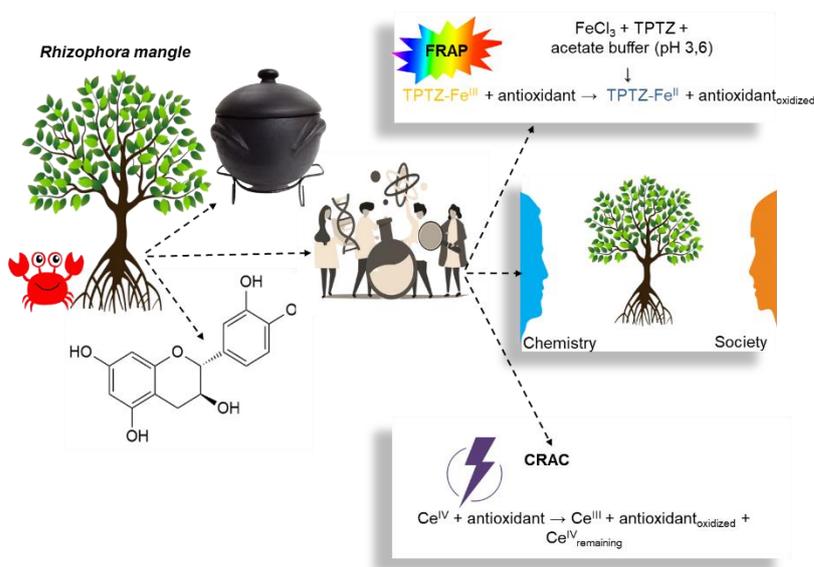


GRAPHICAL ABSTRACT



The context related to the *Rhizophora mangle* plant was used as a reference to work on concepts in teaching instrumental analytical chemistry.

RHIZOPHORA MANGLE, PANELA DE BARRO CAPIXABA E QUÍMICA: AÇÕES EDUCATIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RHIZOPHORA MANGLE, CAPIXABA CLAY POT AND CHEMISTRY: EDUCATIONAL ACTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Bruna Marine Damm¹^{*}, Izabela de França Schaffel¹, Gabriel Fernandes Souza Santos¹, Lília do Espírito Santo Azevedo de Oliveira¹, Rafael de Queiroz Ferreira¹, Paulo Rogerio Garcez de Moura¹

¹Departamento de Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras, 29075-910, Vitória – ES, Brasil.

* bruna.damm@edu.ufes.br

Artigo submetido em 28/02/2024, aceito em 19/06/2024 e publicado em 19/06/2024.

ORCID – Bruna Marine Damm: <https://orcid.org/0000-0001-9384-0014>

ORCID – Izabela de França Schaffel: <https://orcid.org/0000-0002-6939-1287>

ORCID – Gabriel Fernandes Souza Santos: <https://orcid.org/0000-0002-8798-6428>

ORCID – Rafael de Queiroz Ferreira: <https://orcid.org/0000-0002-5190-8508>

ORCID – Paulo Rogerio Garcez de Moura: <https://orcid.org/0000-0002-6893-3873>

Resumo: A *Rhizophora mangle* (*R. mangle*), planta típica de manguezais, representa um papel socioambiental relevante para as comunidades que vivem no entorno do ecossistema. No Espírito Santo, o extrato da casca da planta é utilizado na etapa de confecção da panela de barro capixaba pelas Paneleiras de Goiabeiras, símbolo cultural do estado. Em outros lugares do mundo, as pessoas relatam o seu uso para fins medicinais, devido à sua composição química, rica em antioxidantes. Desta forma, este contexto foi utilizado como referência para aplicação dos conhecimentos químicos abordados na disciplina de química analítica IV, do curso de bacharelado em química, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). A estratégia didática foi conduzida a luz da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP). Os estudantes conheceram de perto a planta no manguezal e a utilização da mesma como matéria-prima na confecção da panela de barro. Em laboratório de química, empregaram as técnicas analíticas discutidas na disciplina para a determinação da capacidade antioxidante total de extratos da casca de *R. mangle*. Os alunos realizaram uma ação para divulgar os resultados, com base no seguinte propósito: como a química pode trazer informações científicas e contribuições para as Paneleiras e a sociedade? A partir da análise de conteúdo de Bardin combinada com o *software* Iramuteq®, foi possível discutir e mostrar de forma gráfica como o contexto *R. mangle* e panela de barro se relacionou com os conhecimentos químicos trabalhados no ensino de química. Além disso, o trabalho também trouxe evidências e reflexões das inter-relações existentes entre a sociedade, o meio natural e a educação voltada para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Paneleiras; manguezal; antioxidantes; contextualização; educação ambiental.

