

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS
NA INTERAÇÃO ENTRE EDUCAÇÃO SUPERIOR
E EDUCAÇÃO BÁSICA

Fábio Peres Gonçalves
Carolina dos Santos Fernandes
Santiago Francisco Yunes
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

FÁBIO PERES GONÇALVES
CAROLINA DOS SANTOS FERNANDES
SANTIAGO FRANCISCO YUNES
(Organizadores)

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE
CIÊNCIAS NA INTERAÇÃO ENTRE
EDUCAÇÃO SUPERIOR E EDUCAÇÃO
BÁSICA**

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E96 Experimentação no ensino de ciências na interação entre educação superior e educação básica [recurso eletrônico] / Organizadores Fábio Peres Gonçalves, Carolina dos Santos Fernandes, Santiago Francisco Yunes. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-85107-35-2
DOI 10.22533/at.ed.352181909

1. Aprendizagem. 2. Ciência – Estudo e ensino. I. Gonçalves, Fábio Peres. II. Fernandes, Carolina dos Santos. III. Yunes, Santiago Francisco.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br E-mail: contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Este livro apresenta um conjunto de diferentes propostas de atividades experimentais elaboradas e desenvolvidas na interação entre uma instituição de educação superior e instituições de educação básica. Os seus autores são profissionais que atuam/atuavam nestas instituições no momento de elaboração da obra.

A escrita em forma de cooperação entre os profissionais supracitados, por vários motivos, nem sempre é uma atividade fácil. Entre os motivos, pode-se destacar o fato de os professores da educação básica estarem reconhecidamente sobrecarregados. De modo que a produção coletiva de atividades experimentais entre docentes da educação superior e docentes da educação básica e, conseqüentemente, a socialização destas se estabelecem como uma característica importante do livro que não se constitui, portanto, em uma “receita” dos primeiros profissionais aos segundos, como acontece com certa frequência em publicações. Em suma, o livro pode ser compreendido como produto de um processo formativo que envolveu os sujeitos aqui citados, na interação com os estudantes da escola.

Outra característica dos capítulos que compõe esta obra é o fato de estarem relacionadas com atividades de pesquisa de diferentes naturezas (trabalhos de pós-graduação, projetos de pesquisa financiados por agências de fomento, etc.). Em outros termos, todas as propostas de atividade experimental foram avaliadas de algum modo em investigações.

A obra foi organizada em quatro capítulos sendo que cada um apresenta pelo menos uma proposta de atividade experimental articulada com determinada perspectiva teórico-metodológica para a experimentação no ensino de ciências da natureza. Os capítulos se assemelham em sua estrutura, uma vez que antes da proposição das atividades experimentais são apresentadas as orientações teórico-metodológicas que balizam os experimentos.

No primeiro artigo intitulado “Atividades experimentais em articulação com a abordagem CTS na educação em química/ciências”, os autores examinam a articulação da abordagem CTS à experimentação no ensino de química/ciências e com base nisso apresentam uma proposta de atividade experimental sobre a utilização de turfa no tratamento de água.

O segundo artigo intitulado “Atividades experimentais em ciências da natureza com a participação de cegos e videntes em pequenos grupos” apresenta três propostas de atividades experimentais para os anos iniciais do ensino fundamental desenvolvidas com a participação de um estudante cego e videntes. As atividades experimentais estão organizadas metodologicamente em contribuições identificadas na literatura no que diz respeito à experimentação no ensino de ciências, ao trabalho em pequenos grupos e ensino de ciências para cegos.

O artigo “Proposta de experimento articulada com a leitura de textos literários”, como sugere o título, apresenta propostas de atividades que articulam leitura e

experimentação. O texto aponta a exploração de um texto literário de um conhecido divulgador da ciência: José Reis.

Por fim, o artigo “Propostas metodológicas para a experimentação no ensino de química” apresenta uma adequação de três propostas de atividades experimentais do livro “Experimentação na educação em química: fundamentos, propostas e reflexões” (GONÇALVES; BRITO, 2014) para o ensino médio.

Todos os trabalhos apresentados estão relacionados com trabalhos de pesquisas e representam propostas tanto de processos de formação de professores como de elaboração de atividades experimentais em constante movimento. Portanto, o livro é caracterizado por uma incompletude que pode ser enfrentada a partir da interação com os destinatários que são principalmente professores e licenciandos da área de ciências da natureza e formadores de professores desta área.

Fábio Peres Gonçalves
Carolina dos Santos Fernandes
Santiago Francisco Yunes

REFERÊNCIA

GONÇALVES, F. P.; BRITO, M. A. Experimentação na educação em química: fundamentos, propostas e reflexões. 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2014.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM ARTICULAÇÃO COM A ABORDAGEM CTS NA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA/ CIÊNCIAS	
<i>Fábio Peres Gonçalves</i>	
<i>Carolina dos Santos Fernandes</i>	
<i>Bruna Szpoganicz</i>	
<i>Vanderlei José Valim Vieira Filho</i>	
<i>Santiago Francisco Yunes</i>	
<i>Carlos Alberto Marques</i>	
<i>Adélio A.S.C. Machado</i>	
CAPÍTULO 2	23
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM A PARTICIPAÇÃO DE CEGOS E VIDENTES EM PEQUENOS GRUPOS	
<i>Beatriz Biagini</i>	
<i>Fábio Peres Gonçalves</i>	
CAPÍTULO 3	46
PROPOSTA DE EXPERIMENTO ARTICULADA COM A LEITURA DE TEXTOS LITERÁRIOS	
<i>Simone dos Santos Ribeiro</i>	
<i>Cícero José Marques de Farias</i>	
<i>Fábio Peres Gonçalves</i>	
CAPÍTULO 4	61
PROPOSTAS METODOLÓGICAS PARA A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	
<i>Patrícia de Souza Felipe</i>	
<i>Vanderlei José Valim Vieira Filho</i>	
<i>Fábio Peres Gonçalves</i>	
SOBRE OS ORGANIZADORES	74
SOBRE OS AUTORES	75

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM ARTICULAÇÃO COM A ABORDAGEM CTS NA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA/CIÊNCIAS

Fábio Peres Gonçalves

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Química
Florianópolis, Santa Catarina

Carolina dos Santos Fernandes

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Metodologia de Ensino
Florianópolis, Santa Catarina

Bruna Szpoganicz

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Química
Florianópolis, Santa Catarina

Vanderlei José Valim Vieira Filho

Escola de Educação Básica Getúlio Vargas
Florianópolis, Santa Catarina

Santiago Francisco Yunes

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Química
Florianópolis, Santa Catarina

Carlos Alberto Marques

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Metodologia de Ensino
Florianópolis, Santa Catarina

Adélio A.S.C. Machado

Universidade do Porto, Departamento de Química
e Bioquímica
Porto, Portugal

RESUMO: As atividades experimentais têm ocupado um papel de destaque na literatura

em didática das ciências, assim como trabalhos associados às interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Mais recentemente identificam-se trabalhos que associam às atividades experimentais questões que envolvem as interações CTS. Assim, neste trabalho se examina, a partir de uma revisão de literatura, como a abordagem CTS tem sido vinculada à experimentação no ensino de química/ciências da natureza. Com base em reflexões advindas desta revisão se apresenta uma proposta de experimento ligada à utilização da turfa no tratamento de água.

PALAVRAS-CHAVE: atividades experimentais, CTS, ensino de química.

ABSTRACT: Experimental activities have played a prominent role in the literature in science didactics, as well as works associated with the interactions between Science, Technology and Society (STS). More recently, work has been identified that associates experimental activities with questions that involve STS interactions. This paper examines, from a literature review, how the STS approach has been linked to experimentation in the teaching of chemistry / nature sciences. Based on the reflections from this review, a proposal of an experiment related to the use of peat in water treatment is presented.

