

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ABORDAGEM EM CTSA: ESTUDO DA POTENCIALIDADE EDUCACIONAL DE PROTÓTIPO FOTOVOLTAICO EM COMUNIDADE PESQUEIRA

ENVIRONMENTAL EDUCATION AND CTSA APPROACH: STUDY OF THE EDUCATIONAL POTENTIAL OF A PHOTOVOLTAIC PROTOTYPE IN A FISHING COMMUNITY

José Fernando Pereira Leal – Universidade do Estado do Pará | Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia | E-mail: jfpleal@uepa.br

Erick Elisson Hosana Ribeiro – Universidade do Estado do Pará | Departamento de Ciências Naturais | E-mail: erickelisson@hotmail.com

Fabianne Cristine Pinto da Costa – Universidade do Estado do Pará | Graduada em Ciências Naturais com Habilitação em Física | E-mail: fabiicosta55@gmail.com

Keise Monique Chagas da Costa – Universidade do Estado do Pará | Graduada em Ciências Naturais com Habilitação em Física | E-mail: keisemonikeo7@hotmail.com

Joás Murilo Nunes – Universidade do Estado do Pará | Graduado em Ciências Naturais com Habilitação em Física | E-mail: murilonunesuepa@gmail.com

Wesley Lins Pimentel – Universidade do Estado do Pará | Graduado em Ciências Naturais com Habilitação em Física | E-mail: wesleylinspimentel@gmail.com

Resumo

As matrizes energéticas renováveis têm se mostrado um excelente tema gerador para a contextualização do ensino de ciências. Assim, este estudo tem por objetivo analisar a construção de conceitos científicos associados às matrizes solar a partir de questões socioambientais e tecnológicas com enfoque em CTSA e em Educação Ambiental. A pesquisa é de abordagem qualitativa e foi desenvolvida a partir da realização de um roteiro de atividades pedagógicas incluindo a construção de um protótipo fotovoltaico de baixo custo, contando com a participação de estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola pública numa comunidade pesqueira do município de Vigia - PA. Os resultados indicam a construção dos principais conceitos científicos relacionados ao tema sob a perspectiva da inovação tecnológica e da preservação ambiental numa visão regional e crítica, observados através das unidades de registro dos estudantes. Portanto, as novas possibilidades tecnológicas associadas à educação ambiental são potencialmente interessantes na escolha de estratégias pedagógicas visando o ensino e a aprendizagem de estudantes levando em consideração o seu contexto de origem, como no caso destes da comunidade pesqueira.

Palavras-chaves: Energia Renovável. Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. Educação Ambiental.

Abstract

Renewable energy matrices have proved to be an excellent generating theme for the context of science education. Thus, this study aims to analyze the construction of scientific concepts associated with renewable matrices from socio-environmental and technological issues with a CTSA focus and in Environmental Education. The research is of a qualitative nature, and included a script of pedagogical activities including the construction of a low-cost photovoltaic prototype, with the participation of students from the 3rd year of high school in a public school in a fishing community in the municipality of Vigia-PA. The results indicate the construction of the main scientific concepts related to technological innovation and environmental preservation in a regional and critical view, recorded through the student registration units. Therefore, the new technological possibilities associated with environmental education are potentially interesting in the choice of pedagogical strategies aimed at teaching and learning students taking into account their context of origin, as in the case of the fishing community.

Keywords: Renewable energy. Science-Tecnology-Society-Environment. Environmental education.

1. INTRODUÇÃO

As preocupações sociais relacionadas a qualidade de vida da população perpassam por estudos e discussões sobre a preservação e a sustentabilidade ambiental (WROBEL, 2015), sobretudo frente aos novos desafios de demandas energéticas e os principais aspectos políticos, econômicos e tecnológicos (BENEVENUTO, 2016; QUINTANA, 2019).

O cenário mundial aponta para a necessidade de buscar novas formas de produção e captação de energia considerando a qualidade e a prestação desse serviço (BENEVENUTO, 2016). Nesse sentido, o Brasil se destaca como um país promissor por sua diversidade e abundância em matrizes energéticas, bem como em sua potencialidade de conversão, geração e transmissão (ZAGO, 2018). Para tal, buscam-se avanços tecnológicos capazes de explorar os recursos energéticos naturais de maneira sustentável, com possibilidades de substituir a matriz energética predominante no País. Desta forma, faz-se necessário pensar em outras formas de produção não agressivas ao meio ambiente e a população baseada em sua maioria nas usinas hidrelétricas e termelétricas (OLIVEIRA *et al.*, 2018; LOPES; TAQUES, 2016).

Num âmbito regional, observa-se que o estado do Pará tem um potencial consideravelmente relevante em relação ao desenvolvimento de projetos relacionados à obtenção de energia, sobretudo a partir da utilização de placas fotovoltaicas, por possuir condições climáticas favoráveis para o uso deste recurso (CRISTHINY, 2015). Este contexto social e tecnológico é amplamente favorável para estabelecer relações e discussões no ensino de ciências, principalmente no que diz respeito a interligar esses empreendimentos com o contexto social e educacional dos estudantes, além de promover a Educação Ambiental em todas as áreas do conhecimento científico (BRASIL, 2007).

Apesar disso, segundo Lima, Bispo e Alencar (2015), pouco se discute esta temática nas escolas e, como consequência, os estudantes se tornam alheios a uma grande possibilidade de discussões sobre educação ambiental, ciência e questões sociais (DO ROSÁRIO; DA SILVA; DO ROSÁRIO; 2018). Nesse contexto, segundo Caramello e Strieder (2012) *apud* LIMAJÚNIOR *et al.*, (2018, p. 235), é importante lembrar que o:

“ambiente escolar é um ponto chave para se formar cidadãos mais conscientes e conhecedores dos efeitos causados por fontes não renováveis de energia, pois é o lugar onde se tem mais encontros com conhecimentos estruturados”.

Por isso, uma das metas do ensino de ciências e sua prática pedagógica em sala de aula deve ser despertar nos estudantes atitudes sustentáveis que podem ser produzidas inclusive por circunstâncias de aprendizagem ativa, dentre outras, com o intuito de mobilizar no educando ações transformadoras locais, regionais e até mesmo globais, pautadas pelo pensamento crítico, seguindo o tripé da educação ambiental: sensibilizar, conscientizar e mobilizar os estudantes em suas ações transformadoras (ESPÍNULA *et al.*, 2012).

