

A Alfabetização Científica em Química Verde e Sustentável

Rosivânia da Silva Andrade¹, Vânia Gomes Zuin²

¹Doutora em Educação pela Universidade Federal de São Carlos

Professora do Instituto Federal de Goiás

<https://orcid.org/0000-0002-3384-2269>

²Doutora em Educação pela Universidade Federal de São Carlos

Professora da Universidade Federal de São Carlos

Professora Visitante da University of York

Professora Visitante da Leuphana University

<https://orcid.org/0000-0003-4452-4570>

Scientific Literacy in Green and Sustainable Chemistry

Informações do Artigo

Recebido: 04/06/2021

Aceito: 10/05/2022

Palavras-chave: Experimentação;
Níveis de Alfabetização Científica;
Formação de Professores.

Key words: Experimentation;
Scientific Literacy Levels; Teacher
Education.

E-mail: rosivaniandrade@gmail.com

ABSTRACT

Despite the importance and diversity of didactic approaches for the construction of knowledge and skills in Green and Sustainable Chemistry in Higher Education, there is a lack of literature related to the levels of scientific literacy that are being developed in these processes, especially in the Chemistry Degree courses. In this context, this qualitative approach research aims to identify and establish the Scientific Literacy Levels for Experimentation in Green and Sustainable Chemistry. From the analysis of experiments carried out by students in the chemistry course at a High Education Institution located in Sao Paulo State, we found that most experimental proposals were aligned with conceptual literacy. Therefore, the need to implement and analyze didactic approaches that provide critical literacy for experimental practices is evidenced to contribute to the consolidation of a more grounded and enriched professional knowledge in teacher and citizen education.

INTRODUÇÃO

A Química Verde, estabelecida inicialmente nos EUA, foi definida por Paul Anastas e John Warner (1998) como uma abordagem para a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos que envolvam a redução ou a eliminação de substâncias nocivas à saúde humana ou ao ambiente. A noção de Química Sustentável também foi desenvolvida nos anos 90, iniciada, mais precisamente, em 1998, com a *Organisation for*

Economic Co-operation and Development (OCDE) focada principalmente no desenvolvimento de orientações para o estabelecimento de programas de pesquisa e desenvolvimento em Química Sustentável (OCDE 2012).

Embora tenham existido várias tentativas de diferenciar os dois termos; recentemente, há uma mudança na química em direção à uma visão holística de práticas verdes e sustentáveis, além de uma crescente discussão no contexto internacional sobre o termo “Química Verde e Sustentável” (GSC - Green and Sustainable Chemistry) e a necessidade de torná-lo parte integrante da educação e da prática química (UN, 2019; COLLINS, 2001; EILKS; ZUIN, 2018; ZUIN et al, 2021).

Para que a química contribua efetivamente para o desenvolvimento de um mundo mais sustentável, Zuin e Kümmerer (2021) afirmam que é essencial que os conceitos químicos sejam ensinados em um contexto socioeconômico e ecológico mais amplo. No entanto, ensinar estudantes a adquirir as habilidades e conhecimentos químicos necessários para lidar com questões sociais, tecnológicas e ambientais complexas é um desafio.

Os currículos nos diferentes níveis de ensino, em muitos casos, não têm adotado questões relacionadas à Química Verde e Sustentável e, quando adotam, são limitados a uma disciplina ou um tópico, ao invés de permear o currículo (VILCHES; GIL-PÉREZ, 2013; ZUIN, 2013). Consideramos que esse cenário tem ocasionado, por um lado, a formação de cidadãos sem responsabilidade socioambiental e, por outro, o desenvolvimento de conhecimentos, linguagem e habilidades científicas insuficiente para a inovação em tecnologias verdes e sustentáveis.

Diante da necessidade emergente na formação de profissionais e cidadãos cientificamente alfabetizados, a Química Verde e Sustentável cria uma perspectiva mais ampla de Educação em Química, ou seja, abrange mais do que materiais e métodos mais ecológicos, como também inclui ciências humanas, ética e economia (ZUIN et al, 2021). Nessa perspectiva compreendemos a Alfabetização Científica em Química com base na ideia de alfabetização de Paulo Freire (1980), o qual entende a alfabetização como o domínio consciente das técnicas para uma postura interferente do indivíduo sobre seu contexto.