KEYWORDS: experimental activities, STS,

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas é possível identificar na literatura em ensino de química, em particular, e em ensino de ciências da natureza, de modo geral, um grande número de publicações que tratam tanto de atividades experimentais quanto da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), bem como alguns trabalhos que associam essas duas temáticas de pesquisa.

Sobre as críticas às atividades experimentais e a importância dessas no ensino de ciências se podem citar coletâneas como as organizadas por Wellington (1998) e por Psillos e Niedderer (2002), que trazem inclusive as reflexões precedentes a essas obras relativas às atividades experimentais. Nesse âmbito, pode-se citar igualmente o trabalho de Hofstein e Mamlok-Naaman (2007). Já sobre a abordagem CTS o trabalho de Pedretti e Nazir (2011) apresenta uma revisão que reconhece ao longo de quatro décadas tal abordagem como permeada por diferentes compreensões e inclusive por confusões. Nesse estudo, do mesmo modo, referenciam-se outros trabalhos que se dedicaram a uma revisão sobre a abordagem CTS na educação em ciências. No artigo as autoras utilizam a expressão *STSE (science, technology, society and environment)* e não *STS (science, technology and society)*. No entanto, reconhecem que quando se referem à *STSE* (acrônimo em português CTSA) estão enquadrando igualmente os trabalhos sobre *STS* (acrônimo em português CTS). O inverso também ocorre na literatura, de maneira que a diferença entre as duas designações é difusa.

O presente trabalho, a partir de uma revisão de literatura, analisa como a abordagem CTS tem sido articulada à experimentação no ensino de química, em particular, e ao ensino de ciências da natureza, de modo geral. Compreende-se que o estudo dessas articulações pode favorecer reflexões sobre suas finalidades e subsidiar novas propostas de associação da abordagem CTS às atividades experimentais no ensino de química/ciências. Por fim, apresenta-se uma proposta de experimento, na qualidade de um exemplar, que busca aproximar-se de discussões sinalizadas a partir da revisão de literatura. O experimento apresentado refere-se à utilização da turfa no tratamento de água, mais especificamente no processo de filtração como uma forma de reduzir a concentração de alumínio na água tratada que pode se originar da utilização do sulfato de alumínio como coagulante. Cabe destacar, que a proposta caracteriza um caso inicial em um estudo com a intenção explícita de explorar o enfoque CTS em atividades experimentais. Cumpre registrar que uma versão preliminar preliminar deste trabalho foi apresentada ao XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química realizado em 2016 em Florianópolis-Brasil.

2 | ABORDAGEM CTS E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Por meio deste trabalho encontramos indicativos de que a associação entre a abordagem CTS e as atividades experimentais no ensino de química é recente e também incipiente. A consulta de trabalhos foi realizada no ano de 2014 utilizando os descritores CTS, CTSA, STS e STSE nos indexadores *Scientific Electronic Library Online (SciELO-Brasil)*, *Scopus* e *Web of Science*. Outra fonte de consulta com os descritores citados foi o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os periódicos *Journal of Chemical Education* e *Chemistry Education: Research and Practice* também foram consultados com os mesmos descritores. Além disso, incluíram-se na amostra analisada artigos dos quais se tinha conhecimento que tratavam da articulação entre abordagem CTS e atividades experimentais no ensino de química/ciências.

A associação entre a abordagem CTS e as atividades experimentais foi agrupada em três categorias emergentes de análise, as quais serão a seguir exploradas: experimentos em propostas de ensino de cunho CTS; ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais; e motivação. A categoria motivação é aquela que parece agrupar maior número de trabalhos.

2.1 Experimentos em Propostas de Ensino de Cunho CTS

A articulação entre experimentos e a abordagem CTS pode ocorrer de forma menos explícita em trabalhos em que as atividades experimentais estejam marcadamente presentes em propostas de ensino de cunho CTS. É o caso do trabalho de Paixão, Pereira e Cachapuz (2006) que relata o desenvolvimento de um projeto com estudantes secundários portugueses envolvendo o assunto tingimento tradicional de tecidos versus tingimento industrial. O projeto contemplou a realização de experimentos vinculados à questão do tingimento que se articularam com discussões sobre CTS. No âmbito do projeto os alunos realizaram saídas de campo a laboratórios universitários, indústria têxtil e a um museu têxtil, onde tiveram a oportunidade de debater a respeito de questões ambientais acerca do tratamento de efluentes do processo industrial de tingimento. Identificou-se no artigo a abordagem de uma temática que se caracteriza como sendo de natureza local. Em outro trabalho de Paixão (2004) se identificou também o desenvolvimento de uma proposta de ensino acerca de uma temática local, qual seja, misturas presentes na vida cotidiana dos alunos, com uma visita desses sujeitos a uma indústria de farinha na localidade em que estavam inseridos. Neste trabalho se tem indicativos de que o critério de seleção da temática se relacionou com os conhecimentos disciplinares previamente definidos à componente curricular química. As atividades experimentais desenvolvidas no projeto possuem uma orientação que se aproxima de uma perspectiva de resolução de problemas/investigação. A associação entre atividades experimentais de caráter investigativo com discussões acerca das interações CTS também foi tecida por Souza

e Martins (2011). No trabalho destes autores se apresenta um relato de experiência a respeito de atividades promovidas com estudantes do ensino médio na construção de biodigestores didáticos. Souza e Martins (2011) destacam que o fato de ter sido uma atividade pontual limitou o enriquecimento da visão dos estudantes sobre o papel da experimentação, permanecendo compreensões que reduzem a experimentação à comprovação de teorias.

Todavia, nem todos os trabalhos citam explicitamente a fundamentação teórico-metodológica que orientou o desenvolvimento da atividade experimental dentro da proposta de caráter CTS. Isso pode estar associado com a natureza dos trabalhos publicados, que dão diferentes ênfases às atividades experimentais. Por exemplo, os artigos de Paixão, Pereira e Cachapuz (2006), Paixão (2004) e Souza e Martins (2011) se caracterizam como relatos de experiências e por isso destinam mais espaço para detalhar as atividades. Já os trabalhos de Mundim e Santos (2012) e Machado e Pinheiro (2010), por exemplo, na qualidade de pesquisas em ensino de ciências, não trazem detalhamentos acerca da fundamentação teórico-metodológica que pautou o desenvolvimento da atividade experimental em suas propostas. A investigação de Mundim e Santos (2012) possuía o objetivo de analisar como uma abordagem de tema sociocientífico permite que alunos em aulas de ciências no ensino fundamental relacionem conhecimentos científicos com situações de suas vivências. Enquanto que Machado e Pinheiro (2010) promoveram uma pesquisa em que foram analisados os efeitos de uma metodologia no ensino de física na educação superior, considerando-se aspectos da abordagem CTS. Em síntese, nesses trabalhos de pesquisa a articulação entre atividades experimentais e a abordagem CTS aparece de maneira ainda mais tácita do que naqueles que são relatos de experiência.

Os trabalhos supracitados fazem referência a uma abordagem CTS com fundamentação teórica explícita. No entanto, essa não é a tônica de todos os trabalhos localizados. Há casos, como o trabalho de Santos (2004), em que nem sequer são citadas referências que exploram a abordagem CTS, de modo que a articulação entre atividades experimentais e abordagem CTS fica empobrecida.