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é analisar o processo de construção de conceitos científicos associados às questões socioambientais numa abordagem em CTSA baseada em um roteiro de atividades pedagógicas realizadas com estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola pública localizada numa comunidade pesqueira da cidade de Vigia de Nazaré-PA, incluindo a construção de um protótipo de Painel Fotovoltaico (PFV) de baixo custo composto por diodos emissores de luz (LED) de alto brilho, a fim de promover a popularização da ciência e a Educação Ambiental.

2. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ABORDAGEM EM CTSA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Segundo o Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil (1988, p. 116), “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida [...]”. A partir desse pressuposto, é notório que a busca do meio ambiente equilibrado apresenta um interesse coletivo, além de discussões sobre a preservação e conservação que estão cada vez mais presentes em vários níveis da sociedade. Porém, para que tal objetivo seja alçado é necessária uma das ações deve ser promover a discussão da temática no ensino de ciências. Para isso, a Educação Ambiental e a abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), são fortes aliadas ao relacionar a educação com o meio ambiente.

A Educação Ambiental é atualmente um tema de fundamental relevância para a sociedade e tem sido objeto de discussão nas pesquisas em ensino de Ciências.

Dentro das escolas, o tema possui caráter não-disciplinar e ampla abrangência nos currículos, possuindo diversas concepções e vasta diversidade teórico-metodológica (HART, 2018 *apud* BRANDÃO *et al.*, 2019). Sendo assim, a Educação Ambiental pode configurar como uma preparação do cidadão à prática e exercício da cidadania. Para Gobara (*et al.*, 1992 *apud* BRUMATI, 2011, p.15), ela pode proporcionar “condições para que os indivíduos possam adquirir e produzir conhecimentos além de formar convicções que os auxiliem na discussão dos temas relevantes da sociedade”.

Neste sentido, percebe-se também um grande potencial para promover a popularização da ciência, assim como a inclusão tecnológica através da educação ambiental, tanto no ensino formal quanto nas iniciativas informais ou não formais. Segundo Wrobel (2015, p. 82), “é importante observar que a escola deve ser um espaço, com concepções pedagógicas para o desenvolvimento de uma ética ambiental, com implementação de atividades de conscientização”, logo a abordagem em Educação Ambiental no ensino de ciências deve ter como principal objetivo possibilitar a autonomia científica, social, política, e tecnológica tornando o indivíduo não apenas um mero usuário do meio ambiente em si, mas disseminador crítico dos benefícios e dos riscos da utilização deste, bem como de todas os seus produtos e inovações tecnológicas dele direta ou indiretamente resultantes.

Seguindo essa tendência, podemos fazer uma aproximação bastante profícua com as propostas de abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no intuito de articular conceitos e saberes que possam permitir maior reflexão acerca das interações entre estas áreas do conhecimento, discutindo questões epistemológicas que visem romper com a ideia de neutralidade da Ciência, além de promover interesse pelos conteúdos disciplinares envolvidos, contribuindo para a uma formação crítica no que se refere às relações entre CTSA, criando a capacidade de atuar e resolver problemas de ordem pessoal e social (MARCONDES *et al.*, 2009).

Neste viés, segundo Waks (1990, *apud* PALACIOS *et al.*, 2003, p. 145), o enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade na educação possibilita aos estudantes avaliar, analisar, criar hipóteses e chegar a conclusões sobre problemáticas vinculadas aos conhecimentos científicos aplicáveis tanto à tecnologia, e diretamente ligadas ao contexto social local. Em consonância a esta ideia, Lima (2017, p. 31), diz que “a abordagem CTSA nos currículos escolares, principalmente no ensino de

Ciências, têm se tornado extremamente importante, pois permite o desenvolvimento de uma alfabetização crítica que emerge do próprio contexto social do indivíduo”.

Seguindo essa perspectiva, a abordagem CTSA possibilita uma articulação interessante com a ideia de temas geradores, tal como defendida por Freire (2009); temas tecnológicos citados por Snyders (1998 *apud* DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002), e a problemática da produção, distribuição e consumo da energia proposta por Delizoicov e Angotti (1992), os quais, com suas respectivas especificidades, fundamentam o tema e a proposta deste estudo: A construção de um protótipo de sistemas fotovoltaicos de baixo custo para geração de energia elétrica numa atividade pedagógica de ensino de ciências sob a perspectiva da Educação ambiental e a abordagem CTSA. Trata-se, portanto, de uma discussão atual e relevante que utiliza a proposta de atividades práticas para a construção do conhecimento científico e conceitual não somente numa abordagem específica, mas também interdisciplinar, voltada ao cotidiano dos estudantes.

Ademais, o presente trabalho adotou a concepção de aprendizagem significativa a partir da Teoria da Aprendizagem de David Ausubel associando esta às abordagens em EA e CTSA. Em suma, a partir da proposta de Ausubel, o papel do educador é promover uma aprendizagem significativa levando em consideração o conhecimento prévio do estudante, pois “o fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados” (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p. 85).

Logo, a aprendizagem significativa visa ampliar as ideias existentes na estrutura cognitiva através dos subsunçores, possibilitando relacionar, e, de certa forma, desenvolver novos conceitos. Assim, a formação dos subsunçores na estrutura cognitiva não restringe os conhecimentos apreendidos pelos estudantes, pelo contrário, os potencializam e os direcionam a novas experiências no processo de ensino e de aprendizagem (MOREIRA, 2006).

