

Ívina L. Santana, Luciana R. Nascimento, Bruna M. Damm, Mayara L. Oliveira, Marcos B. J. G. Freitas, Paulo R. G. Moura



Relata-se uma prática docente na qual os conteúdos de soluções e velocidade de reação foram trabalhados em um projeto de aprendizagem desenvolvendo um processo sustentável de produção de panelas de barro no bairro de Goiabeiras - Vitória/ES. Para isso, os alunos de uma escola pública de ensino médio alteraram fatores que influenciam a velocidade e eficiência de extração da tinta usada na produção da panela. Eles modificaram a superfície de contato do extrato, a natureza do solvente extrator e a temperatura de extração da tinta, criando um novo processo que usa menos cascas de árvore e em menos tempo, diminuindo o impacto ambiental decorrente da produção de panelas de barro. Além do processo mais sustentável, o projeto também conseguiu: promover um ensino de química alinhado aos problemas locais e voltado para valorização da cultura; e desenvolver competências como criatividade, comunicação, colaboração, responsabilidade socioambiental e capacidade de resolver problemas.

► aprendizagem baseada em projetos, sustentabilidade, panela de barro ◀

Recebido em 17/11/2021, aceito em 11/04/2022

Alarmados por uma degradação ambiental que coloca em risco a vida humana, países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) se reuniram em 2015 para elaborar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a fim de balizar planos de desenvolvimento para o bem-estar e a dignidade do ser humano, sem colocar em risco o meio ambiente (Gomes e Ferreira, 2018). Foram definidos 17 ODS e 169 metas em uma ambiciosa agenda (Agenda 2030), que representou um plano de ação global para eliminar a pobreza extrema e a fome, oferecer educação de qualidade para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas até 2030 (Belluzzo, 2018). Dentre os ODS traçados pela ONU, destacar-se-á nesse artigo: o ODS 4, que trata da qualidade da educação; e o ODS 11, que trata sobre a sustentabilidade das comunidades (Plataforma Agenda 2030, 2021):

- ODS 4: assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
- ODS 11: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Dentro do ODS 4, é descrito um conjunto de metas para serem atingidas até 2030, dentre elas a meta 4.7 que pretende:

“...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.”

A Educação Ambiental (EA) teve início na década de 1970, oriunda de eventos que tinham como preocupação as discussões sobre as questões ambientais. O termo ganhou força em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92). No evento, foi assinado o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, incentivando movimentos educativos que tinham como

compromisso construir um novo modelo de desenvolvimento, orientado para a sustentabilidade (Pitanga, 2016). Nesse sentido, a EA firmou-se no Brasil através de políticas públicas, tanto na promulgação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), na década de 1990, como na implementação da nova Base Nacional Curricular Comum (BNCC), promulgada em 2017. Ressalta-se que, nesses documentos, a EA não é um componente curricular, embora se incorpore ao currículo através de práticas transversais e integradoras, abordando temas contemporâneos (Branco *et al.*, 2018).

Esses temas contemporâneos e transversais são geralmente relacionados a problemas comunitários ou vivências do cotidiano. Zuin *et al.* (2009), através da educação pela pesquisa, conjugaram a EA com o estudo dos parâmetros físicos da água de um córrego que pertencia à comunidade escolar de São Carlos/SP. Santos *et al.* (2021) utilizaram a química verde para avaliar a degradação de corantes alimentícios, tão comuns em nossa sociedade que consome comidas processadas. Wuillda *et al.* (2017), por sua vez, utilizaram da reciclagem de caixas Tetra Pak® para alinhar o ensino de química com a EA.

Percebe-se que a EA, nos exemplos de projetos mencionados, favorece uma Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS). Os conceitos de EA e EDS são complementares. Enquanto a EA tem uma abordagem voltada à relação entre o homem e o meio natural, no tocante à conservação e preservação dos recursos naturais, a EDS se relaciona com os aspectos socioambientais e políticos da EA, voltados para o combate à pobreza, promoção do bem-estar, e à produção e ao consumo sustentável, baseados nas peculiaridades da cultura local, em prol da formação de comunidades sustentáveis (Branco *et al.* 2011).

O desenvolvimento de comunidades sustentáveis dialoga com o ODS 11 da ONU. O objetivo tem como cerne a transformação, a construção e a gestão dos espaços urbanos inseridos no modelo de desenvolvimento sustentável. Temas relacionados à urbanização, como mobilidade, gestão de resíduos sólidos e saneamento, estão dentro das metas do objetivo, assim como o planejamento e aumento da resiliência dos assentamentos humanos, levando em conta as necessidades diferenciadas de cada área. Dentro das metas traçadas no ODS 11, destacar-se-á nesse artigo a meta 11.4, que requer “fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo” (Plataforma Agenda 2030, 2021). Dessa forma, temos então que a comunidade sustentável não é só aquela que se preocupa com o meio ambiente, mas também aquela que assegura a proteção e valorização da cultura além do patrimônio natural.

Ancorado nos ODS 4 e 11, apresenta-se um relato de prática de um projeto de aprendizagem realizado em uma

escola de Ensino Médio de Goiabeiras, bairro periférico da cidade de Vitória/ES e que abriga a Associação das Panelas de Goiabeiras (APG).

O bairro de Goiabeiras possui uma área de manguezal, onde tradicionalmente se produz a panela de barro, um dos símbolos culturais do Espírito Santo. Toda produção de panelas segue a tradição indígena, com modelagem manual, queima a céu aberto e aplicação de tintura de tanino, extraída da *Rhizophora mangle*, uma árvore conhecida como mangue-vermelho (Borlini e Caranassios, 2007). A manufatura das panelas é, geralmente, um trabalho feminino, passado entre gerações. As mulheres que produzem as panelas são chamadas de paneleiras e possuem uma associação civil (Associação das Panelas de Goiabeiras - APG) para angariar recursos para as artesãs e representar seus interesses. Em 2002, a APG conseguiu fazer com que a produção de panelas de barro em Goiabeiras fosse inscrita no Livro de Registro dos Saberes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e, assim, as panelas de barro e sua produção no bairro de Goiabeiras se tornaram Patrimônio Cultural Imaterial do Brasil (Souza e Caloti, 2013).