Abstract: *Rhizophora mangle* (*R. mangle*), a typical mangrove plant, plays a relevant socio-environmental role for communities around the ecosystem. In Espírito Santo, the bark of the plant is used in the making of the Espírito Santo clay pot by the Paneleiras de Goiabeiras, a cultural symbol of the state. In other places around the world, people report its use for medicinal purposes, due to its chemical composition, rich in antioxidants. In this way, this context was used as a reference for the application of chemical knowledge covered in analytical chemistry IV, of the bachelor's degree in chemistry, at the Federal University of Espírito Santo (Ufes). The didactic strategy was conducted in light of Problem Resolution Based Learning (PRBL). The students got to know the plant in the mangrove forest up close and how it is used as raw material in making clay pots. In the chemistry laboratory, they used the analytical techniques discussed in the course to determine the total antioxidant capacity of extracts from the bark of *R. mangle*. The students carried out an action to publicize the results, based on the following purpose: how can chemistry bring scientific information and contributions to Paneleiras and society? Based on Bardin's content analysis combined with the Iramuteq® software, it was possible to discuss and show graphically how the context of *R. mangle* and clay pot was related to the chemical knowledge used in chemistry teaching. Furthermore, the work also brought evidence and reflections on the interrelationships between society, the natural environment, and education aimed at sustainable development.

Keywords: Paneleiras; mangrove; antioxidants; contextualization; environmental education.

1 INTRODUÇÃO

A Confederação das Nações Unidas sobre o meio ambiente marcou historicamente, em 1992, a importância da educação ambiental (EA) como estratégia para se chegar ao desenvolvimento sustentável. Assim, ambos se complementam em busca do atendimento às necessidades presentes e futuras, conciliando o crescimento econômico e social com o uso racional dos recursos naturais. Desta forma, para existir uma sociedade sustentável é preciso levar em conta as relações econômicas, sociais e políticas, para que assim, o indivíduo repense suas atitudes em prol do meio ambiente (Lovat, 2017; Santana *et al.*, 2022).

Recentemente, a Organização das Nações Unidas (ONU) elaborou um documento que consta os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) (Belluzzi, 2018; Brasil, 2022). Para esta discussão, destaca-se o ODS 4, que trata da qualidade da educação e que visa assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, além de promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos. Uma das metas a ser atingida até 2030, é a meta 4.7 que fomenta:

“... garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não-violência, cidadania global, e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável.” (Brasil, 2022).

Desta forma, a abordagem que proporciona ao aluno, a refletir sobre relação entre o homem e o meio natural, no tocante à conservação e preservação dos

recursos naturais, abarca a educação para o desenvolvimento sustentável (EDS). A EDS traz uma complementaridade sobre a EA, pois se de um lado, a EA discute as relações entre o homem e a natureza, do outro a EDS trata sobre os aspectos socioambientais e políticos voltados para o combate à pobreza, para a promoção do bem-estar e para a produção e consumo sustentável. Vinculado a estes aspectos, ambos valorizam as particularidades da cultura local, em prol da formação de comunidades sustentáveis (Santana *et al.*, 2022).

O ODS 11 da ONU trata de um item ligado à sustentabilidade das comunidades. A pretensão deste objetivo é tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Uma de suas metas é: “fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo” (Brasil, 2022). Este objetivo dialoga com o ODS 4, já citado neste texto, no que se refere ao desenvolvimento de uma comunidade sustentável, pois além da preocupação com o meio ambiente, a comunidade com esse viés assegura a proteção e valorização da cultura (Santana *et al.*, 2022).

Com base nestes propósitos, apresenta-se um contexto real que foi utilizado como referência para o desenvolvimento das atividades de ensino com os alunos. Vitória (ES) possui um dos maiores manguezais urbanos do Brasil. Os recursos do ecossistema são importantes tanto para a sobrevivência de espécies da fauna e flora como também para o sustento das comunidades próximas. A Associação das Paneleiras de Goiabeiras-ES (APG), por exemplo, é uma comunidade que necessita dos produtos do mangue para a confeccionar a panela de barro capixaba, produto tradicional da cultura local (Brasil, 2006; Santana *et al.*, 2022).

As Paneleiras de Goiabeiras (ES) representam uma das mais expressivas culturas do estado, principalmente por conta

da confecção da panela de barro. Nela são preparados pratos típicos da região, como a moqueca e a torta capixaba. O processo de confecção da panela não é algo simples e exige das paneleiras um conhecimento técnico e tradicional passado de geração em geração. Esse ofício foi reconhecido, em 2002, como patrimônio imaterial pelo Iphan (Instituto do patrimônio histórico e cultural nacional). As matérias-primas utilizadas na produção da panela de barro, são a argila e o tanino (Brasil, 2006; Lovat, 2017; Santana *et al.*, 2022).