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA E OBSERVAÇÕES INICIAIS

A pesquisa pode ser caracterizada como qualitativa e exploratória, pois essas pesquisas, em geral, são essenciais para descobrir alternativas, identificar acontecimentos ou encontrar novas convicções (ZIKMUND, 2000). A mesma, teve a

duração de quatro semanas, e contou com a participação de 12 estudantes de quatro turmas do 3º ano do ensino médio matutino da Escola Estadual “Bertoldo Nunes”, localizada no município de Vigia de Nazaré, no Estado do Pará, uma comunidade pesqueira, assim a temática abordada neste estudo tem relação direta com o cotidiano dos alunos. Para isso, foi planejada uma oficina teórica e experimental, segundo os pressupostos de enfoque em CTSA com elementos da Educação Ambiental (EA), trabalhados em sala de aula, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Roteiro da atividade pedagógica. (Continua)

ROTEIRO DA ATIVIDADE PEDAGÓGICA		
ETAPA	DESCRIÇÃO	PRESSUPOSTOS EM CTSA E EA
1	Aplicação do primeiro questionário	Obter os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as tecnologias geradoras de energia elétrica, seus impactos ambientais e suas consequências econômicas e sociais.
2	Aula teórica e momento de discussão	Problematização de temática sobre matrizes geradoras de energia elétrica com contextualização voltada para matrizes limpas e renováveis com a perspectiva da educação ambiental.
3	Atividade prática da oficina	Colocar em prática a construção de protótipo fotovoltaico composto por diodos emissores de luz capaz de converter de forma simples a energia solar em energia elétrica, ressaltando a discussão da educação ambiental e as prováveis implicações deste conhecimento aplicado na sociedade, a partir da perspectiva em CTSA
4	Aplicação do segundo questionário	Avaliação qualitativa da Oficina, buscando elementos que sobretudo possam evidenciar a construção de conceitos científicos associados a questões socioambientais.

Fonte: Autores (2019).

A atividade teve como primeira etapa a aplicação de um questionário inicial de sondagem com perguntas abertas com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as tecnologias geradoras de energia elétrica, seus impactos ambientais e suas consequências econômicas e sociais. Nessa etapa, cada estudante relatou livremente a sua opinião sobre as questões ambientais vinculadas ao uso da tecnologia.

Posteriormente, na segunda etapa, apresentou-se uma breve abordagem teórica sobre Energia Renovável com ênfase à captação e à transformação de energia solar em energia elétrica por meio de sistema fotovoltaico a ser desenvolvido pelos estudantes. As discussões ocorreram por meio de aula dialogada com exposições na seguinte sequência: 1) formas alternativas de produção de energia elétrica; 2) conceitos de fontes não renováveis, com ênfase para alguns exemplos de combustíveis fósseis como o petróleo, gás natural e carvão mineral, e exemplos de

energia nuclear como o urânio; 3) conceitos de fontes renováveis, com destaque para o recurso hídrico, eólico, solar fotovoltaico e térmico; 4) dados sobre a matriz energética mundial e nacional; 5) sistema fotovoltaico e seus componentes; 6) processo de conversão de energia solar em elétrica; 7) sistema fotovoltaico com diodos emissores de luz (do inglês, *Light Emitting Diode* – LED); 8) aplicações do LED na sociedade; 9) projetos envolvendo o uso de energia solar fotovoltaica em barcos; e 10) impactos ambientais causados pelo petróleo e seus derivados. Para ampliar a discussão, foram utilizados três vídeos de curta duração e de caráter informativo abordando o referido tema gerador.

Segundo Alberguini (2015) a utilização de experimentos construídos em oficinas, desafia e estimula os discentes por meio do diálogo e do questionamento, além de proporcionar a observação crítica dos fenômenos envolvidos. Sendo assim, na terceira etapa, foram iniciadas as atividades da oficina com a divisão dos estudantes em duplas que, posteriormente, foram distribuídas em duas bancadas dispostas na sala de aula da própria turma. Em seguida, foram apresentados os materiais a serem utilizados na oficina, bem como suas funcionalidades, para que cada estudante tivesse a oportunidade de conhecer e de gerar suas próprias indagações acerca da exiguidade da atividade. Na construção de cada protótipo do sistema fotovoltaico utilizaram-se os seguintes materiais: seis LED's vermelhos de 1,5 V, fios de cobre com 30 cm de comprimento, um capacitor 10 micro Faraday por 50 V, uma calculadora portátil e materiais auxiliares, como tesouras, ferro de soldar, estiletes e papelão (reutilizáveis).

Cada bancada teve um dos pesquisadores, que abordou de forma direta e sucinta o funcionamento do LED, mostrando que o mesmo era capaz de realizar o processo semelhante de uma célula fotovoltaica convencional, porém com um custo muito mais barato, ainda que de menor eficiência. O objetivo desta etapa era estabelecer um alicerce teórico para a assimilação da transformação direta da energia de fonte renovável.

Após a abordagem inicial, foi desenvolvida a etapa de construção dialogada do protótipo de sistema fotovoltaico com LED's. O processo foi dividido em quatro fases, de modo que em cada fase de execução foram discutidas as teorias científicas associadas às atividades práticas, conforme mostra o quadro 2.

Quadro 2 – Processo de construção do sistema fotovoltaico com LED's.

FASES DE CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO		
Primeira fase	Corte do papelão e acoplagem dos LED's	Conceitos da capacidade transdutora de transformar energia solar em elétrica, bem semelhante ao processo de transformação realizado pela célula fotovoltaica convencional
Segunda fase	Soldagem dos terminais positivos e negativos dos LED's	Conceitos de associação de resistores em paralelo e em série, bem como as suas propriedades físicas: corrente, tensão, energia e potência elétrica
Terceira fase	Soldagem dos fios e do capacitor	Análise das propriedades físicas de fios condutores de eletricidade e de armazenamento de cargas elétricas em capacitores
Quarta fase	Ligação nos terminais positivos e negativos da calculadora e teste de funcionamento do sistema	Comprovação da conversão da radiação eletromagnética solar em energia elétrica.

Fonte: Autores (2019).

Na primeira fase, os estudantes foram orientados a cortar o papelão em placas retangulares de dimensões 6x5cm, e em seguida, utilizando uma tesoura, proceder a perfuração dos pontos onde seriam acoplados os seis LED's de alto brilho, dispostos em duas colunas (figura 1). Durante esta etapa, foram abordados os conhecimentos científicos sobre a estrutura, o funcionamento e as aplicações do LED's, enfatizando sua capacidade transdutora de transformar energia solar em elétrica, bem semelhante ao processo de transformação realizado pela célula fotovoltaica convencional, e, estabelecendo um alicerce prático à construção dos conceitos científicos e sua relação com a fonte renovável de energia.