Todo recurso material para produção da panela é proveniente do manguezal. A argila é retirada no Vale do Mulemá, no bairro de Joana D’arc, em Vitória, e as cascas de mangue-vermelho são retiradas dos manguezais de Goiabeiras e

arredores (Borlini e Caranassios, 2007). Para fazer a tintura de tanino, as paneleiras compram lascas de cascas de mangue-vermelho dos “casqueiros” - homens da comunidade que fazem coleta dessas cascas. Após a compra, as cascas são quebradas com auxílio de um pilão manual e colocadas de molho em água por 3 dias. A aplicação da tinta ocorre com a panela ainda quente da queima da cerâmica, em uma etapa de produção conhecida como “açoiote”. A tintura tem a função de impermeabilizar a panela e tingi-la de preto, cor característica da panela de barro capixaba (Souza e Caloti, 2013).

Reconhecendo a importância cultural da produção de panelas de barro e de suas implicações econômicas e ambientais, os alunos de uma escola estadual de Ensino Médio do bairro de Goiabeiras, juntamente com seus professores de Química e de Artes, elaboraram e executaram um projeto de aprendizagem, cuja questão motriz era desenvolver uma rota de produção de panelas de barro mais sustentável.

Para realizar esse projeto, foi utilizada a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), na qual os alunos constroem o conhecimento através de pesquisas e investigações complexas e cuidadosamente planejadas, com objetivos pedagógicos definidos. A ABP vem ganhando espaço devido às novas tecnologias de informação e comunicação que favorecerem o ensino por essa metodologia (Martins *et al.*, 2016).

Os conceitos de EA e EDS são complementares. Enquanto a EA tem uma abordagem voltada à relação entre o homem e o meio natural, no tocante à conservação e preservação dos recursos naturais, a EDS se relaciona com os aspectos socioambientais e políticos da EA, voltados para o combate à pobreza, promoção do bem-estar, e à produção e ao consumo sustentável [...].

Diversos autores já discutiram sobre essa metodologia de ensino ao longo dos anos. Os precursores dessa metodologia são Dewey e Kilpatrick no início do século XX. Eles iniciaram o movimento da Escola Nova nos Estados Unidos, que buscava uma renovação no ensino e a oposição ao modelo tradicional de transmissão de conteúdos descontextualizados e sem significado para os alunos. Como alternativa ao modelo tradicional, Dewey teria sistematizado a Pedagogia de Projetos e Kilpatrick seria o responsável pelo seu encaminhamento metodológico e sua popularização na primeira metade do século XX. Para os autores, o conceito de projeto passa pela ideia de que os alunos adquirem experiência e conhecimento pela resolução de problemas práticos, em situações contextualizadas e sociais (Pasqualetto *et al.*, 2017).

Na perspectiva de Dewey, a metodologia por projetos infere que os estudantes terão que pesquisar, discutir, elaborar e, especialmente, discernir entre o que é ou não relevante para construir conhecimento durante o processo (Matos, 2017). O professor deixa de ser aquele que ensina para ser um mediador na (re)construção do conhecimento. Quase um século depois, Hernández (1998) apresentou uma concepção de organização do currículo por meio de projetos, que valoriza a integração das disciplinas ao invés de fragmentá-las. De acordo com o autor “*aprender a pensar criticamente requer dar significado à informação, analisá-la, sintetizá-la, planejar ações, resolver problemas, criar novos materiais ou ideias, e envolver-se mais na tarefa de aprendizagem.*” (Hernandez 1998, p. 720).

Nesse relato, o planejamento foi feito baseado na teoria de projetos desenvolvida por Willin Bender (2014). Em seu livro, Bender (2014) descreve algumas etapas importantes dessa metodologia. De acordo com o autor, o projeto deve ter, inicialmente, uma âncora. A âncora é a estratégia inicial usada para motivar e engajar os alunos a participarem das atividades. Âncoras podem ser simples narrativas que descrevam um problema, um vídeo no Youtube, uma reportagem do noticiário local ou qualquer outro meio que possa descrever algo sobre a questão a ser considerada no projeto e que desperte curiosidade. Quanto mais criativa e instigante for a âncora, maior será a motivação e engajamento dos alunos.

Com alunos motivados e engajados, define-se a questão motriz. Tal questão é definida como o problema principal do projeto a ser resolvido, que pode ser dada de antemão pelo professor ou sugerida coletivamente pelos alunos.

O próximo passo envolverá, obrigatoriamente, a voz e a escolha dos alunos: traçar ações a serem executadas e definir cronograma. É importante que essa parte seja feita com os alunos para que eles tenham um sentimento de pertencimento ao projeto.

Na hora de escolher as ações que serão executadas, deve-se ter o cuidado de encaixá-las em dois processos: 1) processo de investigação e pesquisa - quando os alunos adquirem conhecimento prévio e teórico sobre a questão motriz; 2) processo de investigação e inovação - quando os alunos devem construir artefatos e testá-los. Bender (2014) considera artefato os itens criados ao longo do projeto que apresentam possíveis soluções para a questão motriz proposta.

Concomitante a esses processos de investigação, pesquisa e inovação, ocorre o processo de avaliação e *feedback*, baseado em avaliações qualitativas do professor, rubricas de autoavaliação e de avaliação em pares. A avaliação pode ser formativa ou somativa, de acordo com o planejamento e das atividades propostas pelo professor.

Para finalizar o projeto, os alunos precisam apresentá-lo ao público, seja para comunidade escolar, seja em uma feira de ciências ou até mesmo para alunos de uma outra turma. No desenvolvimento da apresentação surgem momentos de reflexão e reavaliação do projeto que ajudam em sua culminância e na concepção crítica do projeto apresentado.

Como a ABP é uma metodologia que favorece o estudo dos conteúdos através da resolução de um problema e é capaz de promover competências como colaboração, comunicação, criticidade e criatividade, ela foi escolhida para ser trabalhada na prática docente relatada nesse artigo, na qual os alunos tiveram que resolver a questão motriz “como deixar a produção de painéis de barro mais sustentável?” em um projeto de aprendizagem.

Metodologia

Metodologia de ensino-aprendizagem

O artigo apresenta um relato de prática pedagógica do projeto “Preservando as Raízes do Mangue”, que teve como público-alvo uma turma de 2ª série de Ensino Médio, de 38 alunos, de uma escola pública periférica de Vitória/ES.