Inicialmente, o barro é coletado no Vale do Mulembá (ES) e em seguida vendido para as paneleiras. Elas recebem o barro e iniciam o processo de pisoteamento, que significa amassar o barro com os pés. Em seguida, modelam o barro com as mãos, confeccionando a panela. Depois elas colocam a panela numa fogueira, a cerca de 600 °C, até adquirir a cor avermelhada, indicando que a panela já pode ser retirada. Rapidamente ao sair da fogueira, é jogado o extrato aquoso da casca da *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), que é uma árvore comum nas proximidades do manguezal. O extrato possui um composto químico conhecido como tanino, que é responsável pela cor e age como um selante, além de fornecer um brilho, impermeabilidade e melhor acabamento ao material (Brasil, 2006). As contribuições da planta vão além das terras capixabas, ou seja, em outros lugares do mundo, onde há ocorrência da espécie, a mesma é utilizada na medicina popular para fins terapêuticos, sendo relatado o seu uso no tratamento de feridas, de diabetes e de pressão alta, dentre outras funcionalidades (Bastos *et al.*, 2024; Rodríguez-García *et al.*, 2019). Alguns estudos experimentais, já indicaram que o extrato aquoso da casca de *R. mangle* é caracterizado por uma composição química bem complexa, apresentando em sua maioria, compostos fenólicos, tais como flavonoides e taninos.

Com base nestas colocações, a abordagem integrada entre o ensino de

química, a panela de barro e a *R. mangle* permite a contextualização de diversos assuntos científicos e a aplicação de algo que está próximo da realidade do aluno. Além disso, mobiliza múltiplos conhecimentos (epistemológicos, científicos, empíricos, pedagógicos e práticos) e questões (educacionais, culturais, ambientais, sociais), possibilitando ao aluno conhecer e passar a valorizar a cultura local. Portanto, este tipo de prática educativa contempla os pressupostos de uma educação voltada para o desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, este estudo visa mostrar as possibilidades de uma abordagem didática contextualizada e voltada para o desenvolvimento sustentável baseando-se nos conhecimentos envolvidos na produção das panelas de barro, em específico sobre a etapa em que se adiciona o extrato da casca da *R. mangle*. Assim, a abordagem será inserida no cenário educacional relacionando-a com os conceitos químicos tratados na disciplina de Química Analítica Instrumental, do curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem foi utilizada a estratégia denominada Aprendizagem Baseada em Resolução de Problemas (ABRP), por ser considerada uma metodologia de ensino centrada no aluno que geralmente parte de um problema ligado ao seu cotidiano, cuja resolução se revela importante em termos pessoais, sociais e ambientais (Vasconcelos, Almeida, 2012; Oliveira, Goi, 2023).

O ciclo tutorial da ABRP fornece os seguintes elementos principais: etapa 1: apresentação de uma situação-problema, por meio do cenário, aos alunos; etapa 2: os alunos registram as questões-problema, os fatos, as hipóteses e as propostas de pesquisa; etapa 3: os alunos iniciam o processo referente à investigação, comprovação e solução do problema; etapa 4: argumentação para resolução do

problema e comunicação para divulgação do trabalho (Vasconcelos, Almeida, 2012).

Assim, na ABRP relatada neste trabalho, o ciclo de atividades foi desenvolvido com base no seguinte propósito: como a química pode trazer informações e contribuições científicas para as panelleiras e para a sociedade?

2 PROCESSOS METODOLÓGICOS

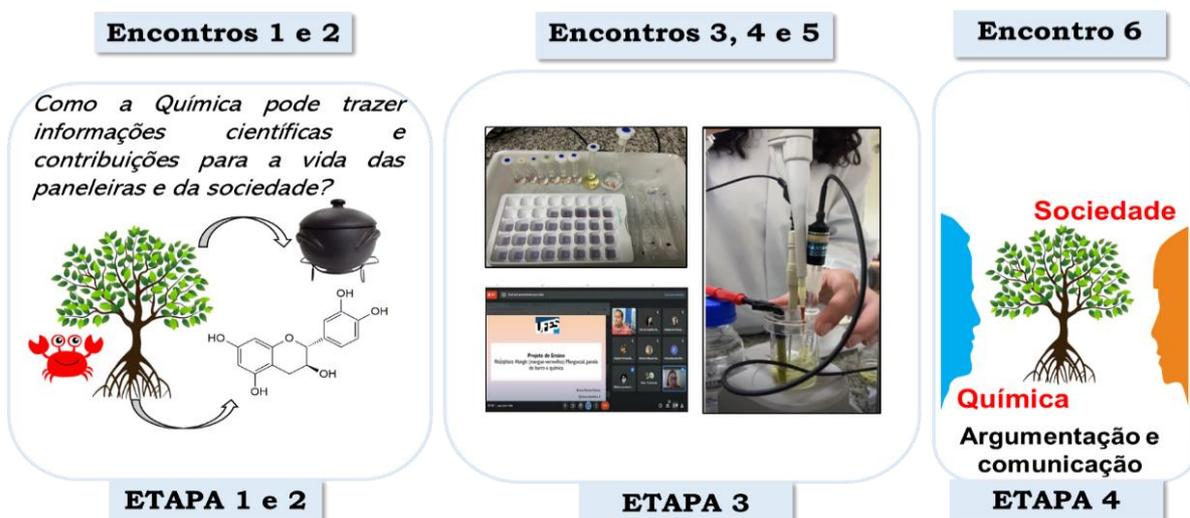
O estudo apresenta um relato de uma experiência nos moldes da metodologia de ensino ABRP aplicada com 27 alunos, matriculados na disciplina de química analítica instrumental (teórica e experimental), do curso de Bacharelado em Química da Ufes (Campus Goiabeiras-ES). A sequência das ações se desenvolveu em seis encontros híbridos (presencial e remoto) com um total de 18 horas. As aulas ocorreram estrategicamente ao longo do semestre letivo de 2021/2, de novembro de 2021 a março de 2022, na medida em que os