Outra questão que merece ser analisada nos trabalhos que apresentam propostas de ensino de cunho CTS com experimentos se refere à coerência entre os experimentos desenvolvidos e os pressupostos da abordagem CTS adotada. Por exemplo, uma defesa que tem sido feita em trabalhos com abordagem CTS é que o processo de ensino e aprendizagem deve valorizar a participação ativa dos estudantes (GALIETA-NASCIMENTO; VON LINSINGEN, 2006). Por isso, não se compreende como coerente a realização de experimentos de caráter puramente ilustrativo/demonstrativo em propostas de ensino de caráter CTS. Acredita-se que seja mais congruente adotar abordagens metodológicas para as atividades experimentais como a resolução de problemas/investigação, como é exposto no trabalho de Paixão (2004). No âmbito do ensino de química, particularmente, merece atenção a natureza dos reagentes utilizados na promoção dos experimentos e, por conseguinte, seu descarte/

tratamento. No trabalho de Santos (2004) se recomenda, por exemplo, a síntese do ácido acetilsalicílico que pode envolver diferentes etapas, desde propriamente a síntese do ácido até sua purificação e recristalização, sendo que todo esse processo envolve reagentes pouco adequados, em especial ao ambiente escolar, tendo em vista os riscos da sua utilização para o meio ambiente — que inclui a presença do ser humano. Por exemplo, na recristalização citada um solvente recomendado com frequência é o tolueno. Essa substância é classificada como inflamável, corrosiva, tóxica e perigosa ao ambiente aquático. Ademais, acrescenta-se que as discussões sobre problemas ambientais têm sido recorrentes nas abordagens CTS e propostas de ensino caracterizadas por essa abordagem e com atividades experimentais problemáticas do ponto de vista ambiental podem representar uma incongruência. É justo registrar que há mais de uma década atrás tal incongruência não era tão evidente quanto na atualidade.

Em suma, a identificação de propostas de ensino de cunho CTS que se articulam com o desenvolvimento de atividades experimentais sugere que se tome como objeto de reflexão a sinalização de características importantes às atividades experimentais para que tal articulação possa ser sustentada de maneira mais coerente e consistente. Isso vai na contramão da ideia de utilizar o acrônimo CTS como um simples *slogan*, como destacaram Pedretti e Nazir (2011). No conjunto das propostas a dimensão da tecnológica da tríade CTS se destacada, assim como as questões referentes aos chamados problemas ambientais.

2.2 Ensino de Conteúdos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais

A aproximação entre as discussões sobre abordagem CTS e atividades experimentais pode favorecer o ensino explicitamente articulado de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (POZO, 2003). Hidalgo (2009), por exemplo, chama atenção explicitamente para o potencial da abordagem CTS de favorecer este tipo de ensino. Mais especificamente trata-se de um trabalho que buscou planejar uma estratégia, fundamentada na abordagem CTS, utilizando o meio ambiente como laboratório. A análise da estratégia foi realizada junto a estudantes da formação inicial de professores de química.

De outra parte, há propostas em que o ensino articulado de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais não está apontado explicitamente, mas que pode ficar subentendido pela citação do acrônimo CTS. Por exemplo, o trabalho de Costa, Ribeiro e Machado (2012) apresenta um instrumento para análise de atividades experimentais no que concerne ao enquadramento na abordagem CTS - no artigo se sugere a utilização de um novo acrônimo que seria CTSS (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Sustentabilidade). Os autores avaliaram, com o instrumento, propostas de atividades experimentais dos programas dos 10º e 11º anos do ensino secundário português e sinalizam que tais atividades se afastam de uma abordagem CTS. No caso

desse trabalho há indicativos de que a articulação entre as atividades experimentais e a abordagem CTS estaria mais centrada nos conteúdos, sobretudo conceituais e procedimentais da química, do que em uma abordagem de tema - sobre a abordagem de temas se recomenda a leitura de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Tal indicativo pode ser reforçado quando os autores afirmam:

Pelas razões apontadas, as experiências de síntese contribuem frequentemente para uma abordagem ampla da química, num contexto industrial e societal, bem inserida numa opção CTSS para o ensino da Química - a sua quase absoluta ausência dos atuais programas do secundário [6] é extremamente lamentável. Mas, neste contexto, o desafio é propor sínteses que, ao mesmo tempo, envolvam riscos baixos, materiais renováveis, degradáveis e do cotidiano, e tenham aplicação real na indústria, o que não é fácil.

[...] Em suma, o tipo de análise apresentado pode ser útil na avaliação, no desenho, ou no redesenho de atividades laboratoriais, tendo em vista a sua inserção num ensino da Química de cariz CTSS, essencial no presente contexto de luta societal pela Sustentabilidade, em que a inovação da tecnologia adquire um papel fulcral (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2012, p.74).

Sinalizar os experimentos de síntese como suportes de uma abordagem ampla da química, permite interpretar que o ponto de partida para uma abordagem CTS podem ser conteúdos conceituais predefinidos da química e não temáticas mais amplas em que se podem inserir os conteúdos desta ciência. De outra parte, é preciso reconhecer, de acordo com o exposto pelos autores, que o fato de a gênese de uma abordagem CTS ser os conteúdos disciplinares da química não significa se distanciar de uma discussão mais ampla e imperativa que é aquela da “luta societal pela sustentabilidade”. O termo sustentabilidade é sabidamente polissêmico e argumenta-se em favor de uma discussão que aponte a dependência entre os bens naturais finitos e o problema da degradação da energia (MARQUES et al., 2013). Nisso, a componente curricular química pode dar importantes contribuições, seja na educação superior, seja na educação básica, de maneira a enriquecer as discussões de caráter CTS nos processos educativos.

Outra aproximação favorecida mais pelo contexto da própria química é sinalizada por Zandonai et al. (2014), pois a partir do ensino de Química Verde na educação superior se busca analisar potencialidades e limites de um experimento. Assim os autores expõem:

A proposta didática investigativa intencionou, por meio do procedimento experimental integrado à discussão teórica, sensibilizar os licenciandos de Química para as relações do empreendimento tecnocientífico e seus produtos com as questões ambientais, considerando o movimento da Química Verde e a formação inicial de professores no contexto brasileiro. O delineamento da experiência, fundamentado em uma práxis educacional com enfoque CTSA, foi planejado e executado de modo a torná-lo tão verde quanto possível, por meio da substituição de reagentes por outros de menor toxicidade, redução da concentração (por exemplo, da solução hidróxido de amônio de concentração 8%, utilizado na prática tradicional, para uma solução de concentração 1%) e diminuição da escala para a síntese da magnetita e a simulação de recuperação de corpos d'água (ZANDONAI et al, 2014, p.79).

No entanto, nesse artigo os autores reconhecem o potencial da abordagem CTS para o ensino explícito dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Por outro lado, é importante ressaltar que propostas de atividades experimentais, independentemente de uma abordagem CTS, podem favorecer o ensino explícito desses três tipos de conteúdos, como sugere Gonçalves (2009).

Portanto, a partir de diferentes ênfases, este estudo identificou trabalhos que sinalizam o ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em propostas de atividades experimentais articuladas com a abordagem CTS. De modo que isso pode ser um indicativo de característica a ser perseguida na associação em debate.