Para esse estudo, foram utilizados como base de dados o diário de bordo da professora, os vídeos e relatórios escritos pelos alunos.

O projeto desenvolveu uma série de ações que intencionavam ensinar conteúdos de Química (soluções e velocidade de reação) e desenvolver competências gerais (criatividade, colaboração, comunicação, responsabilidade socioambiental e capacidade de resolução de problemas). As ações relativas ao projeto ocorreram quinzenalmente nas aulas de Química e Artes, de maio a outubro do ano de 2017.

O projeto de aprendizagem foi feito utilizando a metodologia ativa de ABP descrita por Bender (2014). Um esquema geral do projeto pode ser visto na Figura 1.

O projeto de aprendizagem foi feito utilizando a metodologia ativa de ABP descrita por Bender (2014). Um esquema geral do projeto pode ser visto na Figura 1.

A âncora é a estratégia inicial usada para motivar e engajar os alunos a participarem das atividades. Âncoras podem ser simples narrativas que descrevam um problema, um vídeo no Youtube, uma reportagem do noticiário local ou qualquer outro meio que possa descrever algo sobre a questão a ser considerada no projeto e que desperte curiosidade. Quanto mais criativa e instigante for a âncora, maior será a motivação e engajamento dos alunos.

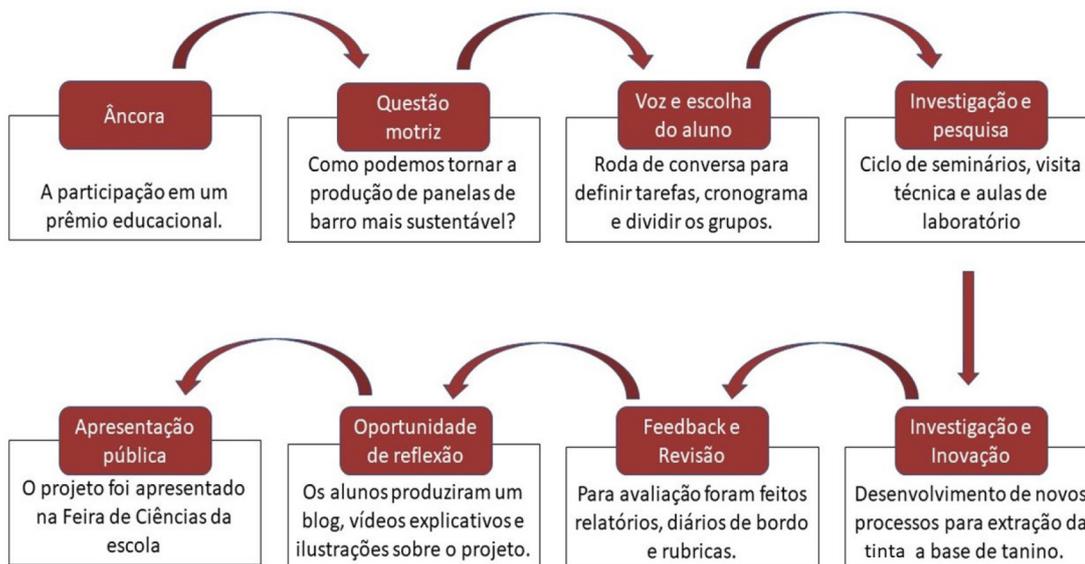


Figura 1: Esquema geral de ações do projeto “Preservando as Raízes do Mangue”

Desenho pedagógico do projeto

Como âncora do projeto, a professora de Química desafiou os alunos a participarem de um prêmio educacional, no qual deveriam resolver um problema da comunidade. Para motivá-los, a professora passou alguns vídeos de projetos vencedores dos anos anteriores e os alunos aceitaram o desafio.

Com os alunos motivados, foi feita uma chuva de ideias para listar problemas que afligiam a comunidade e que poderiam ser resolvidos usando os conhecimentos de Química. Dentre os problemas citados pelos alunos, a professora selecionou três com os quais poderia trabalhar o conteúdo de química do segundo trimestre: poluição das águas do mangue; lixo no mangue; e degradação do mangue em decorrência da produção de painéis de barro. A partir de uma votação, decidiu-se escolher a produção de painéis de barro. Dada a definição do problema, foi elaborada a questão motriz do projeto: “Como podemos tornar a produção de painéis de barro mais sustentável?”

A professora e os alunos então se reuniram em uma roda de conversa quando: traçaram um cronograma para execução do projeto; dividiram as ações a serem realizadas por cada grupo de alunos; escolheram o nome do projeto; e definiram o professor parceiro (Artes).

Para iniciar o desenvolvimento do projeto, no processo de investigação e pesquisa, foi proposto um ciclo de seminários, no qual os alunos apresentavam temas que a professora de Química e o professor de Artes haviam definido. Os temas apresentados foram:

- Painel de Barro Capixaba: história, arte e cultura;
- A cerâmica e suas propriedades;
- A produção de painéis de barro em Goiabeiras;
- O tanino e as tinturas naturais;

- O mangue-vermelho e sua importância para preservação do meio ambiente.

Após o ciclo de seminários, os alunos foram levados em uma visita técnica até o galpão da APG, onde fizeram uma oficina de produção de painéis e observaram como se produz a tinta de tanino, usada no tingimento da mesma. Os alunos colheram informações sobre a degradação do mangue, a produção de painéis e amostras da tinta produzida pelas paineleiras.

Para finalizar a parte das pesquisas e investigações, foram propostas duas atividades no laboratório, avaliadas por meio de relatórios escritos. A primeira foi sobre o Efeito Tyndall. Nessa experiência, os alunos prepararam três misturas:

água e amido de milho; água e gelatina; e água e sal. Em seguida, com auxílio de um apontador a laser, os alunos incidiram o feixe de luz sobre as misturas e assim diferenciaram quais das misturas eram uma solução, uma emulsão (solução coloidal) ou uma dispersão. O efeito Tyndall é específico

em colóides ou soluções coloidais, e ocorre em função da dispersão da luz por partículas coloidais ou partículas em suspensão (Rodrigues *et al.*, 2020). Tal experimento se fez importante porque o livro didático utilizado pelos alunos trazia como exemplo de emulsões as tintas. Como a primeira parte do estudo do conteúdo de soluções passa pela diferenciação das misturas, tal prática do Efeito Tyndall foi primordial para que eles identificassem a tinta de tanino como emulsão.