Incorporar aspectos que envolvam a alfabetização científica em práticas experimentais verdes e sustentáveis tem sido um grande desafio principalmente na formação de professores. Apesar da importância e da diversidade de abordagens didáticas para a construção de conhecimentos e habilidades em Química Verde e Sustentável no Ensino Superior (AUBRECHT et al, 2015; KNUTSON et al, 2017; GÜNTER et al, 2017; ZUIN et al, 2019), há uma carência na literatura relacionada aos níveis de Alfabetização Científica que estão sendo desenvolvidos nesse processo, principalmente, nos cursos de Licenciatura em Química.

A educação científica, para a transformação orientada por valores, é sinalizada como um assunto urgente em todo o mundo, especialmente importante em países em desenvolvimento (EILKS; SJOSTROM; ZUIN, 2017; UM, 2019; ZUIN et al, 2020; ZUIN; SOUZA, 2020). A questão sobre qual nível de alfabetização científica deve ser objeto da Educação Química para a incorporação desses conceitos permanece em aberto e nos faz levantar a seguinte questão: quais são os aspectos inerentes a uma alfabetização científica que possibilita formar estudantes motivados e habilidosos para o desenvolvimento de práticas experimentais alinhadas a Química Verde e Sustentável envolvendo discussões sociais, tecnológicas e ambientais em áreas relacionadas à química?

Partindo dessa questão, a presente pesquisa tem o objetivo de identificar e estabelecer Níveis de Alfabetização Científica para a Experimentação em Química Verde e Sustentável em um curso de Licenciatura em Química de uma Instituição de Educação Superior (IES) paulista.

NÍVEIS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O TRABALHO EXPERIMENTAL

Os diferentes níveis de Alfabetização Científica que podem ser desenvolvidos no trabalho experimental têm o objetivo de analisar como a educação científica está sendo desenvolvida e as habilidades que estão sendo formadas nos estudantes.

A alfabetização científica pode transitar entre o “fazer ciência” e o “usar ciência” (LAUGKSCH, 2000) o que pode permitir ao estudante o entendimento desde a natureza da ciência, a compreensão de termos e conceitos das ciências e, em nível mais alto, o entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias na sociedade, na economia e no ambiente.

Tomando como base as categorias para alfabetização científica (SHEN, 1975; LAUGKSCH, 2000), os níveis de estruturas da alfabetização científica (ROBERTS, 2007), dimensões da alfabetização científica (BYBEE, 1995; 2012), as visões da alfabetização científica (EILKS, SJÖSTRÖM, ZUIN, 2017) e os modelos de aprendizagem para a ESD (*Education for Sustainable Development*) em práticas experimentais (ANDRADE; ZUIN, 2021) estabelecemos três níveis de Alfabetização Científica (Quadro 1) que podem ser identificados no trabalho experimental:

Quadro 1: Níveis de Alfabetização Científica para o trabalho experimental

Nível	Alfabetização Científica	Descrição	Dimensões	Modelos de aprendizagem para a ESD
-------	--------------------------	-----------	-----------	------------------------------------

1	Alfabetização Conceitual	Educação científica baseada na estrutura da disciplina	Funcional	Adoção da Química Verde nas práticas de laboratório
2	Alfabetização Contextual	Educação científica baseada nas inter-relação entre ciência, tecnologia sociedade e ambiente	Conceitual Procedimental	Adoção da Química Verde e da sustentabilidade como conteúdo na Educação Química
3	Alfabetização Crítica	Educação científica baseada em questões sociocientíficas	Multidimensional	Adoção de questões sociocientíficas que impulsionam a educação em química

No primeiro nível, a alfabetização científica se limita a dimensão do entendimento da natureza da ciência (LAUGKSCH, 2000). Seu foco está no desenvolvimento científico e na estrutura científica, ou seja, é uma Alfabetização Científica Funcional (BYBEE, 1995) de ordem prática.

Nesse nível, a educação científica é dirigida pela estrutura interna da disciplina e orientado pelos livros didáticos. Acontece quando o estudante aprende sobre os conceitos e ideias científicas e utiliza-os de maneira adequada para se comunicar, ler e construir novos significados. Dessa forma, requer apenas o desenvolvimento de habilidades individuais, crescimento pessoal e formação acadêmica do estudante (BYBEE, 2012; EILKS, SJÖSTRÖM, ZUIN, 2017).

Nessa visão, o trabalho experimental é desenvolvido em uma abordagem tradicional. Envolve o conhecimento químico que pode ser usado para resolver problemas básicos em sua atuação profissional e os Princípios da Química Verde (ANASTAS; WARNER, 1998) para minimizar o uso de recursos, maximizar os efeitos e proteger o meio ambiente a partir da aplicação da economia de átomos ou substituição de substâncias perigosas, por exemplo (ANDRADE; ZUIN, 2021).

