, B. S. L. R.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D. e FERREIRA, W. M. Adaptação metodológica de Processos Oxidativos Avançados (POAs) na degradação de corantes para aulas experimentais de ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 4, p. 373-377, 2017.

_____, SANTOS, L. D. e FERREIRA, W. M. Os discursos sobre química verde na revista científica Química Nova. *Enseñanza de Las Ciencias*, n. extra, p. 3149-3153, 2017.

RECK, I. M. e PAIXÃO, R. M. Impactos ambientais dos corantes azo e tratamentos de remoção: Uma revisão. *Revista Uningá Review*, v. 28, n. 2, p. 61-66, 2016.

RIBEIRO, M. G. T. C. e MACHADO, A. A. S. C. Novas métricas holísticas para avaliação da veracidade de reações de síntese em laboratório. *Química Nova*, n. 35, v. 9, p. 1879-1883, 2012.

SANTOS, A. J.; LIMA, M. D.; SILVA, D. R.; GARCIA-SEGURA, S. e MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. Influence of the water hardness on the performance of electron-Fenton: decolorization and mineralization of Eriochrome Black T. *Electrochimica Acta*, n. 208, p. 156-163, 2016.

Para Saber Mais

CORRÊA, A. G. e ZUIN, V. G. (Org). *Química Verde: Fundamentos e Aplicações*. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

PITANGA, A. F.; SANTOS, B. L. S. R.; SANTOS, K. M. S.; SANTOS, L. D.; ROCHA, L. B.; LIMA, L. M. A.; CUNHA, S. J.; SANTOS, T. S. e FERREIRA, W. M. *Pensar a experimentação no ensino de química: experimentos adaptados com materiais de fácil aquisição*. Aracaju: EDIFS, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3al2un1>.

SANDRI, M. C. M.; GOMES, S. I. A. A. e BOLZAN, J. A. *Química Orgânica Experimental: aplicação de métricas holísticas de veracidade: estrela verde e matriz verde*. Curitiba: Editora IFPR, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3bYIpFw>.

Abstract: *Evaluating Metrics in Green Chemistry of Experiments Adapted for the Degradation of Dye Yellow Tartrazine.* Use of dyes has been a worldwide concern, especially when it comes to environmental sanitation issues. Various techniques have been developed and/or improved so that they have better results in the degradation of recalcitrant dyes. At the beginning of this investigation, we proceeded with the adaptation of Advanced Oxidative Electrochemical Processes (AOEPs) for the degradation of tartrazine yellow dye (TY) so that they could be reproduced in high school classes. However, the advances in the research allowed to observe that the adaptation of these experiments presented several elements of the green chemistry, and with this, this article aims to present an evaluation of metrics in green chemistry of experiments adapted for the degradation of tartrazine yellow.

Keywords: green chemistry, metrics, adaptation of experiments, tartrazine yellow

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*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (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 teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

● **ESPAÇO ABERTO**

Responsável: Luciana Massi (Unesp)

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: Rafael Cava Mori (UFABC)

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: Mara Elisa Fortes Braibante (UFMS)

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: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

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.