A segunda atividade foi sobre diluição e a relação da cor das soluções com suas concentrações (Lei de Beer). Para isso, os alunos prepararam uma solução com suco de uva artificial em pó e diluíram esse suco 3 vezes, gerando 4 soluções de concentração e cores diferentes. Era necessário

Após o ciclo de seminários, os alunos foram levados em uma visita técnica até o galpão da APG, onde fizeram uma oficina de produção de painéis e observaram como se produz a tinta de tanino, usada no tingimento da mesma.

que os alunos relacionassem a concentração de soluções com a cor porque, para a etapa de testes da tinta mais sustentável, era preciso chegar a uma solução com a concentração de tanino próxima à tinta produzida pelas paneleiras. Para realizar um teste de comparação, os alunos construíram uma escala de cores a partir da tinta original, diluindo a mesma em 3 vezes, para garantir que a tinta extraída por eles não ficaria mais diluída que a tinta das paneleiras. Essa escala de cores pode ser vista na Figura 2(A), onde a tinta ideal é a primeira da esquerda (mais escura).

Dado o conhecimento geral acerca do tema, propiciado pela fase de investigação e pesquisa, iniciou-se o processo de investigação e inovação. Para desenvolver uma tinta de mangue-vermelho que fosse ambientalmente e economicamente sustentável, os alunos tiveram de investigar a extração do tanino e testar alguns fatores que poderiam alterar a velocidade e eficiência de extração da tinta, como a temperatura de extração, a superfície de contato do extrato e a natureza do solvente.

O grupo 1 testou a temperatura de extração. O grupo 2, testou a influência da superfície de contato do extrato. Os demais grupos testaram diferentes tipos de solventes para extração - grupo (3) extração com uma solução de água e vinagre e o grupo (4) extração usando uma solução de água e álcool. A ideia de mudar a natureza do solvente veio dos próprios alunos quando a professora explicava como funcionava a extração. Em um dos slides estava escrito “semelhante dissolve semelhante” e os alunos questionaram se eles poderiam usar solventes orgânicos já que o tanino era uma molécula orgânica. Em especial, foram escolhidos o vinagre e o álcool porque são substâncias orgânicas baratas e de fácil acesso.

Todos os grupos fizeram os testes em casa e trouxeram os resultados para discussão no laboratório com toda a sala. Para escolher o processo mais sustentável, ao final da apresentação dos resultados de cada grupo, foi feito um debate no qual os processos foram avaliados em relação à sustentabilidade dos mesmos.

Para a avaliação do projeto, foram feitos diários de bordo, tanto para os alunos quanto para a professora de Química, que coordenava o projeto. Além dos diários, foram usadas rubricas de avaliação individuais e coletivas para acompanhar o desenvolvimento de competências dos alunos. É preciso reiterar que a avaliação acontecia à medida que as tarefas do cronograma iam sendo executadas, em um *feedback* contínuo. As rubricas que tinham o intuito de avaliar tanto o desempenho individual, quanto coletivo na execução das tarefas, eram feitas com três níveis de avaliação (1, 2 e 3):

- 1 - Eu cumpri / Nós cumprimos a tarefa muito bem.
- 2 - Eu consegui / Nós conseguimos cumprir a tarefa, mas poderia(íamos) melhorar.
- 3 - Não consegui / Não conseguimos cumprir a tarefa.

A última parte do projeto dizia respeito à comunicação do mesmo para a comunidade escolar. A Feira de Ciências da escola foi escolhida como evento divulgador do projeto. Para compor a exposição, os alunos decidiram que haveria um *banner* científico explicativo, um *stand* com a apresentação do processo mais sustentável e um *stand* com a exposição de ilustrações feitas sob orientação do professor de Artes, parceiro no projeto. Além disso, os alunos decidiram que haveria uma exposição virtual, feita através de um blog com figuras, textos e vídeos explicativos.

Resultados e discussão

Ao propor como âncora a participação em um prêmio educacional, a professora imaginou que haveria pouco engajamento devido à baixa autoestima dos alunos daquela sala. De fato, inicialmente os alunos não aceitaram bem o desafio pois muitos deles não se sentiam capazes de realizar um projeto, culpabilizando a limitação de recursos materiais e humanos da escola pública estadual na qual estudavam. Para contornar a baixa autoestima dos alunos, a professora de Química exibiu vídeos de projetos vencedores nos anos anteriores. Ao ver a semelhança das escolas vencedoras com sua escola, os alunos perceberam que era possível realizar

um bom projeto, mesmo com as limitações enfrentadas em seu ambiente escolar. O engajamento dos alunos com o desafio mostrou que a estratégia usada funcionou.

Com os alunos engajados, a professora propôs que eles fizessem uma chuva de ideias para

escolher um problema a ser resolvido. Ao deixar os alunos definirem o problema, ela deixou claro que eles teriam voz e escolha em todas as etapas do projeto. Contudo, mesmo que a decisão final passasse pelo crivo dos alunos, no tocante à definição do problema, foi preciso conciliar a escolha deles com o currículo definido pela Secretaria Estadual de Educação. Por isso, a professora selecionou três dentre os problemas citados que poderiam ser resolvidos usando os conteúdos de soluções e velocidade de reação. Embora a aprendizagem baseada em projetos possibilite trabalhar um currículo flexível de acordo com a escolha dos alunos, o sistema educacional em vigência no Brasil e no estado do Espírito Santo tem como política o uso de um currículo comum.

Dada a definição do problema, a professora formulou a questão motriz a ser resolvida no projeto juntamente com os alunos: “Como podemos tornar a produção de painéis de barro mais sustentável?”. A definição da questão motriz foi importante para que os participantes não perdessem o foco do projeto, que era usar os conhecimentos químicos para tornar a produção de painéis de barro na APG mais sustentável, tanto economicamente quanto ambientalmente. Um cartaz com a questão motriz ficou colado em uma parede da sala de aula até o momento em que os alunos desenvolveram uma solução para a questão.