O segundo nível reflete uma concepção contextualizada da alfabetização científica. Sua dimensão compreende os termos e conceitos das ciências e a noção de suas implicações (LAUGKSCH, 2000). É uma Alfabetização Científica Conceitual e Procedimental (BYBEE, 1995), de ordem contextual.

Nesse nível de alfabetização científica os estudantes aprendem sobre a Química Verde e suas contribuições para o desenvolvimento sustentável (ANDRADE; ZUIN, 2021), assim como o conhecimento necessário para compreender os problemas sociais ligados à ciência e à tecnologia (BYBEE, 2012). Nesse sentido, o ensino é organizado de forma que articula as relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente, para que seja fornecido

ao estudante a compreensão da utilidade do conhecimento químico em sua vida e na sociedade (EILKS, SJÖSTRÖM, ZUIN, 2017).

Ao lidar com aplicações cotidianas e contextualizadas dos conceitos químicos, é necessário a participação individual e social do estudante na resolução dos problemas científicos o que lhe permite compreender os impactos da ciência e da tecnologia em sua vida cotidiana (ROBERTS, 2007).

O trabalho laboratorial deve ser organizado de modo que possibilite aos estudantes conhecimentos sobre os processos e ações que fazem da química um modo de se construir conhecimento sobre o mundo, lhes conferindo uma compreensão do conceito e de suas implicações sociais, econômicas e ambientais. Portanto, a aprendizagem da química deve partir de contextos significativos em um movimento dialógico e contextual dos conceitos científicos.

No terceiro nível, a alfabetização científica tem sua dimensão no entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias (LAUGKSCH, 2000). É uma Alfabetização Multidimensional (BYBEE, 1995), de ordem crítica.

O ensino alinha-se a uma abordagem sociocientífica, que combina estratégias de ensino baseadas em resolução de problemas a objetivos de ensino relacionados ao desenvolvimento de habilidades e atitudes com foco no desenvolvimento sustentável. (EILKS, SJÖSTRÖM, ZUIN, 2017). Os estudantes, nesse nível de alfabetização científica, desenvolvem conhecimento e habilidade científica para o pensamento crítico, tomada de decisão, e valores; possibilitando-os a atuarem como profissionais e membros responsáveis da sociedade (ANDRADE; ZUIN, 2021).

A educação científica nesse nível de alfabetização enfatiza a aprendizagem para o “saber-ação”, o que permite a formação de sujeitos orientados por valores individuais e sociais. (EILKS, SJÖSTRÖM, ZUIN, 2017). Essa formação possibilita ao sujeito senso crítico para a tomada de decisão em relação a benefícios e riscos ligados à ciência e para o seu posicionamento diante dos impactos sociais e ambientais dos avanços científicos e tecnológicos (CUNHA, 2017).

Roberts (2007) descreve que além da capacidade de tomar decisões sobre as relações complexas entre a ciência, economia, sociedade e ambiente, o estudante cientificamente alfabetizado nesse nível é capaz de refletir criticamente sobre as informações que lhes são apresentadas e estruturar discursos que evidenciem os problemas científicos e suas interrelações.

O trabalho laboratorial, em uma dimensão multidimensional, requer do estudante a pesquisa científica, a solução de problemas e a tomada de decisão. Desse modo, os conteúdos de química devem ser abordados através do uso de questões sociocientíficas que impulsionem

a educação química, no contexto de debates sociais controversos que busque a compreensão de como a química é relacionada com a sociedade, economia e ambiente.

METODOLOGIA

Os níveis de alfabetização científica para o trabalho experimental foram analisados sob uma abordagem qualitativa a partir de um estudo de caso (FLICK, 2009; CRESWELL; CRESWELL, 2021; ANDRÉ, 1984) envolvendo vinte e dois estudantes da disciplina de Experimentação na Educação Química do curso de Licenciatura em Química de uma IES paulista.

A coleta de dados abrangeu uma entrevista semipadronizada (FLICK, 2009) e o método da observação participante, em suas três fases (SPRADLEY, 1980). Também foi utilizado um protocolo de situação para a obtenção de descrições mais consistentes. Além disso, foi entregue aos estudantes um modelo para elaboração de uma proposta experimental.