assuntos teóricos eram explicados, seguindo o tempo destinado para o cumprimento da ementa da disciplina.

No planejamento da estratégia didática, os conhecimentos sobre a *R. mangle* e a produção da panela de barro foram contextualizados com os conteúdos referentes aos métodos de análise (espectrofotometria e cronoamperometria).

O trabalho seguiu a organização da ABRP, proposta por Vasconcelos e Almeida (2012). A Figura 1 mostra um esquema geral da experiência pedagógica, em que as etapas 1 e 2 (encontro 1 e 2) exibem a contextualização e apresentação do cenário e problema para a formulação dos fatos e hipóteses; a etapa 3 (encontros 3, 4 e 5) ilustra o processo de investigação, busca por evidências e soluções ao problema enunciado; e a Etapa 4 (encontro 6) apresenta a argumentação e comunicação.

Figura 1: Fluxograma da metodologia ABRP desenvolvida



Fonte: Os autores (2023).

No **encontro 1**, os alunos foram organizados em grupos e elegeram um representante. Posteriormente, os alunos iniciaram a leitura e discussão do texto referente ao cenário da ABRP e ao problema: como a química pode trazer informações e contribuições científicas para a vida dos fabricantes de panelas de barro e da sociedade?

No **encontro 2**, os alunos participaram de uma caminhada de mangue no entorno da Ufes, um guia (oceanógrafo) explicou e mostrou as espécies sobreviventes (fauna e flora) no local, inclusive o *R. mangle*. Em seguida, houve uma visita à APG, onde os alunos conheceram as matérias-primas utilizadas pelo fabricante de panelas de barro e

participaram de uma oficina de confecção da panela de barro. Na ocasião, os alunos também coletaram a casca da *R. mangle*. Em seguida, os alunos identificaram suas questões-problema, registraram os fatos e hipóteses e integraram essas informações ao problema fornecido no texto inicial.

Nos encontros 3, 4 e 5, os alunos iniciaram o processo de investigação com pesquisa em fontes científicas e evidências empíricas para encontrar uma solução para o problema proposto. Nas aulas de laboratório foram realizados dois experimentos:

Experimento 1: Os alunos usaram os princípios da espectrofotometria de absorção molecular na região ultravioleta- visível e sua instrumentação para determinar a capacidade antioxidante de diferentes extratos da casca de *R. mangle* usando o ensaio FRAP (do inglês, *ferric reducing antioxidant power*) (Benzie; Strain, 1996).

Experimento 2: Os alunos utilizaram os princípios da cronoamperometria e sua instrumentação usando o ensaio eletroquímico CRAC (do inglês, *ceric reducing antioxidant capacity*) (Ferreira; Avaca, 2008) para o mesmo objetivo do experimento 1. Os alunos tiveram contato com outra técnica analítica concomitante aos assuntos abordados na disciplina.

No encontro 6, os alunos tiveram que planejar e produzir uma ação que visou pela divulgação e comunicação dos resultados alcançados. Os grupos apresentaram o produto final, em 15 min, com explicações e argumentos científicos

para a solução do problema anunciado no Encontro 1.

Os áudios das apresentações dos produtos finais foram transcritos e organizados em categorias, seguindo a análise de conteúdo (AC), de Laurence Bardin (2012). As etapas de exploração do material e tratamento dos resultados foram realizadas com auxílio do *software* gratuito Iramuteq®, versão 0.7 Alpha 2 e R versão 4.0.2, desenvolvido por Pierre Ratinaud (2009).