Para realizar um teste de comparação, os alunos construíram uma escala de cores a partir da tinta original, diluindo a mesma em 3 vezes, para garantir que a tinta extraída por eles não ficaria mais diluída que a tinta das paneleiras.

Para resolver a questão motriz foi preciso executar uma série de tarefas que foram pensadas e planejadas coletivamente. Foram reservadas duas aulas seguidas para o planejamento das ações. Como os alunos tinham pouca ou nenhuma experiência em executar projetos científicos, as discussões sobre quais seriam as ações a serem executadas, em que lugar e em que momento elas seriam realizadas, suscitaram longas discussões entre os alunos. Essas discussões prolongadas foram mais recorrentes no início do projeto, em razão de uma dificuldade de trabalhar em equipe, e foram se tornando mais objetivas e resolutivas ao longo do projeto, à medida que os alunos foram aprendendo a se organizar colaborativamente.

Após as discussões coletivas, a professora e os alunos chegaram a um consenso sobre o cronograma final do projeto, mostrado na Tabela 1. Mesmo que o cronograma em um projeto não seja rígido, nesse projeto, especificamente, o cronograma não sofreu alterações ao longo do desenvolvimento, nem houve atrasos de entregas das atividades concluídas. Isso só foi possível porque o engajamento inicial se transformou em comprometimento dos alunos com a execução das tarefas ao longo do projeto.

Além do cronograma do projeto, também foi escolhido coletivamente um nome para ele: “Preservando as Raízes do Mangue”. De acordo com o aluno que sugeriu o nome, o termo “raízes do mangue” teria um duplo sentido. O primeiro é seu significado literal, para remeter à ideia de preservação do meio ambiente. O segundo sentido é metafórico pois, ao preservar o mangue, preservam-se as raízes culturais que estão ligadas ao manguezal, como a produção de panelas de barro. Devido à proximidade do tema da produção de panelas com a arte e cultura, os alunos tiveram ideia de fazer o projeto em parceria com o professor de Artes. Foi decidido

Além do cronograma do projeto, também foi escolhido coletivamente um nome para ele: “Preservando as Raízes do Mangue”.

De acordo com o aluno que sugeriu o nome, o termo “raízes do mangue” teria um duplo sentido. O primeiro é seu significado literal, para remeter à ideia de preservação do meio ambiente. O segundo sentido é metafórico pois, ao preservar o mangue, preservam-se as raízes culturais que estão ligadas ao manguezal, como a produção de panelas de barro.

que eles fariam uma exposição de arte ao mesmo tempo que expunham sobre o projeto científico na Feira de Ciências. A busca dessa parceria surgiu de forma espontânea, evidenciando que dar voz e possibilidade de escolha aos alunos em um projeto pedagógico desenvolve sua autonomia de tomar decisões e escolher o rumo do próprio projeto.

Uma vez concluído o cronograma de atividades, era hora de iniciar o processo de investigação e pesquisa. Essa etapa tinha como intenção construir um conhecimento teórico e prático junto aos alunos para que explorassem melhor o tema da produção de panelas de barro. Inicialmente, foi proposto um ciclo de seminários, com apresentações em sala de aula, sobre tópicos que auxiliariam conhecer acerca da produção de panelas de barro. Cada seminário era avaliado qualitativamente através de uma rubrica coletiva na qual os alunos avaliavam o conteúdo

apresentado no trabalho e a participação do grupo na apresentação. Todos os grupos assinalaram que cumpriram bem a tarefa do ciclo de seminários.

A estratégia dos seminários serviu para que os alunos tivessem um conhecimento prévio do tema quando fossem fazer a visita técnica na APG. Tal conhecimento trouxe mais objetividade durante a visita as panelas, visto que os alunos já tinham uma noção que a degradação que ocorria no mangue era devida, principalmente, à extração da tinta do mangue-vermelho. As perguntas giraram em torno da receita da produção da tinta; de quanto tempo levava para produzi-la; qual o preço das cascas de árvore de mangue-vermelho e quem as coletava; e sobre as formas de se usar a tinta.

A panela que guiou a visita deu uma quantidade de casca de mangue-vermelho suficiente para extrair um balde de 20L de tinta. Ao chegar na escola, a quantidade de cascas foi pesada e constatou-se que as panelas usavam em torno

Tabela 1: Cronograma do projeto “Preservando as raízes do mangue” elaborado pelos alunos e professores do projeto.

Ações do projeto	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Definição do problema	X					
Definição do cronograma	X					
Ciclo de seminários		X				
Visita técnica			X			
Aulas de laboratório			X	X		
Testes de fatores que alteram a velocidade de extração				X	X	
Definição do processo sustentável					X	
Produção artística do projeto					X	X
Preparação da apresentação do projeto na Feira de Ciências da escola.						X
Apresentação do projeto na Feira de Ciências						X

de 410g de cascas de manguê-vermelho por litro de água para produzir a tinta. Essa informação foi muito importante para extração da tinta ideal no laboratório posteriormente.

Além de colher dados sobre a produção de panelas de barro e da tinta, os alunos tiveram uma vivência de fazer panelas de barro com as próprias mãos através de uma oficina ministrada por uma paneleira com 50 anos de experiência na profissão. A oficina, mostrada na Figura 2(B), aproximou os alunos da comunidade no entorno da escola e possibilitou trabalhar as potencialidades dessa comunidade alinhadas ao currículo formal, construindo uma organização curricular dinâmica, contextualizada e voltada para a valorização da cultura local. Um aluno comentou no relatório que:

“Fazendo aula assim eu aprendi química, biologia e muita história e cultura. Gostei muito de fazer uma panela de barro com minhas mão (sic).”

Após a visita técnica, para finalizar os processos de investigação e pesquisa, os alunos fizeram duas aulas experimentais no laboratório da escola: sobre efeito Tyndall e sobre preparação e diluição de soluções. A primeira aula experimental visava diferenciar misturas em soluções, emulsões e suspensões usando o efeito Tyndall. Os alunos fizeram três misturas: água e sal; água e gelatina e água e amido de milho. Em seguida incidiam um apontador a laser e observavam o que ocorria. Em um relatório entregue como instrumento de avaliação da experiência, uma aluna escreveu à seguinte conclusão sobre o experimento:

“...quando é suspensão a gente consegue ver o pozinho não dissolvido e a luz do laser não passa.”