2.3 Motivação

A articulação entre atividades experimentais e abordagem CTS é permeada, de forma mais tácita ou explícita, pela ideia de que os estudantes podem ser motivados, por exemplo, para a química/ciência em si. Sobre o que ocasionaria tal motivação antecipa-se que essa é uma questão que merece ser melhor estudada e aprofundada, bem como a aceitação do que seria motivação para os autores. Um debate de mais longo tempo acerca da motivação utiliza os termos extrínseco e intrínseco. As definições do que vem a ser motivação extrínseca e motivação intrínseca não são consensuais na literatura. Amiúde entende-se que motivação intrínseca é aquela interior ao indivíduo, ao contrário da motivação extrínseca. A análise que segue sugere que uma fundamentação teórica explícita sobre o que se compreende por motivação, e a sua análise, é carente nos trabalhos analisados, ainda que essa expressão seja recorrente neles. Exemplificam essa caracterização os trabalhos de Montagut Bosque et al. (2003) e Vianna, Pires e Viana (1999). Nossa compreensão a respeito de motivação vinculada à aprendizagem é sustentada, em parte, pelo o que expõe Tapia (2003). Ou seja, a aprendizagem e a motivação necessitam ser analisadas em um contexto amplo – e não reduzido, como sugerem trabalhos que articulam a abordagem CTS e as atividades experimentais. Variados aspectos ligados ao processo educativo – e ao que é externo a ele – e que não são exclusivos ou inerentes à abordagem CTS e às atividades experimentais, podem ter relação com a motivação discente, tais como o modo de trabalhar (individualmente ou em grupo), a autonomia e a avaliação (TAPIA, 2003).

Na literatura analisada há situações em que a defesa da motivação aparece mais explicitamente ligada com a associação entre abordagem CTS e atividades experimentais, e em outras a finalidade motivacional é apenas mencionada, mas não como uma consequência direta dessa associação. Um exemplo em que se interpreta a defesa da motivação como algo diretamente relacionado à articulação entre a abordagem CTS e as atividades experimentais é o exposto no trabalho de Eilks (2002):

Um método para melhorar a motivação e atitude do estudante para o ensino da ciência escolar pode ser a concepção de lições relacionadas a questões sociais, tais como as aplicações industriais reais e potenciais da ciência e da tecnologia

(EILKS, 2002. p. 77). [tradução nossa]

O método de ensino de química descrito aqui para o tópico do biodiesel [...] visa promover discussões controversas na sala de aula. Ele fornece uma maneira potencial para aumentar a motivação e atitude de estudantes em direção à química e à sua importância para sociedade (EILKS, 2002. p. 84). [tradução nossa]

Motivar os estudantes para a química ou ciências da natureza, de modo geral, é um objetivo bastante antigo e pode estar ligado a diferentes compreensões sobre o papel do ensino de química/ciências. Cumpre destacar que a motivação, por si só, se constitui em um assunto bastante complexo, como apontado.

Há casos em que a motivação não parece estar vinculada diretamente à associação entre atividades experimentais e abordagem CTS:

A estratégia de ensino originou grande motivação por parte dos estudantes para participar nos debates e nas atividades, dentro e fora da aula; também promoveu a sensibilização e reflexão sobre o papel dos estudantes como cidadãos.

[...]

A análise da questão sócio-científica permitiu que os estudantes refletissem sobre as suas concepções de ciência, tecnologia e sociedade, pois no decorrer desta metodologia didática com enfoque CTS se questionou muitas das ideias que tinham a respeito destes temas e se ampliou a visão crítica sobre os mesmos.

Analisar uma questão sócio-científica desde o enfoque CTSA permite articular o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico que favorecem uma melhor preparação dos estudantes para enfrentar no futuro discussões públicas que envolvem aspectos científicos e tecnológicos (CASTILLO, 2010, p.151). [tradução nossa]

A autora aponta essas considerações a partir da análise do desenvolvimento de “habilidades de pensamento crítico” de alunos a partir do estudo da temática da experimentação em animais não-humanos. Particularmente, neste trabalho a experimentação não aparece como uma proposta metodológica para o ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, mas como um conteúdo em si a ser aprendido, de forma específica, que é a experimentação animal. Essa discussão sobre experimentação, na qualidade de um conteúdo, parece ser mais recente e entendemos que as suas articulações com uma abordagem CTS merecem ser exploradas. É possível identificar essa articulação em trabalhos mais atuais que não constituíram nossa amostra analisada, como o texto de Ribeiro (2016).

Também é possível apontar um exemplo de trabalho que possui uma compreensão fundamentada sobre motivação para aprendizagem por meio de atividades experimentais, ao mesmo tempo em que avança na articulação com a abordagem CTS. Nesta direção está o artigo de Schallies e Eysel (2004) que traz considerações que podem enriquecer o processo educativo, na medida em que chama a atenção da importância de aprender conhecimentos científicos e tecnológicos para, por exemplo, participar de processos de tomada de decisão. Ao contrário do enfoque presente nos famosos e difundidos projetos de ensino de ciências da natureza estadunidenses e ingleses de meados do século passado que apresentavam propostas de atividades experimentais, cuja finalidade era, entre outras, motivar estudantes para as carreiras

científicas. Por outro lado, ainda que implicitamente, têm-se indicativos também que a ideia de fomentar o interesse pela química/ciência, em si mesma, pode permanecer tacitamente na literatura à medida que os assuntos abordados nas propostas estão puramente ligados à química – indústria química, por exemplo - e não a assuntos mais amplos que envolvem ciência e tecnologia. Isso pode ficar mais em evidência em posicionamentos como o que segue:

Este artigo discute a elaboração de um modelo de estudo de caso na indústria de sabão [...] para ajudar a melhorar o envolvimento, motivação e interesse dos estudantes secundários ou de graduação em química, química industrial, em particular (CHOWDHURY, 2013, p.887). [tradução nossa]

O fato de colocar a indústria de sabão como um assunto de interesse tanto a estudantes da educação básica como àqueles da educação superior em química pode ser tomado como um indicativo de aproximação da educação básica à educação superior. Com isso chama-se a atenção para que a aproximação entre as discussões sobre as atividades experimentais e a abordagem CTS não se constitua como um pretexto para evocar antigos objetivos do ensino de ciências – talvez mais presentes do que o desejável – e que estão mais preocupados com a captação de jovens interessados pela ciência e tecnologia, sobretudo em termos de carreira profissional. Entende-se que essa opção pode estar relacionada com os pressupostos da abordagem CTS defendida nas propostas, ou com problemas de interpretação do que vem a ser a abordagem CTS, como sugerem Pedretti e Nazir (2011).

Seja como for, entende-se que reduzir os objetivos das propostas que aproximam atividades experimentais e abordagem CTS a questões de ordem motivacional pode empobrecer tanto as finalidades dessa aproximação quanto das atividades experimentais e de uma abordagem CTS. Santos e Mortimer (2000), fundamentados na literatura, reconhecem a proposição de currículos CTS cuja finalidade seria mais motivacional em comparação com os chamados currículos tradicionais de ciências. Os autores explicitam que esse objetivo se caracteriza por aquela ideia de “dourar a pílula” de propostas de ensino puramente conceituais. Em outras palavras, a abordagem CTS é muito tênue sem avançar em discussões mais complexas das relações CTS. O fato de a própria literatura reconhecer a finalidade motivacional que pode assumir a abordagem CTS fortalece a interpretação aqui exposta com base na análise dos artigos localizados, de que a aproximação entre atividades experimentais e abordagem CTS pode ainda valorizar essa possibilidade de ensino em que o foco pode estar sendo ainda os conteúdos puramente conceituais. Cumpre registrar que a motivação discente como um objetivo das atividades experimentais também é uma questão largamente questionada (HODSON, 1994).