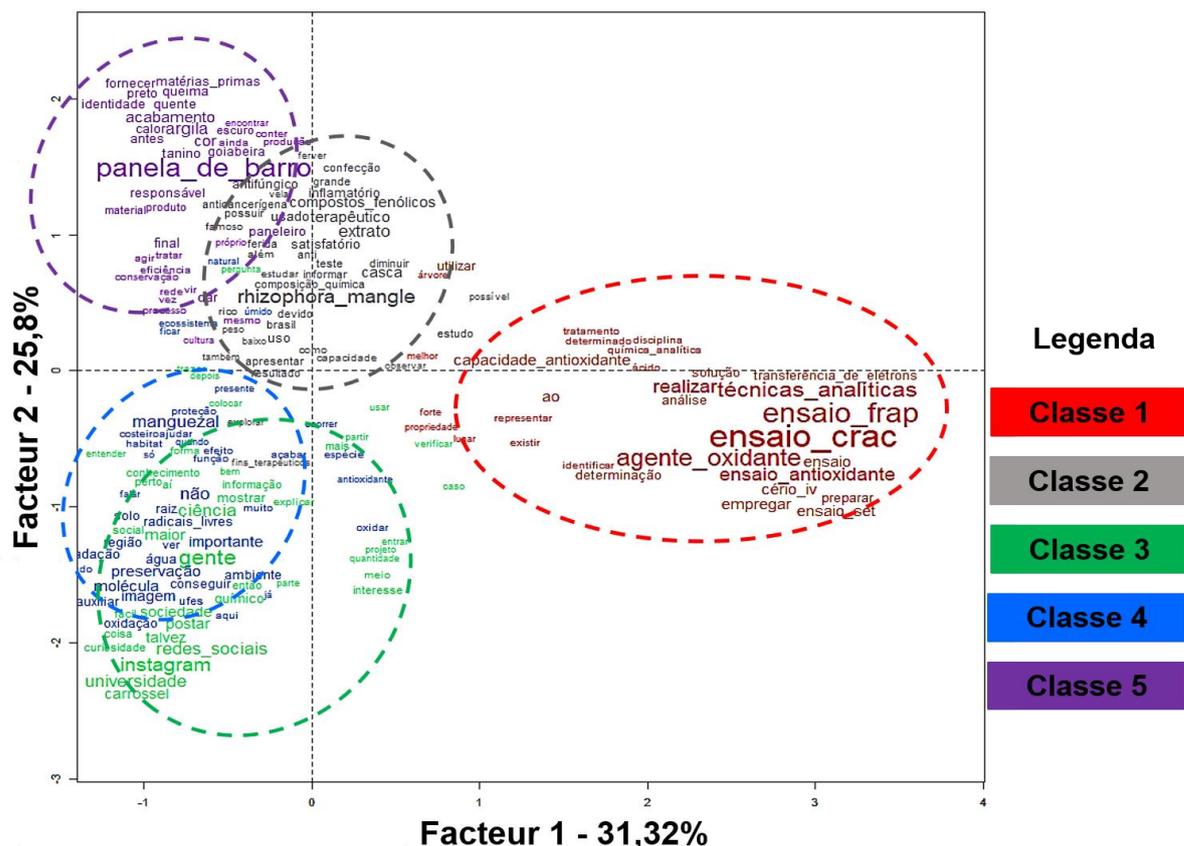
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da integração dos eixos *R. mangle*, panela de barro e conhecimentos químicos à formação do aluno, ocorreu com base na AC aliada à classificação hierárquica descendente (CHD) e a análise fatorial de correspondência (AFC), análises disponíveis no *software* Iramuteq®.

A partir das atividades vivenciadas, os alunos confeccionaram produtos para comunicação e divulgação, tais como postagens em redes sociais e vídeos. As transcrições dos áudios referentes às apresentações finais destas produções geraram 36 categorias iniciais, que posteriormente foram agrupadas em 11 categorias intermediárias e, organizadas em um único arquivo para a análise.

O gráfico de AFC representado da Figura 2, mostra a interligação das cinco classes finais geradas e permite a recuperação do contexto em que as palavras foram associadas com significância estatística (Camargo, Justo, 2013). As cores de cada grupo de palavras são correspondentes às suas classes.

Figura 2: Representação gráfica fornecida na AFC das palavras associadas a cada classe da CHD



Fonte: Os autores (2023).

Com base nas análises e interpretações do conteúdo predominante das cinco classes, foi possível denominar cinco categorias finais na AC, e assim dar início ao processo de inferências. O Quadro

1 apresenta as informações representativas de cada classe e as cinco categorias correspondentes.

Quadro 1. Categorias finais da AC, com base nas informações extraídas pelo Iramuteq[®]

Classes/ Frequência	Principais palavras	Exemplos de trechos segmentados	Classes e Categorias
1 (16,0%)	Ensaio FRAP; Ensaio CRAC; agente oxidante; técnicas analíticas; ensaios antioxidantes; capacidade antioxidante; transferência de elétrons.	“O ensaio FRAP, emprega técnicas analíticas, da espectrofotometria em que há absorção molecular no ultravioleta-visível.” (A8) “O ensaio CRAC, emprega técnicas analíticas da eletroquímica, baseada na cronoamperometria.” (A2)	Classe 1 Conhecimentos químicos
2 (24,8%)	R. mangle; extrato; casca; terapêutico; anti-inflamatório; antifúngico; compostos fenólicos; composição química.	“[...] além da aplicação na confecção da panela de barro capixaba, o extrato da R. mangle é utilizado para fins terapêuticos, devido a sua complexa composição química, rica em compostos fenólicos.” (A3)	Classe 2 Propriedades da R. mangle
3 (14,4%)	Gente; Instagram [®] ; redes sociais; universidade; ciência;	“[...] uma forma de apresentar para sociedade por meio das redes sociais [...] é uma forma de mostrar o nosso projeto	Classe 3