Na emulsão e na solução a gente não ve(sic) pozinho. Para saber qual é uma e qual é a outra a gente passa o laser. Se aparece o laser passando no líquido é emulsão, quando não aparece nada é solução.”

No segundo experimento, os alunos preparam uma solução a base de suco de uva e diluíram essa solução 3 vezes. Tendo como base a solução ideal de concentração fictícia igual 1, eles construíram soluções diluídas com concentração de 0,75; 0,50; e 0,25. A intenção, além de exercitar cálculo de concentração e diluição, era fazer os alunos perceberem a relação da cor com a concentração, como descreveu uma outra aluna no relatório pedido como avaliação da experiência:

“... quanto mais concentrado de suco de uva, mais forte a cor do suco. Quando vai diluindo o suco a cor vai ficando mais fraca...”

Todos esses conhecimentos adquiridos na etapa de investigação e pesquisa foram cruciais para o desenvolvimento da fase seguinte, de investigação e inovação. Nessa fase, os alunos foram divididos em quatro grupos que testariam a extração da tinta alterando fatores que alteram a velocidade e a eficiência de extração. Para efeito de comparação, a receita da tinta das paneleiras, com 410g de cascas de manguê-vermelho por litro de água foi feita na escola. Essa foi denominada a tinta ideal de concentração fictícia igual a 1. A tinta foi então diluída 3 vezes formando soluções com concentrações de 0,75; 0,50 e 0,25. Tais soluções, que podem ser vistas na Figura 2(A), formaram uma escala de cores pela qual era baseada a classificação da tinta ideal. Esse modo de classificação foi proposto porque, segundo



Figura 2: (A) Escala de cores feita a partir da diluição da receita de tinta das paneleiras. (B) Oficina de produção de panelas de barro na APG. (C) Exposição do desenvolvimento do Projeto na Feira de Ciências da Escola.

dados colhidos durante a visita técnica na APG, a tinta não teria efeito negativo no tingimento se ficasse mais concentrada, mas poderia não funcionar bem se ficasse diluída. Por isso foi preciso montar a escala de cores para garantir que a qualidade da tinta no processo sustentável era ideal, ou seja, não ficaria mais diluída que o constatado. Para avaliar a qualidade da tinta, os alunos tiravam foto da escala de cores com a tinta ideal e, através dessa escala, comparavam se a tinta sustentável que eles desenvolveram tinha a mesma coloração da tinta ideal. Ainda na Figura 2 (A), da escala de cores, percebe-se a incidência de um feixe de *laser*. O caminho do *laser* delineado na tinta mostra que a mesma era uma emulsão, fato que corroborava com a pesquisa inicial feita no ciclo de seminários sobre tinturas naturais. Isso também justifica a experiência sobre Efeito Tyndall feita na etapa de investigação e pesquisa, que foi planejada para embasar a classificação da tinta extraída do manguê-vermelho como uma emulsão de tintura natural.

Após definir uma escala de cores para avaliar a qualidade da tinta ideal, os grupos começaram a testar diferentes variáveis que poderiam ser capazes de alterar a velocidade e a eficiência de extração, como: superfície de contato das cascas; temperatura da extração; e a natureza do solvente (solução com vinagre ou álcool). Os grupos testavam esses fatores em casa e traziam as discussões para o laboratório. A limitação de material e estrutura física não possibilitava que os testes acontecessem no laboratório da escola, contudo a execução dessa parte do projeto em casa não prejudicou seu andamento.

A Figura 3(A) mostra a explicação do grupo que alterou

Para avaliar a qualidade da tinta, os alunos tiravam foto da escala de cores com a tinta ideal e, através dessa escala, comparavam se a tinta sustentável que eles desenvolveram tinha a mesma coloração da tinta ideal.

a superfície de contato. Como a casca de manguê vermelho não é seca, os alunos conseguiram quebrá-las em pedaços menores e depois bateram num liquidificador até se tornarem bem pequenas. Eles fizeram o teste usando as proporções de 410g/L e de 205 g/L de cascas. Com a quantidade de 410g/L, conseguiram extrair a tinta ideal em 1 dia e com a proporção de 205 g/L de cascas extraíram a tinta ideal em 2 dias.

O grupo que modificou a temperatura fez o teste de extração com água fervendo (aproximadamente 100 °C) por 3 horas. Ao usar uma proporção de 410 g/L de cascas, a tinta ficou mais concentrada que o ideal. Ao usar uma proporção de 205 g/L de cascas, a coloração da tinta ideal foi atingida em 3 horas.

Para os grupos que testaram a natureza do solvente, só foi usada a proporção de 410g/L de cascas. O primeiro grupo fez a extração utilizando uma solução alcoólica de 50% e observou que a tinta ideal foi extraída em 6 horas. O segundo grupo testou a extração com uma solução com 10% de vinagre comercial e constatou que a extração atingiu a coloração ideal em 5 horas.

Após a apresentação de todos os grupos, os alunos discutiram quais seriam as variáveis que seriam alteradas no processo de extração da tinta para torná-la mais sustentável. As primeiras rotas descartadas foram aquelas que alteraram a natureza do solvente. Os alunos pontuaram dois motivos para não usar essas rotas: 1) A inserção de um solvente deixaria a extração mais cara e geraria resíduos não naturais; 2) O uso de uma solução alcoólica podia ser perigoso visto que o tingimento ocorre ao lado das fogueiras de queima das painéis.