A investigação foi organizada em cinco etapas (Quadro 2) para identificação dos níveis de alfabetização científica para o trabalho experimental.

Quadro 2: Etapas metodológicas para identificação dos níveis de alfabetização científica para o trabalho experimental

Etapas	Descrição
Primeira	Realização de entrevista seguida pelas discussões sobre como organizar e conduzir práticas experimentais que oportunizassem processos formativos para o ensino e aprendizagem em Química alinhados à ESD.
Segunda	Organização dos estudantes em grupos, resultando onze grupos; seleção dos temas: funções orgânicas (G01); indicadores ácido-base (G02; G5; G10), poluição (G03; G04) tabela periódica (G06; G07; G08; G09) e combustíveis (G11); entrega do modelo para elaboração da proposta experimental e desenvolvimento das propostas.
Terceira	Realização dos testes dos experimentos e as adaptações das propostas inicialmente desenvolvidas.
Quarta	Aplicação das propostas experimentais para estudantes da Educação Básica, que ocorreu em uma Escola Técnica Estadual (ETEC) paulista.
Quinta	Momento formativo de análise sobre as propostas desenvolvidas, a partir da redação do relatório sobre o processo vivenciado.

A abordagem para análise de dados utilizada nessa pesquisa compreendeu a análise textual discursiva, estruturada como um ciclo composto de três momentos: unitarização, categorização e metatextos (MORAES; GALIAZZI, 20016). Na unitarização, os registros da entrevista e a observação das propostas experimentais e dos relatórios foram separados em unidades de significado. Na categorização ocorreu a articulação de significados semelhantes

das unidades de análise definidas. Por fim, foram gerados os metatextos que compõem os textos interpretativos, possibilitando uma compreensão acerca dos níveis de alfabetização científica que estão sendo desenvolvidos no trabalho experimental na formação docente em Química.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propostas experimentais, foram analisadas de forma a verificar os níveis de alfabetização científica para o trabalho experimental (Tabela 1) desenvolvidos pelos grupos de estudantes.

Tabela 1: Distribuição dos níveis de alfabetização científica das propostas experimentais por grupo.

Nível de Alfabetização Científica	Grupos									
Alfabetização Crítica	G03									
Alfabetização Contextual	G04									
Alfabetização Conceitual	G01	G02		G05	G06	G07	G08	G09	G10	G11

Verificamos que oito grupos desenvolveram suas propostas experimentais alinhadas à alfabetização conceitual, reflexo das concepções apresentadas pela maioria dos licenciandos que estavam preocupados exclusivamente que a experimentação proporcionasse apenas a aprendizagem do conceito baseada na estrutura da disciplina em um processo de aprendizagem de ordem prática como sinônimo de demonstrar, comprovar ou verificar os conhecimentos teóricos e conceituais, como mostra as falas dos estudantes:

No processo de ensino, eu acho que os experimentos facilitam que os alunos compreendam os aspectos microscópicos, fica mais fácil para os alunos entenderem o que o professor quer mostrar (S01 – G1)

O contato com o laboratório dá mais clareza à teoria, melhora a visão do estudante sobre o conteúdo que o professor está falando (S06-G08)

Essas concepções valorizam a demonstração do conhecimento como meio apenas de comprovar a teoria. A ausência dialógica entre teoria e prática ocasionada pela ausência de uma reflexão conceitual sobre o conhecimento que lhe é apresentando compromete a compreensão sobre a Química como conhecimento sóciohistoricamente construído. No entanto, o conhecimento deve compreender suas relações espaço-temporais dentro dos sentidos histórico, social e humano (ZUIN; ZUIN, 2017); pois, para desenvolver práticas

laboratoriais sustentáveis, o sujeito deve se reconhecer como integrante de suas ações e das relações e dos vínculos temporais que estabelece.

As práticas experimentais não precisam ser compreendidas como atividades facilitadoras de aprendizagem conceitual, mas como um dos elementos desse processo (GONÇALVES; MARQUE, 2006). Dessa maneira, os conteúdos conceituais podem permear os experimentos juntamente com outros tipos de conteúdo.

É importante evidenciar a ausência de conteúdos procedimentais e atitudinais nas concepções dos estudantes — o primeiro transcende as dimensões manipulativas em direção à procedimentos de caráter cognitivo e investigativo; o segundo permite ao estudante se posicionar perante o que aprende — os quais são aliados para se pensar a superação da semiformação na Educação Química, onde tem predominado a dimensão instrumental.