Na segunda fase foi dado início à montagem do circuito elétrico do protótipo e para isso foi apresentada aos alunos a questão problema: “Qual a melhor maneira de se associar os terminais positivos e negativos dos LED's de tal modo que o brilho resultante da associação fossem o mais intenso possível?” A partir desta problematização e das hipóteses iniciais, foram lembrados os conceitos de associação de resistores em paralelo e em série, bem como as suas propriedades físicas: corrente, tensão, energia e potência elétrica. Após as discussões, análises práticas das associações e contextualizações dos princípios físicos envolvidos nessa fase, os estudantes concluíram que a associação de LED's em paralelo gerou o melhor brilho entre as associações. Por conseguinte, foram apresentadas as orientações

técnicas e de segurança para o manuseio do ferro de solda e a liga metálica utilizada para o ponto de solda entre os terminais. Isso motivou parte dos estudantes a resgatarem outros conceitos científicos correlacionados à temática geradora, como a mudança do estado físico da matéria e sua relação com a temperatura do ponto de fusão e ebulição. Por fim, cada estudante foi orientado adequadamente quanto ao processo de soldagem dos terminais positivos e negativos dos LED's.

Na terceira fase, os pesquisadores ensinaram os estudantes a soldar os fios elétricos e o capacitor nos terminais positivo e negativo do protótipo de painel solar. Posteriormente, os estudantes replicaram as ações nos seus protótipos de painel solar. Esse cenário foi propício à análise das propriedades físicas de fios condutores de eletricidade e de armazenamento de cargas elétricas em capacitores. Em consequência dessa abordagem, os estudantes propuseram outras indagações como as propriedades isolantes do revestimento dos fios condutores e suas aplicações na eletrônica, e a utilização do capacitor como um regulador de corrente, tensão, energia e potência elétrica em sistemas eletrônicos.

Na quarta fase, os estudantes soldaram os terminais do protótipo de painel fotovoltaico aos terminais elétricos de uma calculadora, sem pilhas ou baterias, para teste de funcionalidade do sistema fotovoltaico (Figura 1).

Figura 1 – Terminais elétricos da calculadora ligados ao painel LED's.



Fonte: Autores (2019)

Observaram em seguida, após o sistema painel-calculadora ficar exposto aos raios solares, os estudantes perceberam que os dígitos numéricos da calculadora se tornaram visíveis. Este resultado indicou que o processo de conversão de energia solar em energia elétrica ocorreu e a energia elétrica produzida foi suficiente para ligar e manter ligada a calculadora, enquanto o painel ficou exposto aos raios solares. Porém, os estudantes perceberam que houve uma relação de causa e efeito entre o

tempo de exposição da placa fotovoltaica de LED's ao sol, com a quantidade de energia elétrica convertida dos fótons para alimentar a calculadora. Eles sugeriram que nos horários próximos às 12 horas, concentrou-se a maior quantidade e intensidade de espectros eletromagnéticos da luz solar visível; e, por sua vez observaram que por volta das 8 e 18 horas, houve um grande desvio dos espectros eletromagnéticos mais energéticos na camada atmosfera, dificultando a eficiência do painel fotovoltaico.

Nesse processo, algumas dúvidas surgiram sobre a eficiência do painel fotovoltaico, e para fins didáticos e de comparação, foi proposto um outro sistema fotovoltaico formado pelo painel, uma bateria de celular funcional totalmente descarregada e seu aparelho de celular, com a finalidade de evidenciar com maior clareza o processo de transformação de energia (Figura 2).

Figura 2 – Painel de LED's ligado aos terminais elétricos da bateria de celular.



Fonte: Autores (2019).

Antes de conectar os terminais do painel aos terminais elétricos da bateria, foi realizado o teste de comprovação de descarga total da bateria, apenas acoplando-a ao seu celular e, em seguida, pressionando o botão “ligar”. Neste caso, não houve indicativo visual ou sonoro que comprovasse a inicialização do seu sistema operacional do celular, atestando a descarga elétrica total ou carga elétrica insuficiente na bateria. A partir de então, foram conectados os terminais do painel fotovoltaico aos terminais elétricos da bateria, e o painel foi exposto aos raios solares por 20 minutos. Após o tempo de exposição, a bateria foi desconectada totalmente do painel, e realocada no celular, e foi pressionado o botão para a inicialização do sistema operacional do celular. Os estudantes atentaram que o sistema operacional do celular iniciou comprovando a eficiência do painel fotovoltaico, mas desligou após alguns segundos devido não possuir energia suficiente na bateria. Portanto, foi

possível concluir que o protótipo do sistema fotovoltaico é funcional, E, por esse motivo, a calculadora e a bateria do celular operou através de fonte de energia solar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos ao longo da pesquisa foi realizada por meio da triangulação entre os registros das respostas dos estudantes nos questionários de sondagem inicial (S_I) e final (S_F), pelas observações dos pesquisadores e pelos diálogos informais com cada participante da oficina. As respostas dos alunos foram indexadas a partir de siglas A_1 a A_{12} , com o intuito de preservar a identidade de cada estudante. Foram selecionadas as respostas consideradas mais relevantes para cada questão abordada. Por fim, cada questionário de sondagem trouxe oito perguntas relacionadas à temática do trabalho (Q_1 a Q_8), exceto ao questionário S_I o qual apresenta apenas sete perguntas. Com base nessas definições, as unidades de registro de fala dos estudantes são identificadas unindo as siglas estabelecidas, logo o termo $A_1Q_1S_I$ indica a resposta do Aluno 1 em relação a Questão 1 do Questionário de Sondagem Inicial e assim por diante.

Na pergunta Q_1 “O que você compreende sobre produção de energia limpa?”, buscou-se registrar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a captação e transmissão de certas modalidades de energia não prejudiciais ao meio ambiente. As principais respostas estão registradas abaixo:

$A_1Q_1S_I$: Energia limpa é aquela que não polui, não faz mal para o meio ambiente.

$A_3Q_1S_I$: Produção de energia limpa consiste no uso de energia em que o meio não é afetado negativamente, não é prejudicado de nenhuma forma.

$A_{10}Q_1S_I$: É um sistema que gera energia de uma forma diferente, aproveitando o que o meio ambiente tem a oferecer, como a luz do sol.

$A_{12}Q_1S_I$: Não posso opinar.