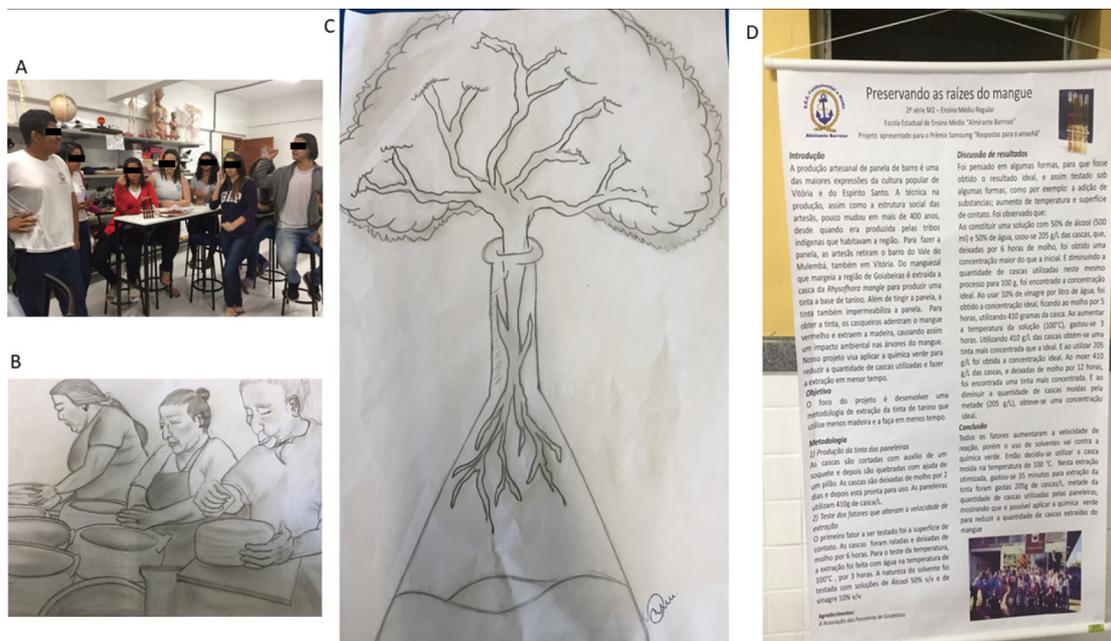


Figura 3: (A) Discussão sobre as variáveis que alteravam a velocidade e a eficiência de extração da tinta no laboratório da escola. (B) e (C) produção artística exposta na Feira de Ciências. (D) Banner explicativo do projeto científico exposto na Feira de Ciências.

Assim sendo, os alunos escolheram modificar superfície de contato e a temperatura para fazer a extração mais sustentável. Dessa forma, foi feito um teste no laboratório da escola modificando esses dois fatores concomitantemente. Utilizando uma proporção de 205 g/L de cascas (metade do que as paneleiras usam), em uma extração na temperatura de fervura da água, eles extraíram a tinta ideal em 30 minutos.

Para esquematizar o protótipo de um novo processo sustentável, os alunos deram a ideia de: providenciar um moedor mecânico simples para as paneleiras moerem as cascas de mangue-vermelho para aumentar a superfície de contato; e aproveitar o calor da queima das panelas para fazer a extração da tinta na temperatura de fervura da água. Ao seguir o processo sustentável desenvolvido pelos alunos, as paneleiras conseguiriam extrair a tinta em menos tempo e usando menos cascas de mangue-vermelho, tornando a extração da tinta ambientalmente e economicamente mais sustentável, pois a extração é mais rápida e utiliza menos matéria-prima que, por consequência, degrada menos o mangue e diminui os custos de produção.

Após resolver a questão motriz, os alunos tiveram de apresentar o projeto concluído para comunidade escolar. Eles escolheram como meios de divulgar o projeto: um *banner* científico explicativo, com os dados de todos os testes; um *stand* onde eles mostravam a extração ideal de tinta; um blog com informações sobre o projeto; e uma exposição artística sobre o projeto. Na Figura 2 (C) pode-se ver o *stand* com o processo sustentável de extração da tinta sendo mostrado ao público. Na Figura 3 (D) vê-se o *banner* produzido pelos alunos e na Figura 3 (B) e (C) vê-se os desenhos artísticos produzidos por 2 alunos. O desenho da Figura 3 (B), segundo seu autor, foi feito a partir de uma foto de sua avó com as amigas no galpão da APG, e o desenho da Figura 3(C), segundo o outro aluno autor, representa a química cuidando do meio ambiente.

O momento de preparação da apresentação dos artefatos propiciou uma reflexão sobre o projeto que culminou em uma roda de conversa avaliativa antes da apresentação oficial. Nessa roda de conversa, os alunos pontuaram que as atividades diferenciadas realizadas no projeto quinzenalmente deixavam as aulas de Química mais interessantes e mais próximas do cotidiano deles. Esse maior interesse se manifestou na avaliação somativa do projeto, resultando em uma melhora nas notas trimestrais dos alunos participantes. Os alunos também relataram que o projeto os empoderou e os fez pensar maneiras de transformar a realidade de outras comunidades. Esse empoderamento e essa vontade de mudar outras realidades mostrou que o projeto conseguiu desenvolver nos alunos responsabilidade socioambiental e a capacidade de resolver problemas. Outro

aprendizado muito pontuado pelos alunos foi a organização para trabalhar em grupo. Os alunos relataram também ter melhorado sua capacidade de colaboração e de escuta com os outros colegas.

De maneira geral, na prática aqui relatada, a metodologia de ABP, ao utilizar os problemas da comunidade como questão motriz de um projeto, foi capaz de promover uma educação de qualidade, voltada para sustentabilidade, como define o ODS 4 e, através dessa educação sustentável de qualidade, foi capaz de fortalecer e salvaguardar patrimônios culturais e naturais da cidade de Vitória, como requer o ODS 11. Além de ter trabalhado os conceitos de soluções e velocidade de reação de uma maneira contextualizada e instigante, o projeto ainda desenvolveu competências como criatividade, comunicação, capacidade de resolução de problemas e colaboração na execução de suas etapas.