Diante dessas análises gostaríamos de mencionar o Grupo G01 que, sob o tema funções orgânicas, propôs o experimento “Síntese de um óxido” a partir de um estudo de caso (Figura 1).

Síntese de um óxido

Durante uma das aulas de história, o professor Elvis estava passando para seus alunos algumas fotografias antigas, e no decorrer da aula, Pedrita, uma aluna do ensino fundamental, fez um questionamento interessante: Como eles tiravam fotos em locais escuros? Já existia o flash?

Portanto, o professor Elvis entrou mais a fundo nesse assunto, explicando para os alunos que o primeiro flash fotográfico similar ao que temos hoje em dia surgiu no ano de 1931, mas em 1970 começou a ser difundido. Então, como eram feitos os flashes de antigamente?

As primeiras experiências para o desenvolvimento de um flash fotográfico aconteceram em 1860, com barras de magnésio, gerando óxido de magnésio, o que permitiu registrar acontecimentos em minas, cavernas e etc.

Pedrita ficou intrigada, pois queria entender qual era o papel do magnésio, e criou diversas teorias a fim de entender o que se fazia antigamente, porém não chegou a nenhuma conclusão, já que não entendia como era possível combinar o oxigênio a um metal.

Com base nas informações descritas no relato, ajude Pedrita a entender as reações que possibilitou o desenvolvimento de um flash fotográfico, você acha que é possível gerar um óxido a partir de um metal? Como você faria isso?

Figura 1: Estudo de caso síntese de óxido desenvolvido pelo Grupo G1. Fonte: Proposta Experimental - Grupo G01.

Apesar de ter utilizado um estudo de caso, um método que oportuniza o estudante a compreender fatos, valores e contextos, os licenciandos propuseram apenas uma alfabetização conceitual. Isso foi observado durante a aplicação da proposta experimental na ETEC paulista em que os licenciandos do grupo G01 se restringiram ao estabelecimento das reações químicas envolvidas na prática experimental e focaram exclusivamente nessas atividades deixando o problema do estudo de caso de lado. Embora possuíssem um recurso didático que poderia viabilizar uma problematização apenas requereram o desenvolvimento de conteúdos conceituais.

Diante desse contexto, o estudo de caso não exerceu seu caráter controverso e problematizador se apresentando apenas como uma introdução para o experimento. Andrade e colaboradores (2019), evidenciam a necessidade de que abordagens didáticas — como o estudo de caso — tenham seus fundamentos teóricos e metodológicos discutido de forma crítica e consciente durante a formação dos licenciandos e não apenas como tópico de uma disciplina.

Os grupos G04 e G11 desenvolveram propostas alinhadas a uma alfabetização contextual. O grupo G04, com o tema “poluição”, tratou dos conceitos químicos relacionados à produção dos plásticos de modo integrado a sua produção e consumo a partir do problema:

O plástico comum é um material que, além de provir de fonte não renovável de matéria, demora milênios para se decompor, causando grandes impactos ambientais se não descartado adequadamente. Por isso, atualmente faz-se necessária a utilização de uma tecnologia mais sustentável o plástico comum, como o bioplástico proveniente de materiais de fontes renováveis e biodegradáveis. Nesse contexto: é possível obter um plástico a partir de fontes naturais? (Proposta Experimental - Grupo G04).

Durante a aplicação da proposta experimental com os estudantes da ETEC paulista observamos que os licenciandos buscaram trabalhar a problematização em todos os momentos da aula. No início da aula, a partir de uma discussão acerca da importância da utilização de materiais biodegradáveis, especialmente substituindo o plástico comum; e após a aplicação do experimento com questões como: “(I) qual a importância da utilização de materiais biodegradáveis? (II) o bioplástico poderia suprir o uso de plásticos convencionais em algum setor?” (GRUPO G4). Portanto, observou-se o desenvolvimento de uma educação científica baseada nas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, e no favorecimento da compreensão da utilidade do conhecimento químico para vida e atuação social responsável.

A Alfabetização Contextual também permite a compreensão da ciência Química e suas aplicações nas diferentes áreas do conhecimento. No caso do Grupo G11, que desenvolveu o tema “combustíveis”, foi aplicado o conceito de calorimetria abordando as propriedades caloríficas dos alimentos, as funções fisiológicas, bem como sobre a transformação dos carboidratos em energia, e quais alimentos que possuem maior energia. O desenvolvimento do experimento partiu da seguinte problematização:

Em sua alimentação, você acredita que todos os alimentos fornecem a mesma quantidade de energia ao nosso corpo? Explique sua resposta.