3 | IMPLICAÇÕES AO ENSINO DE QUÍMICA/CIÊNCIAS

Ao buscarmos entender como a abordagem CTS tem sido articulada à experimentação no ensino de química e de ciências da natureza na literatura, evidenciamos articulações que tendem a favorecer relativamente pouco as reflexões sobre suas finalidades e características marcadamente importantes, ainda que novas propostas de associação entre abordagem CTS e atividades experimentais no ensino de química/ciências tenham sido ampliadas nos últimos tempos. Ao prosseguirmos com nossas investigações esperamos enfrentar essa fragilidade e tornar mais explícita uma conformação de articulação entre importantes “instrumentos” de construção de diferentes tipos de conhecimentos envolvidos e necessários a essa perspectiva formativa. Conhecimentos estes que transcendem a dimensão motivacional, como os que envolvem as questões ambientais e de articulação explícita de conteúdos conceituais, procedimentais, atitudinais, os quais podem favorecer a formação social.

O desenvolvimento de atividades experimentais em sintonia com a abordagem CTS pode também constituir uma possibilidade profícua de problematização dessas atividades tanto no âmbito da formação de professores de química/ciências quanto nas ações realizadas na educação básica. Em especial, por ter a abordagem CTS em seu cerne a busca pela compreensão da dimensão social da ciência e da tecnologia. As repercussões éticas e ambientais igualmente podem permear o desenvolvimento das atividades experimentais nos diferentes níveis de ensino.

No entanto, destaca-se a polissemia em torno dos estudos CTS. Em outras palavras há diferentes perspectivas relacionadas a esses estudos considerados pela literatura, com pontos de vistas formativos distintos. Tal aspecto pode ser evidenciado pela descrição das propostas de experimentos abordadas nos trabalhos supracitados.

Nesta rota, Auler e Delizoicov (2001), mencionam duas perspectivas ao se tratar da abordagem CTS, a saber: a ampliada e a reducionista. A primeira discute a superação de construções históricas ligadas à ciência e à tecnologia, quais sejam: a) superação da visão tecnocrática, defensora da ideia de que aspectos ligados à ciência e à tecnologia devem ser discutidos apenas por especialistas na área, isentando a sociedade como um todo da tomada de decisões; b) superação da visão salvacionista, que ressalta a ciência e a tecnologia como solução para diferentes problemas de forma a gerar bem-estar social; e por fim, c) a superação do determinismo tecnológico em que as mudanças sociais são entendidas como decorrência exclusiva das mudanças tecnológicas (AULER; DELIZOICOV, 2001). Já a visão reducionista implica exatamente na valorização das visões tecnocráticas, salvacionistas e do determinismo tecnológico. Em sintonia com uma visão mais crítica da abordagem CTS destaca-se a não neutralidade da ciência e da tecnologia, isto é, estas não podem ser isoladas do contexto na qual foram geradas (DAGNINO, 2008).

O desenvolvimento de atividades experimentais de química fundamentadas em sintonia com uma abordagem CTS em uma perspectiva ampliada pode contribuir

significativamente para caracterização de práticas de ensino contextualizadas, em que o conhecimento químico envolvido no experimento seja compreendido intimamente atrelado a fatores sociais. Tal aspecto pode auxiliar na superação de atividades experimentais em sintonia com uma perspectiva reducionista, as quais podem ser parametrizadas pela comprovação de teorias e pelo caráter incondicionalmente motivador da aprendizagem dos estudantes, por exemplo.

Além disso, a realização de atividades experimentais aportadas na abordagem CTS pode repercutir em ações que considerem especialmente a problematização de dimensões sociais e ambientais relacionadas às discussões de ciência e tecnologia, como: descarte de resíduos e experimentos com entendimentos salvacionistas e catastróficos de ciência e tecnologia. Igualmente, aposta-se em atividades experimentais que apresentem relação com a realidade concreta em que os fatores sociais possam ser melhor contextualizados. Em linhas gerais, os argumentos expostos podem ter implicações positivas no ensino de química/ciências.

Portanto, assume-se como um desafio a organização de propostas de atividades experimentais no ensino de química que se insiram em uma abordagem CTS que se caracterize pela discussão de visões em sintonia com a perspectiva ampliada sinalizada. Isso aponta a importância de não reduzir o debate acerca das atividades experimentais a questões de ordem puramente metodológica.

4 | EXPERIMENTO SOBRE TURFA NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Com base no exposto, a atividade experimental aqui proposta tem como cerne abordar uma problemática associada à utilização de sulfato de alumínio como coagulante no processo de tratamento de água. Com frequência o tratamento de água é apresentado em livros didáticos de química brasileiros, sendo que em muitos casos a abordagem desse assunto se aproxima de uma abordagem salvacionista da ciência e da tecnologia (TOQUETTO; GONÇALVES, 2014). Freitas, Brilhante e Almeida (2001), por exemplo, apontam relações da doença Mal de Alzheimer com a ingestão de alumínio. Acredita-se que esse é um assunto, como destacado previamente, a ser estudado de maneira a se aproximar de uma perspectiva ampliada a respeito das interações CTS. Somam-se a isso outras características sinalizadas como a articulação explícita entre conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais e a superação da ideia de que as atividades experimentais e a abordagem CTS têm como objetivo a promoção incondicional da motivação para a aprendizagem de conteúdos puramente conceituais. Ademais, a atividade experimental proposta apresenta características relevantes apontadas há muito tempo na literatura como a valorização do conhecimento inicial dos estudantes e o constante debate sobre o que é realizado no experimento e o porquê dos procedimentos adotados, de tal sorte que a atuação dos estudantes se afaste da ideia de uma pura execução de “receita” (HODSON, 1994).

Contudo, registra-se que esta atividade experimental proposta ainda se situa

em um contexto inicial de planejamento e execução de atividades experimentais articuladas à abordagem CTS e que novas investigações se fazem necessárias para aprofundar a compreensão e proposição de atividades experimentais articuladas à abordagem CTS. Complementa-se que a estrutura aqui proposta para o experimento (questões de estudo, leitura de textos, procedimentos experimentais e questões para discussão) tomou como base aquela de Nascimento, Branco e Gonçalves (2016) em que tiveram indicativos da potencialidade da proposta de atividade experimental promovida para abordar as interações CTS. Os objetivos e conteúdos podem ser selecionados pelo professor que for realizar a atividade de acordo com o seu contexto de atuação profissional.

No Quadro 1 são apresentadas questões para fomentar a discussão e favorecer a explicitação dos conhecimentos iniciais dos alunos. No entanto, outros questionamentos podem emergir a partir da interlocução do docente com os estudantes. As questões podem ser respondidas individualmente e por escrito, e na sequência debatidas em grupos de até quatro integrantes. Além disso, os grupos podem socializar suas respostas para a turma com uma discussão mediada pelo docente.

- Por que tratar a água?
- Qual a função do sulfato de alumínio no tratamento de água?
- Estudos apontam possíveis relações entre a incidência de Mal de Alzheimer e a ingestão de alumínio originário, por exemplo, da água tratada. Como as empresas de tratamento de água procuram resolver o problema de alumínio com concentrações acima do legalmente permitido na água resultante do processo de tratamento?
- Você poderia apontar formas de evitar concentrações de alumínio acima do exigido na água tratada, ainda que seja utilizado o sulfato alumínio?

Quadro 1 – Questões de estudo

Fonte: os autores.

Nas Caixas 1 e 2 são apresentados textos cuja leitura se recomenda aos alunos após o debate das respostas às questões do Quadro 1. Os alunos podem realizar a leitura do texto fora do horário da aula, mas neste caso sugere-se que antes da leitura extraclasse já tenham respondido as questões do Quadro 1, uma vez que tais questões buscam favorecer a apreensão pelo professor dos conhecimentos iniciais dos alunos.