As respostas acima demonstram que alguns alunos possuíam conhecimentos prévios sobre energia limpa e seu principal benefício ao meio ambiente, entretanto estes não se fundamentam em questões técnicas ou conceitos científicos relacionados, nem apresentam de forma direta pressupostos da educação ambiental e/ou o enfoque em CTSA em seus discursos. Também é possível observar que alguns estudantes não possuíam informações suficientes ou não foram capazes de articular uma resposta para a pergunta. Essa constatação foi de fundamental importância para

orientar a forma de abordagem durante a oficina no intuito de partir das concepções iniciais dos estudantes para ancorar novos conceitos e ideias, reordenando e induzindo a assimilação destes na estrutura cognitiva dos estudantes a partir das abordagens em Educação Ambiental e CTSA, gerando, posteriormente, a aprendizagem.

Após a realização da oficina, o questionário final foi aplicado e a primeira questão dizia respeito a “o que você compreende sobre produção de energia limpa?”. Tal pergunta tinha por objetivo mobilizar os mesmos saberes e ainda verificar possíveis relações das respostas com pressupostos da Educação Ambiental e da abordagem CTSA propostas na oficina. De forma geral, esta mesma técnica foi utilizada para as demais questões como veremos adiante. Assim, as principais unidades de registro podem ser vistas abaixo:

A₁Q₁S_F: Eu entendo que produção de energia limpa, é a energia que não utiliza substâncias que poluem o meio ambiente.

A₃Q₁S_F: Seria um processo no qual não liberaria gases poluentes e nem resíduos que pudesse causar problemas para o meio ambiente, garantindo sua proteção, assim como o da população.

A₁₀Q₁S_F: É toda fonte de energia que se usa de meios renováveis que não causam danos nocivos ao meio ambiente e aos ecossistemas.

A₁₂Q₁S_F: Energias limpas referem-se a fontes que são renováveis e que não lançam poluentes na atmosfera e no meio ambiente.

Com base na análise comparativa e qualitativa dos registros, pode-se observar aspectos da evolução conceitual das respostas que ocorrem, algumas em maior intensidade, e em outros casos com menor intensidade. No caso do estudante A₁ pode-se observar que se antes ele não soube definir as possíveis causas dos impactos ambientais provocadas no processo de geração de energia limpa no meio ambiente (A₁Q₁S_I), na resposta A₁Q₁S_F, há evidências de que o estudante manteve a correlação entre Energia, Poluição e Meio Ambiente, porém reorganiza e reelabora a ideia indicando que a poluição pode ocorrer através de substâncias, o que indica a construção de novos conceitos científicos associados ao tema. De forma semelhante, a resposta do estudante A₃, que inicialmente já considerava a importância da relação energia limpa e meio ambiente, apresenta uma reelaboração do seu conhecimento disciplinar que inclui na resposta A₃Q₁S_F os elementos que podem causar problemas: Os gases poluentes e os resíduos materiais. Além disso, sua resposta inclui o pressuposto de que a preservação ambiental tem por objetivo não somente a

proteção do próprio meio, como também da própria população, como propõe a Educação Ambiental e a abordagem CTSA.

O estudante A₁₀ por sua vez relacionava o termo energia limpa apenas como aquilo que o meio ambiente pode oferecer (A₁₀Q₁S₁), porém após a participação na oficina percebeu também a importância desta como uma “fonte renovável” que não causa danos ao meio ambiente e aos ecossistemas, numa referência aos pressupostos da Educação Ambiental. Por fim, o estudante A₁₂ que inicialmente alegou não poder opinar, no registro do questionário final apresentou o conceito de “Energia Limpa” como fontes renováveis que não lançam poluentes na atmosfera e no meio ambiente, evidenciando não somente a construção de conceitos científicos e disciplinares como também da articulação destes com a os pressupostos da Educação Ambiental.

De acordo com Pozo e Crespo (2009), utilizar uma linguagem adequada, fazer uma organização interna do conteúdo levando em consideração os conhecimentos prévios que os alunos possuem e associar esses conhecimentos à situações que façam sentido para os mesmos são fatores facilitadores da aprendizagem e tais elementos podem ser observados a partir da realização da oficina. Além disso, observa-se uma mudança significativa no conhecimento do estudante A₁₂, o qual após a oficina consegue formalizar o conceito de energia limpa associando-os a sua resposta com a questão ambiental (A₁₂Q₁S_F). Isso está de acordo com a ideia de que “A Educação Ambiental deve surgir como agente formador da cidadania ecológica, com senso crítico e fazendo parte de uma educação política” como afirma Wrobel (2015, p.81).

A pergunta Q₂ do questionário inicial era: “Você já ouviu falar sobre formas de energias renováveis e não renováveis? Quais?”. Algumas respostas consideradas mais pertinentes à discussão são apresentadas abaixo:

A₂Q₂S₁: Sim, renovável são energias solar e eólica, que nunca podem se esgotar. Não renovável é a de origem das hidrelétricas, pois os rios e mares a qualquer momento podem secar.

A₁₂Q₂S₁: Energia solar e Energia elétrica.

O aluno A₂ afirma positivamente e além de dar exemplos, tenta elaborar o conceito de energia renovável e não-renovável a partir da ideia associada à possibilidade de esgotar ou não as fontes. Entretanto, percebe-se que o conceito

sobre energias não renováveis está distorcido, pois ele relaciona-o como tendo origem nas usinas hidrelétricas. O aluno A_{12} nesse momento se detém apenas a citar aquelas que em sua opinião se enquadram nas categorias questionadas, apresentando uma matriz e uma modalidade de energia sem relacioná-las diretamente com as energias renovável e não renovável. Levando em consideração as discrepâncias entre as respostas dos estudantes, podemos ressaltar que o conceito de energia, ainda que seja um dos usados na física, é considerado de alta complexidade como também afirmam Barbosa e Borges (2006, p. 184), pois devido sua natureza interdisciplinar, acaba sendo abordada de diferentes maneiras que nem sempre se articulam, desfavorecendo a unificação dos sentidos comuns e aumentando o grau de abstração em torno do conceito.

Após a realização da oficina e a aplicação do questionário final, os alunos A_2 e A_{12} respondem à pergunta semelhante da seguinte forma:

$A_2Q_2S_F$: As renováveis são aquelas que nunca vão se esgotar e as não renováveis são aquelas que vão se esgotar, como o petróleo.