	sociedade; químico; interesse; informação; mostrar.	[...] chamar mais pessoas [...] pra vim pra química, conhecer a ciência. Então, se [...] souberem o que acontece aqui [...], na universidade, pode ser que eles se interessem [...].” (A4)	Comunicação e divulgação
4 (22,4 %)	Manguezal; água, solo; ambiente; degradação; preservação; molécula; radical livre; oxidação.	“Fomos ao manguezal da Ufes para identificarmos e visualizamos a planta <i>R. mangle</i> dentre outras espécies.” (A1) “O mangue precisa ser preservado. [ele] é responsável por ajudar na luta contra as mudanças climáticas e aquecimento global.” (A10) “Antioxidantes, são moléculas que auxiliam na proteção de outras células, contra o efeito dos radicais livres.” (A4)	Classe 4 Manguezais e antioxidantes
5 (22,4%)	Panela de barro; argila; acabamento; identidade; cor preta; quente; calor; tanino; Goiabeiras; paneleiras; matérias-primas.	“As matérias-primas utilizadas na produção da panela de barro, são a argila e o tanino. As paneleiras de Goiabeiras utilizam o extrato da <i>R. mangle</i> para dar o acabamento e a identidade final da panela de barro.” (A10)	Classe 5 Panela de barro capixaba

Fonte: Os autores (2024).

A classe 1 se refere a categoria “conhecimentos químicos”. A análise desta categoria indicou que os alunos trouxeram argumentos científicos relacionados aos conceitos químicos dos ensaios antioxidantes FRAP e CRAC, ambos os métodos empregados na determinação da capacidade antioxidante da casca de *R. mangle*. Nas explanações, os alunos realizaram comparações entre os métodos, enfatizando os pontos positivos e negativos de cada um.

A classe 2 representa a categoria “propriedades da *R. mangle*”. Nesta categoria, os alunos destacaram as características e propriedades da planta, explicando com detalhes sobre as partes da planta (raízes, folhas, cascas). Além disso, os alunos mostraram como as paneleiras preparam o extrato da planta para o preparo da panela e explicaram que o extrato também é utilizado para fins terapêuticos, devido a sua complexa composição química, rica em antioxidantes.

A classe 3 constitui a categoria “comunicação e divulgação”. Pela análise, constatou-se que durante as atividades, houve o desenvolvimento de habilidades

prezadas na ABRP, tais como: curiosidade, colaboração, comunicação e criatividade. Assim, os alunos se dedicaram a propor soluções ao problema anunciado, ressaltando a relevância dos estudos com a planta para a ciência e expondo possibilidades de pesquisas científicas futuras, como por exemplo, direcionada para a possibilidade dos compostos antioxidantes serem adsorvidos ou absorvidos pelos alimentos.

Em uma outra perspectiva, também expuseram uso da planta para fins terapêuticos, devido a expressiva capacidade antioxidante. Com os estudos experimentais, os alunos também concluíram que o extrato hidroetanólico da *R. mangle* foi o melhor em termos de eficiência de extração para a capacidade antioxidante. Essa informação obtida pode aprimorar o trabalho de produção das panelas de barro.

Sendo assim, ao final da aplicação da metodologia ABRP, os alunos produziram informações sustentadas em conhecimentos químicos, além disso, formularam e defenderam ideias demonstrando a preocupação com a

linguagem científica, ou seja, que o conhecimento fosse acessível para diferentes esferas da sociedade. A partir das propostas apresentadas pelos alunos, observou-se a intenção de mostrar, de forma curiosa, como a química está presente e tão próxima da realidade das pessoas.

Desta forma, afirma-se que o ensino de ciências deve levar o aluno à compreensão dos conhecimentos ao mesmo tempo em que prepara o aluno para agir e atuar na sociedade, reforçando formas claras de organização do pensamento para entender e transformar a realidade em que vivem (Damm *et al.*, 2023b; Lovat, 2017).

Portanto, o conceito científico contextualizado aliado ao problema e aos experimentos foram determinantes no processo educacional. Como consequência disso, os alunos desenvolveram habilidades cognitivas de ordem superior, como o pensamento crítico, a capacidade de resolver problemas, a criatividade e a tomada de decisões. A contextualização permitiu uma aproximação do aluno ao conhecimento científico, partindo de sua realidade, história e cultura, o que potencializou o seu envolvimento na construção do conhecimento (Zoller; Pushkinb, 2007; Damm *et al.*, 2023a; Bressiani *et al.*, 2021; Guimarães *et al.*, 2022; Santana *et al.*, 2022; Kelly-Hunt *et al.*, 2022).