Para melhor observar a quantidade de calorias nos alimentos iremos mostrar a seguinte notícia, publicada na revista EXAME, de Maio de 2014, escrita por Luciana de Carvalho.

Onde podemos comparar alguns alimentos que são utilizados em nossa alimentação em lanches rápidos e em viagens.

VIP – ESTILO DE VIDA

Pringles? Doritos? Lindt? Comida de avião engorda fácil

Especialista em nutrição avaliou o quanto seria preciso caminhar para queimar as calorias servidas a bordo pelas companhias aéreas, de amendoim a pizza de pepperoni

Por Luciana Carvalho
© 13 set 2016, 15h11 - Publicado em 21 maio 2014, 18h40

Será que é possível ter uma alimentação saudável consumindo apenas produtos industrializados?

Você sabe quantas calorias esses alimentos possuem?

Figura 2: Problematização da proposta experimental do Grupo G11. Fonte: Proposta Experimental - Grupo G11.

Portanto, observamos que ao desenvolver a proposta experimental os licenciandos do grupo G11 buscaram aplicar os conceitos químicos de calorimetria em alimentos/*snacks* comumente consumidos, como chips de batata frita e amendoim. Viabilizando, assim, uma alfabetização contextual à medida que lida com aplicações cotidianas e contextualizadas dos conceitos químicos.

Das onze propostas apenas a do grupo G03 oportunizou o desenvolvimento de uma alfabetização crítica, nível formativo mais alto, N3. Isso foi possível devido à organização didática do conhecimento feita pelos licenciandos que oportunizou aos estudantes a função de protagonista sob seu processo de aprendizagem. Portanto, observamos um processo didático orientado a uma aprendizagem para o "saber-ação" visto que, foram os próprios

estudantes que selecionaram as fontes de informações — a partir dos materiais didáticos propostos pelos licenciandos por meio do *WebQuest*¹ — para o momento de debate em grupo e resolução do problema.

Ao colocar o estudante em um momento de discussão com seus pares o processo de ensino permite a transformação orientada de valores tanto individuais quanto sociais, uma vez que a discussão organizada permite aos estudantes escutarem, refletirem e se posicionarem sobre as diferentes informações e pontos de vista sobre o mesmo assunto.

Esse momento de aprendizagem é compreendido como um caminho para a formação de sujeitos capazes de atuar minimamente como consumidor e cidadão, o que paralelamente permite modelar ativamente a sociedade futura de forma sustentável (EILKS, SJÖSTRÖM, ZUIN, 2017; LAUGKSCH, 2000; MARKS; EILKS, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Níveis de Alfabetização Científica em práticas experimentais na Educação Química são apresentados como uma ferramenta de análise de como a educação científica está sendo desenvolvida e as habilidades que estão sendo formadas nos estudantes.

A análise das propostas experimentais elaboradas pelos licenciandos a partir dos Níveis de Alfabetização Científica para o trabalho experimental evidenciou que as práticas experimentais desenvolvidas ainda estão focadas na estrutura da disciplina e na incorporação técnica dos princípios da Química Verde, o que não tem impulsionado uma alfabetização científica de ordem crítica e tão pouco os modelos de aprendizagem em ESD mais emergentes.

No entanto, é a alfabetização crítica que permite formar sujeitos capazes de atuar minimamente como consumidor e cidadão, o que paralelamente permite modelar ativamente a sociedade futura de forma sustentável. Portanto, identificar e repensar os níveis de alfabetização científica que estão sendo desenvolvidos em práticas experimentais é importante, pois as pessoas lidam diariamente com diferentes substâncias químicas, as quais estão presentes desde a composição da embalagem dos produtos. Ao ser alfabetizado criticamente ou letrado cientificamente, o sujeito pode considerar, na hora de consumir determinado produto, seus efeitos sobre a saúde, seus efeitos ambientais, seu valor econômico, e as questões éticas relacionadas à sua produção e comercialização.

Portanto, vemos a responsabilidade que nós, químicos e educadores científicos, temos em viabilizar a alfabetização científica na Educação Química nos meios da Alfabetização

¹ O *WebQuest* desenvolvido pelos estudantes sob orientação das autoras durante a disciplina de Experimentação na Educação Química pode ser acessado através do link <https://tgpdroza.wixsite.com/webquestbioplástico>

Crítica, pois temos a responsabilidade de conectar o conhecimento à sociedade. Também é nossa responsabilidade, em conjunto as IES, influenciar uma mudança nos currículos de química visando a institucionalização da Química Verde e Sustentável de forma completa. Tal mudança não motivará apenas aqueles que estudam química a praticá-la, mas também ajudará desenvolver uma melhor alfabetização química entre a população como um todo.