$A_{12}Q_2S_F$: A diferença é que uma se renova e a outra não. As não renováveis são: carvão mineral, petróleo, gasolina... As renováveis são: energia solar, eólica, hídrica, biomassa.

Nesse caso, é possível perceber que houve a reconstrução de conceitos e a elaboração de novas ideias associadas aos temas discutidos na oficina, como no caso do estudante A_2 que reconstrói o seu conceito inicial de estabilidade e dessa vez exemplifica de forma correta o caso do Petróleo, destacando que essa matriz energética é esgotável. Já o aluno A_{12} desta vez apresenta uma elaboração do conceito de energia renovável ou não e amplia o número de exemplos de cada categoria, evidenciando a construção de novos conhecimentos disciplinares.

A questão Q_3 da sondagem inicial estava relacionada ao conhecimento científico e tecnológico prévio dos estudantes: “Você já ouviu falar sobre o ‘LED’? Quais as suas possíveis aplicações e produtos?”. Esta pergunta foi essencial para o planejamento e organização do conhecimento que foram discutidos durante as abordagens conceituais sobre materiais semicondutores e o LED com suas aplicabilidades no cotidiano, dando ênfase a aquelas ligadas as práticas da oficina. Para esta questão, algumas das respostas dos estudantes foram:

$A_2Q_3S_i$: Não tenho conhecimento pelo produto.

$A_3Q_3S_i$: Já ouvi falar sim, mas não sei dizer onde pode ser aplicado.

$A_4Q_3S_i$: Não sei.

Com a análise dos registros, de forma geral constata-se que a maioria dos alunos consegue comentar sobre a utilização do LED, com exceção de três alunos que manifestam o desconhecimento total sobre o dispositivo eletrônico e suas aplicações. Foi bastante recorrente a resposta como a do Aluno A₃, que afirmou ter conhecimento, mas desconhecer sua aplicação.

Após a abordagem teórica e prática com a utilização dos LED's na construção do sistema fotovoltaico de baixo custo durante a oficina, os estudantes responderam uma pergunta equivalente com o intuito de mobilizar os saberes a serem investigados e identificar ou não a construção de novos conceitos. As novas respostas dos estudantes podem ser vistas a seguir:

A₂Q₃S_F: Sim, em semáforos, lâmpadas de teto, decorações de natal e etc.

A₃Q₃S_F: Sim, duas possíveis aplicações podem ser em iluminação e sinalização em produtos como lâmpadas e semáforos.

A₄Q₃S_F: Já, pode ser muito útil para muitas coisas nos dias atuais assim como na economia de energia, através de lâmpadas.

De forma geral, os estudantes passaram a conhecer a tecnologia e reconhecer a sua aplicação em diferentes situações cotidianas, como no caso dos registros dos estudantes A₂ e A₃. Destaca-se a resposta do aluno A₄, uma vez que ele inicialmente afirmara não ter conhecimento algum sobre os LED's, e agora reconhece a utilidade da tecnologia do LED, enfatizando a relação entre eficiência energética e economia de energia, numa abordagem que articula conceitos da relação Ciência, Tecnologia e Sociedade. Neste cenário, pode-se perceber que os experimentos investigativos, ou atividades práticas investigativas, como no caso desta oficina, são alternativas para o ensino de física, pois nelas se “[...] estimula, ao máximo, a interatividade intelectual, física e social, contribuindo, sobremaneira, para a formação de conceitos” como afirma Bassoli (2014, p. 583).

Com base na pergunta Q₄ do questionário inicial “Como você acha que ocorre a produção de energia em um painel solar ou painel fotovoltaico?” A partir daí, buscou-se identificar os elementos conceituais preexistentes na estrutura cognitiva envolvendo a produção de energia elétrica através de painéis solares ou fotovoltaicos e, ao mesmo tempo, tentar identificar se esses conhecimentos são de alguma forma articulados com o enfoque CTSA. Essa questão, relaciona-se com a parte teórica da oficina, uma vez que apresenta todas as etapas metodológicas e as

teorias relacionadas a construção do protótipo fotovoltaico com placa de LED's. No primeiro momento, a maior parte dos estudantes afirma ter pouco ou nenhum conhecimento a respeito da temática, como indicado nas respostas dos alunos A₃, A₅ e A₇:

A₃Q₄S₁: Não sei.

A₅Q₄S₁: Não sei.

A₇Q₄S₁: Não sei como ocorre a produção.

Entretanto, com a realização da oficina, foi possível observar indícios da construção de novos conceitos e conhecimentos internalizados, organizados e ampliados na estrutura cognitiva de cada estudante de modo coerente com os princípios científicos e suas relações CTSA, como pode-se ver a seguir:

A₃Q₄S_F: No painel solar se encontra as células fotovoltaicas de silício, chamadas de semicondutores, no qual a radiação solar reage com estes e converte essa radiação em energia elétrica.

A₅Q₄S_F: A produção de energia em um painel solar ocorre pela energia que vem do sol, e essa energia é transmitida pelo painel solar fotovoltaico que transmite a energia toda para a casa e a energia que não for consumida durante o dia, é transmitida para a rede de energia.

A₇Q₄S_F: As placas fotovoltaicas são compostas de células solares e quando a luz do sol colide com esse material provoca um deslocamento de elétrons presentes nas placas, carregadas positivas e negativamente, garantindo assim a eletricidade.

Ao analisar o novo conhecimento construído, verifica-se que nesse momento a maior parte deles se refere ao conhecimento científico, voltado à estrutura e funcionamento do painel fotovoltaico, indicando uma aprendizagem significativa pelos argumentos expostos não serem arbitrários, mantendo uma relação lógica e explícita entre a nova ideia e outras já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Isso se evidencia nas respostas dos alunos A₃ e A₇ nas quais se apropriam de novos termos e conceitos específicos para explicar o funcionamento das placas fotovoltaicas.