“Água de Florianópolis tem níveis de alumínio acima do recomendado pelo Ministério da Saúde”

13/01/2014- 07h02min

A pedido do Diário Catarinense, um laboratório testou a água de Florianópolis em cinco pontos da cidade e constatou valores de alumínio acima do recomendado pelo Ministério da Saúde. No centro, em Coqueiros, no Continente, e no Rio Tavares, no Sul, o valor é quase três vezes acima do permitido. Os bairros Barra da Lagoa, no Leste, e Ingleses, no Norte, também fizeram parte do estudo. Pesquisas ainda em andamento investigam as relações do produto com o surgimento de doenças como depressão, Parkinson e Alzheimer.

As irregularidades da água são a conclusão de um trabalho feito pelo QMC Laboratório de Análises, credenciado à Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina (Agesan). De acordo com a bíoquímica do Laboratório Municipal de Florianópolis Eliana Maria de Almeida, o alumínio é um metal pesado de efeito cumulativo incorporado aos órgãos do corpo humano.

O presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Afonso Veiga Filho explica que as alterações nos níveis de alumínio da água não costumam ser comuns nas cidades brasileiras.

— O produto é usado no tratamento da água, pois o sulfato de alumínio auxilia na coagulação dos materiais em suspensão, para separar as impurezas presentes na água. Se o problema for eventual, não chega a acarretar problemas maiores — explica.

Insuficiência de cloro também é apontada pelo estudo

O relatório encomendado pelo DC apontou irregularidades nos níveis de cloro em dois bairros da capital catarinense. Na Barra da Lagoa, no Leste, a concentração é de menos da metade do exigido por lei (0,07mg por litro, quando o MS estabelece o mínimo de 0,2 mg). No Rio Tavares, no Sul, a concentração é de 0,17 mg.

O engenheiro sanitarista Rodrigo Fagonde Motta chama atenção para a contribuição do cloro abaixo do recomendado para o surgimento de enfermidades como o hipotireoidismo, aumento de peso e fadiga.

O que diz a Casan

Responsável pelo setor de qualidade de água, o engenheiro da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan), José Luciano Soares, contesta o estudo.

— Os resultados apresentados pelo QMC não são verdade absoluta, pois foram coletas pontuais e o relatório da Casan apresenta um histórico de resultados mais representativos para uma análise geral da água da cidade — contesta o técnico da companhia.

Segundo o especialista, a alteração é registrada em altas precipitações, pois nestes casos a quantidade de alumínio é aumentada para remover cor e turbidez da água.

— Como o metal é solúvel, somente mudando a tecnologia atual da Estação de Tratamento de Água seria possível diminuir esses valores. A Casan está investindo em obras de infraestrutura nas unidades de tratamento para aprimorar o processo e garantir que o produto chegue ao consumidor dentro dos padrões estabelecidos pela legislação — explica José Luciano Soares.

[...]

OS RESULTADOS

■ Nivel acima ■ Nivel na média ■ Nivel abaixo

ELEMENTO	CONTINENTE (COQUEIROS)	CENTRO	RIO TAVARES
Alumínio	0,58	0,59	0,56
Cloreto	8,70	7,90	18,90
Cloro	0,82	1,08	0,17
Coliforme total	ausência	ausência	ausência
Eschirichia coli	ausência	ausência	ausência
Fluoreto	0,61	0,73	0,2
Nitrato	0,18	0,19	4,42
Sulfato	7,34	6,86	10,33

	BARRA DA LAGOA	INGLESES	LEGISLAÇÃO	UNIDADE
Alumínio	0,37	0,32	inferior a 0,2	mg/L
Cloreto	18,30	15,80	inferior a 250	mg/L
Cloro	0,07	0,73	entre 0,2 e 2	mg/L
Coliforme total	ausência	ausência	ausente	NMP/100mL
Eschirichia coli	ausência	ausência	ausente	NMP/100mL
Fluoreto	0,37	0,76	inferior a 1,5	mg/L
Nitrato	1,26	2,78	inferior a 10	mg/L
Sulfato	5,14	6,46	inferior a 250	mg/L

[...]"

Fonte: <http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2014/01/agua-de-florianopolis-tem-niveis-de-aluminio-acima-do-recomendado-pelo-ministerio-da-saude-4388199.html>.

“Évora e alumínio têm um passado com 17 anos

HELENA GERALDES - 06/01/2010 - 18:36

Há 17 anos, Évora e o alumínio saltaram para as páginas dos jornais e lá se mantiveram durante meses. Em 1993, tal como hoje, a cidade era abastecida com a água da albufeira de Monte Novo. Por que ainda falamos deste tema em 2010?

O “caso do alumínio” ficou marcado pela morte de 25 doentes da Unidade de Hemodiálise do Hospital Distrital de Évora. As análises realizadas em 1993 aos doentes de Évora revelaram altos teores de alumínio no sangue. A situação foi explicada pela má qualidade da água, justificada pelo então presidente da câmara Abílio Fernandes com a situação de seca que se vivia, e ainda pelo mau funcionamento dos filtros do sistema de osmose inversa instalado na estação de tratamento de águas do hospital, para retirar o excesso em alumínio.

Quando o alumínio se difunde no organismo em quantidades demasiado elevadas pode provocar a morte das células cerebrais, do coração, do fígado e induzir descalcificação óssea. Os doentes renais estão expostos à intoxicação através da água utilizada para a hemodiálise e sofrem com as quantidades de alumínio na água que bebem e na comida que ingerem. Nos indivíduos sãos, parte deste alumínio é eliminada através dos rins, precisamente aquilo que os doentes renais não conseguem fazer.

O caso ficou também para a memória por ter levado à demissão do então ministro do Ambiente, Carlos Borrego, por causa de uma anedota que contou aos microfones de uma rádio local, que sugeria que os alentejanos estariam a usar os cadáveres das pessoas falecidas para fazer reciclagem e aproveitar o alumínio.

O que se passa com Monte Novo?

Mas por que razão, ao fim de 17 anos, ouvimos falar novamente de alumínio em Évora? Manuela Morais, professora do Laboratório da Água da Universidade de Évora, explicou hoje ao PÚBLICO que a albufeira de Monte Novo tem metais acumulados no fundo, nomeadamente ferro, manganês e alumínio.

‘À semelhança do que acontece em outras albufeiras da região, a seguir a períodos de chuva muito forte, as escorrências vindas da bacia de drenagem misturam as águas da albufeira e levam para a superfície os metais acumulados nos fundos’. Antes do Natal, a região tem registado ‘um aumento brutal dos caudais’ dos rios devido às fortes chuvas. ‘As águas das enxurradas transportam tudo o que está nas bacias de drenagem’, incluindo substâncias resultantes da agricultura intensiva e de esgotos urbanos não tratados.

Em 1993, o caso foi o precisamente o contrário. ‘Por causa da seca, deu-se uma concentração de metais e nutrientes na água da albufeira’, disse, lembrando que a qualidade da água é menor no fundo do que na superfície. Mas não é só: ‘A própria geologia da região contribui para a acumulação e libertação desses metais na água’.

‘Tudo aqui no Alentejo é contra a qualidade da água: ou temos pouca ou temos chuvas torrenciais e enxurradas’, salientou. ‘Agora, o importante é sabermos lidar com esta água e ter muito cuidado no seu tratamento’, concluiu”.