Agradecimentos

As autoras são gratas aos licenciandos participantes, às escolas parceiras e à equipe envolvida na condução da disciplina. Também agradecem ao CNPq (311000/2014-2; 421096/2016-0; 310149/2017-7) e à CAPES (88882.426363/2019-01) pelo fomento à pesquisa.

Referências

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry**: theory and practice. New York: Oxford University Press, 1998.

ANDRADE, R. S.; ZUIN, V. G. A Experimentação na promoção da Educação para o Desenvolvimento Sustentável. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 8. ABRAPEC, 2021.

ANDRÉ, M. E. D. A. Estudo de caso: seu potencial na educação. **Cadernos de Pesquisa**, n. 49, p. 51- 54, 1984.

AUBRECHT, K.; PADWA, L.; SHEN, X.; BAZARGAN, G. Development and Implementation of a Series of Laboratory Field Trips for Advanced High School Students To Connect Chemistry to Sustainability. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n.4, p. 631–637, 2015.

BYBEE, R. W. Achieving Scientific Literacy: Using the National Science Education Standards to Provide Equal Opportunities for All Students to Learn Science. **The Science Teacher**, v. 62, n. 7, p. 28-33, 1995.

BYBEE, R. W. Scientific literacy in environmental and health education. In: ZEYER, A.; KYBURZGRABER, R. (Eds.), **Science Environment Health**: Towards a renewed pedagogy for science education. Berlin: Springer, p. 49–67, 2012.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de Pesquisa**: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. 5ª ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico? interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 68, p. 169-186, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782017000100169&lng=en&nrm=iso . Acesso em 23 jul. 2021.

EILKS, I.; SJOSTROM, J.; ZUIN, V. G. The responsibility of chemists for a better world: challenges and potentialities beyond the lab. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 12, p. 1-12, 2017. Disponível

em:

<https://www.researchgate.net/publication/324546087> *The responsibility of Chemists for a better world challenges and potentialities beyond the lab* Acesso em 23 jul. 2021.

FLICK, U. **Introdução a pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1980.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)** v. 7, n. 2, p. 125-153, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>>. Acesso em 23 jul. 2021.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A Problematización de las actividades experimentales en la formación y la práctica docente de los formadores de profesores de Química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 31, n. 3, p. 67-86, 2013.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. Contribuições Pedagógicas e Epistemológicas em Textos de Experimentação no Ensino de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, p. 1, 2006. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID151/v11_n2_a2006.pdf. Acesso em 23 jul. 2021.

GRUSCHKA, A. Teoria Crítica e pesquisa empírica em educação: a escola e a sala de aula. Constelaciones. **Dossiê: Teoria Crítica de La Sociedad y Educación**, v. 6, n. 6, p. 3-31, 2014. Disponível em: <<http://constelaciones-rtc.net/article/view/851>>. Acesso em 23 jul. 2021.

GÜNTER, T.; AKKUZU, N.; ALPAT, S. Understanding 'Green Chemistry' and 'Sustainability': An Example of Problem-Based Learning (PBL). **Res. Sci. Technol. Educ.**, v. 35, n.4, p.500–520, 2017.

KNUTSON, C.; SCHNEIDERMAN, D.; YU, M.; JAVNER, C.; DISTEFANO, M.; WISSINGER, J. Polymeric Medical Sutures: An Exploration of Polymers and Green Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n.11, p. 1761–1765, 2017.

LAUGKSCH, R.C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview. **Science Education**, v.84, n.1, 71-94, 2000.

MARKS, R.; EILKS, I. Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 4, n 3, p. 231-245, 2009. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884394.pdf>

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise textual discursiva**. 3ed. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2016.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **The Role of Government Policy in Supporting the Adoption of Green/Sustainable Chemistry Innovations**, Paris, 2012. Disponível em: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2012\)3&dolanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2012)3&dolanguage=en) Acesso em 23 jul. 2021.

ROBERTS, D. A. Scientific Literacy/Science Literacy. In: ABELL, S. K. LEDERMAN, N. G. **Handbook of Research on Science Education**. Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 729-780.