Nesse sentido, o estudante A₃ apresenta a estrutura do painel como sendo composto por células, identifica o material destas como sendo o silício, caracterizando-as como semicondutores, e por fim cita o processo de transformação da radiação solar em energia elétrica. O aluno A₅ não demonstra a mesma argumentação científica na produção textual, mesmo assim, registra coerentemente a relação intrínseca entre a ciência, tecnologia e sociedade quando escreve sobre a conversão de energia solar em elétrica e o uso da energia elétrica fotovoltaica em

residências e, seu excedente, transmitido a rede de distribuição de energia elétrica, estabelecendo uma relação com o benefício dessa tecnologia para a sociedade. Por último, o estudante A_7 também apresenta uma elaboração mais científica e aprofunda a explicação ao abordar de forma básica o efeito fotoelétrico que produz o deslocamento dos elétrons nas placas e a corrente elétrica resultante.

Na pergunta Q_5 do questionário de sondagem, “O que você acha sobre a ideia de implantar um sistema fotovoltaico em um barco de pesca?” buscou-se mobilizar uma possível articulação entre conhecimento abordado sob o enfoque CTSA com o contexto de vivência da comunidade dos estudantes. Com isso, duas respostas ganharam destaque pelo fato de que os estudantes possuem familiares que atuam no ramo da pesca comercial no município de Vigia de Nazaré-PA, favorecendo uma possível identificação dos conceitos investigados a partir dos pressupostos definidos no estudo. As unidades de registros podem ser vistas a seguir:

$A_{10}Q_5S_i$: “Acho muito boa, iria gerar energia suficiente, e teria menos poluição e menos desperdício”.

$A_{11}Q_5S_i$: “Não sei explicar não sei muito sobre este assunto, mas acho que seria bom se essa for uma fonte segura para gerar energia sem custos”.

Nesse questionamento, observa-se que apenas o aluno A_{10} estabeleceu uma relação da questão energética com a questão ambiental, citando a poluição possivelmente associada aos gases derivados da queima do combustível e ao desperdício gerado pelo processo de baixa eficiência da conversão de energia. Já o aluno A_{11} apresenta como principal motivação a questão econômica e consequentemente social, em relação ao custo-benefício com relação à implantação de sistema fotovoltaico.

Por outro lado, após a participação na oficina, o aluno A_{10} relaciona sua resposta à preservação das espécies do meio ambiente, enquanto o aluno A_{11} associa a temática ao custo e ao meio ambiente (ver, A_{10} e $A_{11}Q_5S_f$).

$A_{10}Q_5S_f$:A ideia é muito interessante, pois obtém um enorme avanço, na questão da poluição dos mares no uso de óleo, e as placas seriam uma boa solução para o problema da morte de certas espécies.

$A_{11}Q_5S_f$:Acho muito interessante, já que ajudaria e melhoraria tanto no custo quanto para a preservação do mar e poluiria menos.

A partir dessas respostas, têm-se indicativos de discussões potencialmente integradas ao enfoque CTSA, pois para ambos os alunos haveria um benefício reconhecido do uso da tecnologia para a preservação do meio ambiente e a

exploração econômica sustentável dos recursos naturais, fatos que mostram a relevância da elaboração de estratégias metodológicas para o ensino de ciências que sejam capazes de abordar e promover problemáticas contextualizadas, considerando fatores sociais e econômicos, e não somente estudos sobre a ciência e a tecnologia em torno da implantação de um sistema fotovoltaico.

Na pergunta Q₆, “Você acha que os gases do efeito estufa e a poluição dos mares são prejudiciais ao ecossistema marinho? Por quê?”, o questionamento inicial é elaborado com o intuito de se investigar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a temática relacionada a poluição ambiental, principalmente ao uso de óleo diesel nas embarcações pesqueiras do município de Vigia de Nazaré-PA, e, como isso poderia se interligar com as energias renováveis. Por meio desta pergunta, obteve-se as seguintes respostas:

A₁₀Q₆S₁: Sim, porque como sacolas plásticas e outros produtos como óleos prejudicam muito os ecossistemas marinhos e ajudam a aumentar gases do efeito estufa, que são nocivos ao meio ambiente.

A₁₂Q₆S₁: Sim, mas não posso opinar a justificativa.

Nas unidades de registro, o aluno A₁₀ produz um texto argumentativo coerente com os conceitos gerais de poluição ambiental, dando como exemplo a nocividade de produtos pouco ou não-biodegradáveis ao ecossistema marinho e, a partir desses, a produção de gases poluentes que podem contribuir com o aumento da temperatura global (Efeito Estufa). O estudante A₁₂, por sua vez, afirma positivamente reconhecendo a influência destes fatores, porém não desenvolve a justificativa para isso, um fato bastante comum entre os estudantes que possuem um determinado tipo de informação, porém nem sempre com a devida fundamentação.

Posteriormente às atividades da oficina, os estudantes foram novamente entrevistados com questões semelhantes para que fosse possível investigar os aspectos da reconstrução de conceitos promovidas pela estratégia de ensino. Os novos registros são mostrados a seguir:

A₁₀Q₆S_F: Sim, pois assim ajudam a proliferar a poluição e assim causam a morte de vários animais marinhos, como o uso de óleo diesel em barcos, além da queima, pode ocorrer vazamentos e assim causar tal situação.

A₁₂Q₆S_F: Sim, porque com a poluição dos mares leva a morte de muitos animais e prejudicam também o próprio meio ambiente com o lixo nos lagos e mares [...].

Nesse segundo momento, o texto do aluno A₁₀ é reestruturado, tornando seus argumentos mais específicos, revelando que essa reconstrução conceitual em sua estrutura cognitiva pode estar associada a percepção dessa problemática na prática do ofício de pesca de sua cidade, uma vez que insere aspectos contextualizados de preservação ambiental em sua resposta. Por outro lado, o aluno A₁₂, que antes não justificou sua resposta no questionário inicial, desta vez, consegue justificar apropriadamente a indagação articulando os saberes disciplinares com pressupostos da Educação Ambiental voltados a preservação do meio ambiente.

A importância de contextualizar o tema energias renováveis através da problemática inserida em um contexto local do município, fica mais evidente por meio da pergunta Q₇, “O que você acha que deve ser feito para garantir a preservação dos rios e das espécies?”. Nessa questão, buscou-se verificar possíveis articulações com elementos da Educação Ambiental, sobretudo no aspecto da conscientização e mobilização dos estudantes. As principais respostas foram:

A₃Q₇S_i: Não descartar lixo nos rios, ter consciência na hora de jogar algo na rua, pois as chuvas podem levar todo esse lixo pro rio, ou seja, jogar lixo em seu devido lugar. As hidrelétricas poderiam produzir uma energia limpa para não acarretar danos para os rios e seus animais marinhos.