Fonte: <https://www.publico.pt/ciencia/noticia/evora-e-aluminio-tem-um-passado-com-17-anos-1416576>

Com a orientação docente pode haver socialização dos comentários dos alunos sobre os textos para debater com toda a turma. Os dados disponibilizados nos textos podem ser objetos de estudo, inclusive por meio de cálculos com conversão de unidades de concentração, escalas, proporcionalidade, etc. Ainda pode haver discussões sobre a comparação com os valores de concentração de alumínio permitido na água tratada e distribuída em outros países como os Estados Unidos - água tratada e distribuída deve ter uma concentração de alumínio que é dez vezes inferior à permitida no Brasil (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

4.1 Procedimento da Atividade Experimental

4.1.1 Procedimento A

- Em um béquer de 100 mL, colocar aproximadamente 50 mL de água barrenta preparada previamente com água da torneira e 1 g de terra (cerca de meia colher pequena). Não se deve utilizar água turva natural, por exemplo, de córrego, rio ou represa para não correr risco de contaminações.

- Colocar na água barrenta 10 gotas da solução de sulfato de alumínio $0,10 \text{ mol L}^{-1}$, agitar e então adicionar e 20 gotas de solução de Ca(OH)_2 $0,02 \text{ mol L}^{-1}$.

- Agitar lentamente a suspensão com um bastão de vidro e esperar a formação dos flocos. Deixar o recipiente em repouso e observar o que ocorre.

- Filtrar (pode ser utilizado papel filtro de café) e comparar o sistema inicial com o final.

- O papel filtro pode ser descartado no lixo comum.

Após a realização do procedimento experimental se recomenda responder em pequenos grupos as questões do Quadro 2 e em seguida discutir as respostas dos grupos com toda a turma.

- Imediatamente após a adição de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e Ca(OH)_2 , qual a sua observação? Explique quimicamente o que aconteceu e qual o papel do Ca(OH)_2 .
- Por que se deve realizar uma agitação lenta da solução?
- A água obtida no experimento poderia ser ingerida pelo ser humano sem riscos à sua saúde? Por quê?
- Sugira como diminuir a concentração de alumínio na água decorrente do processo de tratamento após a utilização do sulfato de alumínio como coagulante.

Quadro 2- Questões para discussão

Fonte: os autores.

4.1.2 Procedimento B

- Separar 6 tubos de ensaio semelhantes e numerá-los de 1 a 6.
 - Preparar 100 mL de uma solução de sulfato de alumínio $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ que será considerada a solução A.
 - Em um balão volumétrico de 100 mL, colocar 30,0 mL da solução A e completar com água até a marca de 100 mL. Essa será a solução B.
 - Em outro balão volumétrico de 100 mL, colocar 10,0 mL da solução A e completar com água até a marca de 100 mL. Essa será a solução C.
 - Em outro balão volumétrico de 100 mL, colocar 2,0 mL da solução A e completar até a marca de 100 mL com água. Essa será a solução D - do ponto de vista da Química Analítica, o erro na preparação da solução D seria menor se esta fosse preparada a partir da solução B.
 - Colocar 10 gotas da solução A no tubo de ensaio 1, 10 gotas da solução B no tubo de ensaio 2, 10 gotas da solução C no tubo de ensaio 3, 10 gotas da solução D no tubo de ensaio 4.
 - Colocar 2,0 mL de uma solução tampão ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) de ácido acético em cada tubo. Como o indicador presente nas rosas também é sensível à mudança de pH, o uso da solução tampão impede a mudança de pH da solução, conseqüentemente, qualquer alteração na coloração da solução estará relacionada à concentração de alumínio.
 - Colocar 20 gotas - a depender da concentração de extrato de rosas pode ser necessário alterar a quantidade de gotas, neste caso é preciso alterar em todas as etapas em que este é utilizado - do extrato de rosas nos tubos de ensaio. Obs.: o extrato de rosas foi realizado a partir de 8,0 g de pétalas de rosas vermelhas maceradas em 150 mL de etanol e posteriormente filtrada separando as pétalas do líquido.
 - No tubo de ensaio 5 adicionar 2,0 mL de solução tampão e 20 gotas do extrato de rosas (este tubo é conhecido como controle, isto é, a coloração observada neste tubo de ensaio é a cor de referência para a ausência de alumínio).
- Ao final do procedimento experimental, assim como se fez anteriormente, recomenda-se responder em pequenos grupos às questões do Quadro 3 e em seguida discutir as respostas dos grupos com toda a turma.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Por que as soluções ficam azuis?- Quais as concentrações do íon Al(III) nos padrões? |
|---|

Quadro 3 – Questões para discussão

Fonte: os autores.

4.1.3 Procedimento C

- Passar uma amostra da solução C por um filtro (Figura 1) em que se mostra a utilização da turfa. A turfa utilizada foi de uma amostra comercial, que foi moída,

lavada com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ depois com uma solução de EDTA 0,1 mol L⁻¹ e, finalmente, com água destilada. A depender da origem da turfa pode ser necessário outro tratamento. Existem diferentes classificações de turfas. As turfeiras são de origem fóssil e de natureza organo-mineral, cuja gênese é a decomposição de restos de vegetais.

- Transferir uma alíquota de 10 gotas do filtrado para o tubo de ensaio 6.
- Ao tubo de ensaio 6, adicionar 2,0 mL da solução tampão.
- Adicionar ao tubo de ensaio 6, 20 gotas do extrato de rosas.

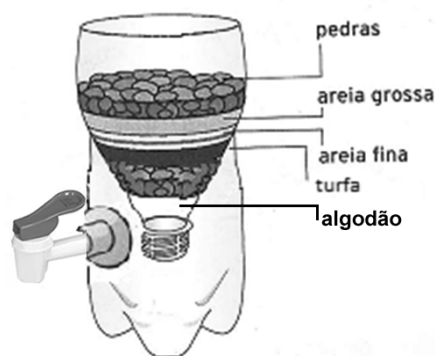


Figura 1 – Representação do filtro com a camada de turfa

Fonte: os autores.

Da mesma forma que ocorreu após a realização dos procedimentos anteriores, responder as questões do Quadro 4.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">– Existe alumínio nas soluções de saída do filtro com turfa? Por quê?– Posso beber água com Al(III)? Justifique sua resposta. |
|--|

Quadro 4 – Questões para estudo

Fonte: os autores.

5 | COMENTÁRIOS QUE O PROFESSOR PODE CONSIDERAR

Um dos aspectos que o professor pode considerar na discussão com os estudantes é o fato de o sulfato de alumínio ser um coagulante com custo relativamente baixo e com uma produção elevada, o que colabora sobremaneira para dificultar a sua substituição por outros coagulantes, como os biodegradáveis que se apresentam como uma alternativa.

Outro aspecto que pode ser discutido e considerado diz respeito ao fato de não se estar obrigatoriamente sugerindo que as estações de tratamento de água devam incluir na etapa de filtração a turfa, como maneira de diminuir a concentração de alumínio na água tratada. É reconhecida a complexidade presente na relação entre escala laboratorial e escala industrial. Além disso, aqui se apresenta um experimento didático e não científico. Por outro lado, a atividade experimental aqui sugerida pode ser

um modo de fomentar o debate sobre uma importante questão científica e tecnológica com implicações sociais, que permite discutir variadas questões, a exemplo daquela presente no Quadro 5.

As influências da dimensão econômica também podem ser inseridas na discussão com os estudantes, para além do exposto sobre o custo do sulfato de alumínio. Sabe-se que há uma associação entre tratamento e distribuição de água e consumo de energia – o que tem impacto financeiro e ambiental considerável.