Conclusão

O estudo trouxe um relato de prática docente de um projeto de aprendizagem realizado em uma Escola Estadual de Ensino Médio do bairro de Goiabeiras, em Vitória/ES, que atingiu os ODS 4 e 11 da ONU, que trata da educação de qualidade e da sustentabilidade das comunidades respectivamente. O projeto, realizado segundo o planejamento descrito por Bender (2014), tinha como questão motriz tornar a produção de panelas de barro em Goiabeiras mais sustentável. Para isso os alunos modificaram variáveis a fim de aumentar a velocidade e a eficiência de extração da tinta

de mangue-vermelho, atividade da cadeia de produção de panelas que causava degradação do mangue. Nas extrações de tinta modificadas pelos alunos, foram testados fatores como a superfície de contato, a temperatura de extração e a natureza do solvente. A tinta produzida pelas paneleiras usava 410 g/L de cascas de mangue-vermelho e demorava 3 dias para ser extraída. Os alunos desenvolveram uma rota de extração, utilizando cascas de maior superfície de contato a uma temperatura de aproximadamente 100°C, capaz de extrair a tinta ideal usando 205 g/L de cascas em 30 minutos. A diminuição do volume de cascas para extração da tinta diminuiu a degradação do mangue e os custos de produção da panela, deixando-a mais sustentável, tanto ambiental quanto economicamente. O projeto de aprendizagem, além de ter desenvolvido rotas mais verdes e sustentáveis para produção de panelas de barro, foi capaz de alinhar o currículo formal com a valorização de saberes e cultura local, e desenvolver nos alunos competências como criatividade, comunicação, colaboração, autonomia, responsabilidade socioambiental e capacidade de resolver problemas.

Ivina Langsdorff Santana (ivina.santana@edu.ufes.br), licenciada e mestre em Química, doutoranda em Química na área de Ensino de Química pela UFES, atualmente é professora da rede estadual de educação do Espírito Santo. Vitória, ES – BR. **Luciana Rodrigues do Nascimento** (luciana.rodrigues.65@edu.ufes.br), licenciada e mestre em Química, doutoranda em Química na área de Ensino de Química pela UFES, atualmente é professora da rede estadual de educação do Espírito Santo. Vitória, ES – BR. **Bruna Marine Damm** (bruna.damm@edu.ufes.br), licenciada em Química e mestranda em Química na área de Ensino de Química pela

UFES. Vitória, ES – BR. **Mayara Lobo de Oliveira** (mayloboo@gmail.com), licenciada em Química, mestre em Química na área de Ensino de Química pela UFES. Vitória, ES – BR. **Marcos Benedito José Geraldo de Freitas** (marcos.freitas@ufes.br), bacharel em química e doutor em química na área da físico-química pela UFSCAR, atualmente é professor da UFES. Vitória, ES – BR. **Paulo Rogério Garcez de Moura** (paulo.moura@ufes.br), licenciado em química e doutor em educação em Ciências pela UFRGS, atualmente é professor da UFES. Vitória, ES – BR.

Referências

BELLUZZO, L. C. B. Competência em informação (CoInfo) e midiática: inter-relação com a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) sob a ótica da educação contemporânea. *Revista de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 4, n. 1, p. 15-24, 2018.

BENDER, W. N. *Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI*. 1a. Ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

BRANCO, E. P.; ROYER, M. R. e BRANCO, A. B. G. A abordagem da educação ambiental nos PCNs, nas DCNs e na BNCC. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 29, n. 1, p.185-203, 2018.

BRANCO, A. F. V. C.; LINARD, Z. U. S. A. e SOUSA, A. C. B. Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Educação Ambiental. *Conexão Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2011.

BORLINI, M. C. e CARANASSIOS, A. Caracterização química, mineralógica e física da argila do Vale do Mulembá – ES utilizada na fabricação de painéis de barro. *Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM*. Rio de Janeiro: CETEM, 2007.

GOMES, M. F. e FERREIRA, L. J. Políticas públicas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *Direito e Desenvolvimento*, v. 9, n. 2, p.155-178, 2018.

HERNÁNDEZ, F. *Transgressão e mudança na escola: os projetos de trabalho*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>, acesso em mai. 2022.

MARTINS, V. J.; OZAKI, S. K.; RINALDI, C. e DO PRADO, E. W. A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPr) na construção de conceitos químicos na potabilidade da água.

Revista Prática Docente, v. 1, n. 1, p. 79-90, 2016.

MATOS, M. A metodologia de projetos, a aprendizagem significativa e a educação ambiental na escola. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v.2 n.1, p. 22-29, 2017.

PASQUALETTO, T. I.; VEIT, E. A. e ARAÚJO, I. S. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 17, p. 551-577, 2017.

PITANGA, A. F. Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas. *Revista Ensaio*, v. 18, n.3, p. 141-159, 2016.

RODRIGUES, M. G.; VIEIRA, T. B. S.; OLIVEIRA, M. L. G.; OLIVEIRA, R. E. G.; SOUZA, R. B. e SOUZA, P. S. A. Classificação, composição e superfícies dos colóides no cotidiano. *Scientia Naturalis*, v. 2, n. 1, p. 443-454, 2020.

SANTOS, K. M. S.; LIMA, L. M., A.; SANTOS, T. S. e PITANGA, A. F. Avaliando métricas em química verde de experimentos adaptados para a degradação do corante amarelo de tartrazina para aulas no ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 4, p. 411-417, 2021.

WUILLDA, A. C. J. S.; OLIVEIRA, C. A.; VICENTE, J. S.; GUERRA, A. C. O. e SILVA, F. F. M. Educação ambiental no ensino de química: reciclagem de caixas Tetra Pak® na construção de uma tabela periódica interativa. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 3, p. 268-276, 2017.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S. e MATHEUS, C. E. O Emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na Perspectiva CTSA. *Química Nova na Escola*, v. 31 n. 1, p. 3-8, 2009.

SOUZA, M. e CALOTI, V. A. As panelas de goiabeiras e a dinâmica da cultura do barro. *Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto*, v. 26, pág. 163-185, 2013.

Abstract: Project 'Preserving mangrove roots': project-based chemistry learning and focused on sustainable development. It is reported a teaching practice in which the contents of solutions and reaction speed were taught using project-based learning methodology, developing a sustainable process of production of clay pots in the neighborhood of Goiabeiras - Vitória/ES. For this, students from a public high school changed factors that influence the rate and efficiency of extracting of the paint used in the production of clay pot. They modified the contact surface of the extract, the nature of the solvent and the extraction temperature of the paint, creating a new process that uses fewer tree barks and takes less time, reducing the environmental impact caused by production of clay pots. In addition to sustainable process, the project also promoted a chemistry teaching aligned with local problems and culture; and developed soft skills such as creativity, communication, collaboration, social and environmental responsibility and the ability to solve problems.

Keywords: Project-based learning; Sustainability; Clay pot.



A publicação deste artigo foi patrocinada pelo Conselho Federal de Química (CFQ)