A classe 4 se refere a categoria “manguezais e antioxidantes”. Como parte das atividades didáticas, os alunos conheceram o manguezal para identificar a planta *R. mangle*. Desta forma, isso também refletiu nas apresentações dos alunos. Os alunos explicaram que a capital do estado (Vitória) é uma ilha, cercada de belezas naturais e com uma tradição marcante na culinária, a moqueca capixaba, feita na panela de barro. Todo material usado pelas paneleiras vem do manguezal e de uma região próxima (Brasil, 2006; Lovat, 2017; Santana *et al.*, 2022).

Os alunos ressaltaram que a intenção seria mostrar que a *R. mangle*

desempenha funções naturais importantes em seu ecossistema, o manguezal. Os alunos também apontaram que os manguezais precisam ser preservados, pois muitas das vezes, são ignorados pelas pessoas, por isso estão sendo cada vez mais degradados, como o manguezal da Grande Vitória, por exemplo. Portanto, os recursos naturais do mangue precisam ser explorados de forma consciente, pois dele também se retira a matéria-prima da panela de barro, símbolo importante da cultura do estado (Brasil, 2006).

Desta forma, os alunos se mostraram preocupados com as questões ambientais, culturais, sociais e econômicas ligadas aos manguezais. Ainda nesta categoria, a importância dos antioxidantes na prevenção da oxidação de outras moléculas, também se manifestou nas apresentações dos alunos. Assim, tanto os manguezais como os antioxidantes foram destaques nas apresentações dos alunos. Sendo que de um lado, houve a preocupação na preservação dos recursos dos manguezais, e de outro, a funcionalidade de um biomaterial (*R. mangle*) relevante para uma comunidade/sociedade.

Por último, a classe 5 denominada “panela de barro”, os estudantes explicaram que as Paneleiras modelam manualmente a panela, se interessaram e tiveram curiosidades sobre os procedimentos envolvidos na produção da mesma. Sob a ótica do estudante, observou-se como o recurso natural pode auxiliar a comunidade a sua volta, tanto no âmbito econômico, como no âmbito sociocultural, como é o caso da panela de barro. Desta forma, a visita à APG aliada às sequências de atividades realizadas, proporcionaram aos alunos à compreensão destas questões e suas relações com a química (Brasil, 2006).

A partir das cinco categorias é possível afirmar que este trabalho atingiu os ODS 4 e 11 da ONU, pois em síntese, os alunos estabeleceram relações com o contexto sociocultural da panela de barro a partir do contato externo com a planta *R.*

mangle. Além disso, reforçaram e potencializaram suas aprendizagens com pesquisas e aplicações condizentes com suas realidades.

Por fim, divulgaram seus produtos, com argumentos científicos claros e coerentes, destacando a importância da preservação dos manguezais e das funcionalidades dos antioxidantes para as panelas e sociedade, o que implicou na valorização do ecossistema e da cultura local com os estudos.

Além disso, houve a mobilização de múltiplos conhecimentos (epistemológicos, científicos, empíricos, pedagógicos e práticos) e questões (educacionais, culturais, ambientais, sociais), possibilitando ao aluno conhecer e passar a valorizar a cultura local. Portanto, este tipo de prática educativa contempla os pressupostos de uma educação voltada para o desenvolvimento sustentável.

5 CONCLUSÃO & PERSPECTIVAS

A partir das atividades vivenciadas, os alunos confeccionaram produtos para comunicação e divulgação. Houve a produção de informações sustentadas em conhecimentos químicos, além da formulação e argumentação de ideias demonstrando a preocupação com a linguagem científica e como a química está presente e tão próxima da realidade das pessoas.

A análise conjunta deste material pela AC, CHD e AFC mostrou que houve a mobilização de cinco categorias: Conhecimentos químicos; *R. mangle*; antioxidantes e manguezais; panela de barro e; ensino de química. O conjunto de estudos educacionais, teóricos e experimentais com a planta possibilitou a articulação de múltiplos conhecimentos/saberes (pedagógicos, científicos, populares, culturais).

Houve a valorização dos conhecimentos sustentados por uma comunidade local e o reconhecimento da importância da planta para seu *habitat*

natural, o manguezal. Sendo assim, as atividades educativas permitiram a compreensão dos processos socioculturais envolvidos na produção da panela de barro, bem como suas relações com a química, atingindo as ODS 4 e 11 da ONU. Portanto, os alunos vivenciaram objetivos para uma educação voltada à sustentabilidade por meio das atividades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapes (nº 01/2021) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BASTOS, I. M. A. S.; CADAMURO, R. D.; FREITAS, A. C. O.; SILVA, I. T. S.; STOCO, P. H.; SANDJO, L. P.; TREICHEL, H.; FONGARO, G.; ROBL, D.; STEINDEL, M. Diversity of fungal endophytes from mangrove plants of Santa Catarina Island, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**. 2024.