Um exemplo recente de que as questões de ordem financeira têm uma influência sobre as decisões relativas ao tratamento de água é o que ficou conhecido como “Caso *Flint*”. *Flint* é uma cidade que fica no estado de Michigan nos Estados Unidos onde os problemas vinculados à água consumida pelos moradores desta cidade iniciaram em 2014, em virtude da decisão de desligar o abastecimento da cidade do sistema hídrico de *Detroit* (a capital de Michigan), com a finalidade de economizar recursos financeiros. Como consequência a cidade passou a ser abastecida com água proveniente do rio *Flint* até a conclusão das obras de um novo reservatório que abasteceria a cidade. No entanto, a água do rio *Flint* era inadequada para tal processo. Uma das consequências foi a corrosão dos canos de abastecimento da cidade, que por serem antigos são feitos de chumbo, com a conseqüente liberação de chumbo na água. Os efeitos logo percebidos pela população foram longamente ignorados pelas autoridades locais, de modo a prolongar os problemas muito tardiamente enfrentados.

Outro aspecto que pode ser discutido é que os limites da concentração de alumínio na água não são definidos com base em possíveis riscos do metal à saúde humana e de outros animais, mas, de acordo com Prado (2010), em propriedades organolépticas da água (sabor, odor e cor).

Do ponto de vista científico pode ser incluída ainda a discussão acerca da diferença que pode haver entre água mineral e água potável que, em geral, é aquela decorrente do processo de tratamento em estações.

- Se você fosse consultado a tomar decisões em relação aos problemas expostos nos textos “Évora e alumínio têm um passado com 17 anos” e “Água de Florianópolis tem níveis de alumínio acima do recomendado pelo Ministério da Saúde” quais seriam seus posicionamentos?

Quadro 5- Questões de estudo

Fonte: os autores.

6 | SUGESTÕES DE LEITURA

Adsorção de zinco e cádmio em colunas de turfa (PETRONI; PIRES; MUNITA, 2000).

As Águas do Planeta Terra (GRASSI, 2001).

Química Verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*

(MANGRICH et al., 2014).

7 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto 479277-2013-3 do qual o trabalho aqui apresentado é constituinte.

REFERÊNCIAS

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 2, p. 17-29, 2001.

CASTILLO, M. J. B. Una cuestión sociocientífica motivante para trabajar pensamiento crítico. **Zona Próxima**, n. 2, p. 144-157, 2010.

CHOWDHURY, M. A. Incorporating a Soap Industry Case Study To Motivate and Engage Students in the Chemistry of Daily Life. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 1, p. 866-872, 2013.

COSTA, D. A.; RIBEIRO, M. G. T. O.; MACHADO, A. A. S. O. Uma análise SWOT do contexto CTSS das atividades laboratoriais do ensino secundário. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 124, p. 65-74, 2012.

DAGNINO, R. **Neutralidade da Ciência e determinismo tecnológico**: um debate sobre a tecnociência. Campinas: Ed. da UNICAMP, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

EILKS, I. Teaching biodiesel: a sociocritical and problem oriented approach to chemistry teaching and students' first views on it. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 3, n. 1, p. 77-85, 2002.

FREITAS, M. B; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

GALIETA-NASCIMENTO, T.; VON LINSINGEN. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **Convergência**, v. 13, n. 42, p. 95-116, 2006.

GONÇALVES, F. P. **A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de química**. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

GRASSI, M. T. As Águas do Planeta Terra. **Química Nova na Escola**, n. 1 (Cadernos Temáticos), p. 31-40, 2001.

HIDALGO, B. P. El ambiente como laboratorio. Una propuesta de estrategia didáctica desarrolladora. **Hologramática**, Ano VI, n. 10, v. 4, p. 117-130, 2009.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299 -313. 1994.

- HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: the state of the art. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 105-107, 2007.
- MACHADO, V.; PINHEIRO, N. A. Investigando a metodologia dos problemas geradores de discussão: aplicações na disciplina de Física no Ensino de Engenharia. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 525-542, 2010.
- MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química Verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 1, p. 2-15, 2014.
- MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; YUNES, S. F.; MACHADO, A. A. S. Sustentabilidade ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no Brasil. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 914-920, 2013.
- MONTAGUT BOSQUE, P.; NIETO CALLEJA, E.; NAVARRO LEÓN, F.; GONZÁLEZ MURADÁS, R.; CARRILLO CHÁVEZ, M.; SANSÓN ORTEGA, C. Enseñanza experimental en el bachillerato en el contexto de la Química Verde. **Educación Química**, v. 14, n. 3, p. 142-147, 2003.
- MUNDIM, J. V.; SANTOS, W. L. P. Ensino de ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 787-802, 2012.
- NASCIMENTO, D. A.; BRANCO, N. B. C; GONÇALVES, F. P. Tratamento de água com coagulante biodegradável: uma proposta de atividade experimental. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 4, p. 375-382, 2016.
- PETRONI, S. L. G.; PIRES, M. A. F., MUNITA, C. S. Adsorção de zinco e cádmio em colunas de turfa. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 477-481, 2000.
- PAIXÃO, F. Mezclas en la vida cotidiana. Una propuesta de enseñanza basada en una orientación ciencia, tecnología y sociedad y en la resolución de situaciones problemáticas. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 1, n. 3, p. 205-212, 2004.
- PAIXÃO, M. F. PEREIRA, M. M.; CACHAPUZ, A. F. Bridging the Gap: From Traditional Silk Dyeing Chemistry to a Secondary-School Chemistry Project. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 10, p. 1546-1549, 2006.
- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 601- 626, 2011.
- POZO, J. I. Aprendizagem de conteúdos e desenvolvimento de capacidades no ensino médio. In: COLL, C. et al. **Psicologia da aprendizagem no ensino médio**. Porto Alegre: Artmed, 2003. p. 43-66.
- PRADO, E. L. **Água destinada ao consumo humano: riscos para a saúde humana resultantes da exposição a alumínio** - Nota técnica. 2010. Disponível em: <https://www.google.pt/?gws_kkkPANA+RESLTANTES+DA+EXPOSI%C3%87%C3%83O+A+ALUM%C3%8DNIO>
- PSILLOS, D.; NIEDDERER, H. (Org.). **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- RIBEIRO, S. S. **Articulações entre literatura e experimentação no ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SANTOS, S. E. El botiquín de casa: una forma de aprender química **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 1, n. 3, p. 224-232, 2004.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

SCHALLIES, M.; EYSEL, C. Learning beyond school: establishing a laboratory for sustainable education. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 2, p. 111-126, 2004.

SOUZA, F. L.; MARTINS, P. Ciência e Tecnologia na escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto “Biógás – energia renovável para o futuro”. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 1, p. 19-24, 2011.

TAPIA, A. Motivação e aprendizagem no ensino médio. In: COLL, C et al. **Psicologia da aprendizagem no ensino médio**. Trad. Cristina M. Oliveira. Porto Alegre: Artmed, 2003. p. 103-139.

TOQUETTO, A.; GONCALVES, F. P. O tema “tratamento de água” em livros didáticos de química: uma análise à luz de uma abordagem CTS. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 17, 2014, Ouro Preto/MG. **Anais eletrônicos ...** Ouro Preto: UFOP, 2014.

VIANNA, J. F.; PIRES, D. X.; VIANA, L. H. Processo químico industrial de extração de óleo vegetal: um experimento de Química Geral. **Química Nova**, v. 22, n. 5, p. 765-768, 1999.

WELLINGTON, J. (Org.). **Practical Work in school science: which way now?** London: Routledge, 1998.

ZANDONAI, D. P.; SAQUETO, K. C.; ABREU, S. C. S. R.; LOPES, A. P.; ZUIN, V. G. Química Verde e Formação de Profissionais do Campo da Química: Relato de uma Experiência Didática para Além do Laboratório de Ensino. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 1, p. 73-84, 2014.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-35-2



9 788585 107352