SHEN, B. S. P. Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. Estados Unidos: **American Scientist**, v. 63, n. 3, p. 265-268, 1975. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/27845461.pdf> . Acesso em 23 jul. 2021.

SPRADLEY, J. P. **Participant Observation**. New York: Rinehart and Winston, 1980.

UN. **Global Chemicals Outlook II - From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development**. United Nations Environment Programme, 2019. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions> Acessado em 26 de maio de 2020.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D. Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. **Educación química**, v. 24, n. 2, p. 199-206, 2013.

ZUIN, V. G. A dimensão ambiental e a Química Verde na formação inicial de professores de Química: reflexões a partir de um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 8, p. 70-82, 2013. Disponível em: <http://e.issuu.com/embed.html#2581046/35237401>. Acesso em 23 jul. 2021.

ZUIN, V. G.; EILKS, I.; ELSCHAMI, M.; KUMMERER, K. Education in Green Chemistry and in Sustainable Chemistry: perspectives towards sustainability. **Green Chemistry**, v. 23, p. 1, 2021.

ZUIN, V. G.; KÜMMERER, KLAUS. Towards more sustainable curricula. **Nature Reviews Chemistry**, v. 5, p. 1, 2021.

ZUIN, V. G.; SEGATTO, M. L.; ZANDONAI, D. P.; GROSSELI, G. M.; STAHL, A. ZANOTTI, K.; ANDRADE, R. S. Integrating Green and Sustainable Chemistry into Undergraduate Teaching Laboratories: Closing and Assessing the Loop on the Basis of a Citrus Biorefinery Approach for the Bio-circular Economy in Brazil. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 12, p. 2975-2983, 2019.

ZUIN, V. G.; SOUZA, R.A. Editorial overview: Green and Sustainable Chemistry in South America: what have been done and seen there? **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 25, p. 100408, 2020.

ZUIN, V. G.; STAHL, A. M.; ZANOTTI, K.; SEGATTO, M. L. Green and sustainable chemistry in Latin America: which type of research is going on? And for what?. **Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry**, v. 25, p. 100379-100384, 2020.

ZUIN, V. G.; ZUIN, A. A. S. O laboratório de química como locus de experiências formativas. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 19, e2681, 2017.

RESUMO

Apesar da importância e da diversidade de abordagens didáticas para a construção de conhecimentos e habilidades em Química Verde e Sustentável no Ensino Superior, há uma carência na literatura relacionada aos níveis de Alfabetização Científica que estão sendo desenvolvidos nesses processos, principalmente nos cursos de Licenciatura em Química. Nesse contexto, essa pesquisa de abordagem qualitativa tem o objetivo de identificar e estabelecer os Níveis de Alfabetização Científica para a Experimentação em Química Verde e Sustentável. A partir da análise de experimentos desenvolvidos por estudantes do curso de Licenciatura em Química de uma Instituição de Educação Superior (IES) paulista, verificamos que a maioria das propostas experimentais estavam alinhadas a alfabetização conceitual. Portanto, é evidenciada a necessidade de implementar e analisar abordagens didáticas que proporcionem alfabetização crítica para as práticas experimentais de forma a contribuir na consolidação de um conhecimento profissional mais fundamentado e enriquecido na formação docente e cidadã.

Palavras-chave: Experimentação; Níveis de Alfabetização Científica; Formação de Professores.

RESUMEN

A pesar de la importancia y diversidad de enfoques didácticos para la construcción de conocimientos y habilidades en Química Verde y Sostenible en la Educación Superior, existe una falta de literatura relacionada con los niveles de Alfabetización Científica que se están desarrollando en estos procesos, especialmente en las carreras de Licenciatura en Química. En este contexto, esta investigación de enfoque cualitativo tiene como objetivo identificar y establecer los Niveles de Alfabetización Científica para la Experimentación en Química Verde y Sostenible. A partir del análisis de experimentos realizados por estudiantes de la carrera de Química de una Institución de Educación Superior (IES) en São Paulo, encontramos que la mayoría de las propuestas experimentales estaban alineadas con la alfabetización conceptual. Por tanto, se evidencia la necesidad de implementar y analizar enfoques didácticos que aporten una alfabetización crítica para las prácticas experimentales con el fin de contribuir a la consolidación de un conocimiento profesional más fundamentado y enriquecido en la formación docente y ciudadana.

Palabras clave: Experimentación; Niveles de Alfabetización Científica; Formación de profesores.