LOURENÇO, A. B.; SILVA, SILVA, M. N. G.; BATISTA, A. J. G. A.; MUSETTI, K. C. P.; CARVALHO, P. P. P.; DICTORO, V. P.; MALHEIROS, T. F. O Ensino de Química e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: um estudo das produções do Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências. **Química nova na escola**, v. 44, n. 2, p. 194-203, 2022.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agenda 2030. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasil. 2022.

BRASIL. Ministério da cultura. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Dossiê: Ofício das panelas de**

- Goiabeiras. Brasília: Ministério da Cultura.** 2006. Disponível em <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie_oficio_paneleiras_goiabeiras.pdf>. Acesso em 25 fev 2024.
- BRESSIANI, T. S. C. **Ensino de Química e Aprendizagem Baseada em Projetos: Desenvolvimento de Artefatos a partir de Rejeito de Mineração de Ferro.** Dissertação (mestrado em química), Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo. 2020.
- CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires. **Temas em Psicologia**, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.
- DAMM, B. M.; FERREIRA, R. Q.; MOURA, P. R. G. Avaliação das capacidades metacognitivas no ensino de química analítica. **Revista Espaço Pedagógico**. v. 30, e14919, 2023a.
- DAMM, B. M.; SCHAFFEL, I. F.; SANTOS, G. F. S.; AZEVEDO, L. E. S. FERREIRA, R. Q.; MOURA, P. R. G. Antioxidant Capacity of Rhizophora mangle Bark Extracts: A Contextualized Approach in the Teaching of Analytical Chemistry. **Journal Chemical Education**, n. 100, p. 4449–4455, 2023b.
- FERREIRA, R. Q.; AVACA, L. A. Electrochemical determination of the antioxidant capacity: The Ceric Reducing/Antioxidant Capacity (CRAC) assay. **Electroanalysis**, v. 20, n. 12, 1023-1029, 2008.
- GUIMARÃES, B. Q.; BETIM, F. S.; SANTANA, I. L.; PEREIRA, A. V.; BRESSIANI, T. S.C.; SIQUEIRA, B. M. M.; LELIS, M. D. F.; MOURA, P. R. G. Biossorbentes utilizados na remoção do corante azul de metileno em soluções aquosas: uma proposta de ensino em química ambiental. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 2, p. 154-166, 2022.
- KELLY-HUNT, A. E.; MEHAN, A.; BROOKS, S.; LEANCA, M. A., MCKAY, J. E. D.; MAHAMED, N.; LAMBERT, D.; DEMPSTER, M. N.; ALLEN, J. R.; EVANS, R. A.; SARKER, S. D.; NAHAR, L.; SHARPLES, G. P.; DREW, M. G. B.; FIELDING, A. J; ISMAEL, F., M. D. Synthesis and Analytical Characterization of Purpurogallin: A Pharmacologically Active Constituent of Oak Galls. **Journal Chemical Education**, v. 99, p. 983-993. 2022.
- LOVAT, T. J. C. **A ciência, a cultura, a panela de barro e o manguezal: uma mistura possível.** Produto educacional (mestrado em ciências e matemática), Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória. 2017.
- OLIVEIRA, D. T.; GOI, M. E. J. Aprendizagem baseada na resolução de problemas no ensino de química da educação básica: uma revisão de literatura. **Revista debates em ensino de química**, n. 9, v. 4, p. 125-147. 2023.
- RODRÍGUEZ-GARCÍA, C. M.; RUIZ-RUIZ, J. C., PERAZA-ECHEVERRÍA, L.; PERAZA-SÁNCHEZ, S. R.; TORRES-TAPIA, L. W.; PÉREZ BRITO, D.; TAPIATUSSEL, R.; HERERRA-CHALÉ, F. G.; SEGURA-CAMPOS, M. R.; QUIJANORAMAYO, A.; RAMÓN-SIERRA, J. M.; ORTIZ-VÁZQUEZ, E. Antioxidant, antihypertensive, antihyperglycemic, and antimicrobial activity of aqueous extracts from twelve native plants of the Yucatan coast. **PlosOne**, v. 4, n. 1, 2019.
- SANTANA, I. L.; RODRIGUES, L. D. N.; DAMM, B. M.; OLIVEIRA, M. L. D.; FREITAS, M. B. J. G. D.; MOURA, P. R. G. D. Projeto ‘Preservando as Raízes do Mangue’: a aprendizagem de química baseada em projetos e voltada para o

desenvolvimento sustentável. **Química nova na escola**, v. 44, n. 2, p. 229-238, 2022.

VASCONCELOS, C.; ALMEIDA, A. **Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências: Propostas de trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geografia**. Porto, Portugal: Porto Editora, 2012.

ZOLLER, U.; PUSHKIN, D.; Matching Higher-Order Cognitive Skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 153-171, 2007.