A₇Q₇S_i: É necessários programas de conscientização e combate contra a poluição nos rios e mares, além de utilização das mídias para vincular as informações sobre o assunto e uma ratificação dos fundamentos das leis ambientais.

Nos registros acima, pode-se notar algumas que respostas demonstram um grau de sensibilização e conscientização dos estudantes, como no caso do aluno A₃ que constrói seu texto pontuando as principais ações a serem tomadas para se ter atitudes proativas e práticas de preservação ambiental como o descarte adequado do lixo, e a questão ambiental que envolve a construção e o funcionamento de usinas hidrelétricas, embora não haja uma contextualização mais específica. O aluno A₇ apresenta uma visão bem abrangente sobre a pergunta, sugerindo propostas de intervenções capazes de promover a conscientização e fomentar mudanças tais como a utilização das mídias e a divulgação das leis existentes para seu efetivo cumprimento, estabelecendo uma relação indissociável entre as questões sociais e ambientais. Apesar das respostas apresentarem aproximação com os pressupostos da Educação Ambiental, em ambas se percebe um sentido mais genérico das propostas e pouco associadas de forma direta ao contexto cotidiano dos estudantes.

Na pergunta Q₇ do questionário final, que visa mobilizar os mesmos conhecimentos, os estudantes reelaboram suas ideias conforme os registros a seguir:

A₃Q₇S_F: Para garantir a preservação destes, os donos de barcos deveriam pensar em uma forma de produção de energia que não prejudique os rios, já que estes precisam do rio para sobreviver. Assim como as pessoas deveriam parar de jogar lixo em qualquer lugar e as hidrelétricas poderiam produzir uma energia limpa.

A₇Q₇S_F: Além de cada um possuir um senso ético e evitar jogar lixos e materiais em rios e mares, faz-se necessário a utilização de um esgoto ou estações de tratamento para que evitem que os detritos cheguem as águas. Somado a isso, é preciso que as leis ambientais sejam fundamentais e que as mídias ajudem no processo de conscientização social.

O aluno A₃ adiciona novos elementos ao exposto na primeira resposta abordando de forma mais específica a problemática local da atividade pesqueira da região, indicando a importância da conscientização e mobilização dos donos de embarcações no sentido de buscarem formas alternativas de produção de energia para preservação do próprio ambiente de trabalho e subsistência. Vale ressaltar que o estudante A₃ possui familiares dependentes da prática da pesca e, também, da comercialização do pescado, na feira municipal de Vigia de Nazaré-PA, tornando-o um possível propagador das mudanças de concepções científicas, tecnológicas, sociais e ambientais previstas pela oficina.

Nesse sentido, o aluno A₇ ratifica seus argumentos relacionados às leis ambientais e à mudança de atitude da sociedade, evidenciando um enfoque de ensino voltado para Educação Ambiental que busca uma possibilidade de ação abrangente, relacionando e direcionando o homem, a natureza, a sociedade e o poder público, para mudanças sociais consistentes (WROBEL, 2015).

Ademais, a pergunta Q₈, presente apenas no questionário de sondagem final, traz a seguinte questão: “Você acha que os conhecimentos inseridos na oficina serão relevantes para a sua vida? Justifique.” Tal pergunta tem o interesse de investigar os conceitos científicos (pressupostos e construídos) e as percepções da vida diária dos estudantes, com o enfoque CTSA e aspectos da educação ambiental, considerando que o município de Vigia de Nazaré é um dos polos pesqueiros do estado do Pará. Por esta razão, são apresentados abaixo os 10 registros válidos dos estudantes, sendo que 2 registros tiveram que ser desconsiderados em virtude de não apresentarem justificativas, comprometendo a análise.

A₁Q₈S_F: Sim, pois já tenho uma ideia sobre consumo consciente e quero levar mais isso pra vida.

A₂Q₈S_F: Sim, pois são experiências que no futuro podem melhorar a vida das pessoas.

A₃Q₈S_F: Sim, pois o conhecimento adquirido me despertou o interesse sobre a energia limpa, achei interessante o sistema de energia com placas fotovoltaicas, algo muito produtivo, podendo ajudar o ambiente, assim como a vida das pessoas ao nosso redor.

A₄Q₈S_F: Sim, pois com esses conhecimentos obtidos poderei ter novas ideias.

A₆Q₈S_F: Sim, aprendemos coisas que podemos repassar para as pessoas, além de consumir menos energias não renováveis por causa dos gases poluentes.

A₇Q₈S_F: Sim, todo o conhecimento sempre é muito importante e bem-vindo, e somado a isso aprendi muitas coisas interessantes tanto em prática quanto em teoria, que com certeza contribuirão bastante para a minha formação educacional e pessoal.

A₁₀Q₈S_F: Sim, foi muito proveitoso, aprendi muitas coisas que nunca ouvi falar sobre energias renováveis e não renováveis, a energia fotovoltaica e o melhor que podemos ajudar de alguma forma para melhorias e preservação do meio ambiente.

A₁₁Q₈S_F: Sim, porque a gente começa a pensar renovável, começa a se conscientizar também que é bom ter uma energia limpa que não prejudique o ecossistema, que tudo precisa ser preservado, e a oficina ajudou nisso em construir sem prejudicar.

A₁₂Q₈S_F: Sim, um dia eu posso usufruir desse sistema e já tenho esses conhecimentos obtidos neste contexto todo e tudo isso pode trazer muitos benefícios pra mim.

De um modo geral, as respostas mostram que os conhecimentos abordados na oficina tiveram bastante relevância para os estudantes, e podem ser analisadas sob três principais categorias de análise: Conhecimentos Científicos e Disciplinares construídos; Conscientização e Mobilização em Educação Ambiental; e Reflexões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. No primeiro caso, há indicativos de apropriação dos conhecimentos teóricos e práticos envolvidos no processo básico de conversão de energia solar desenvolvidos nas atividades da oficina como citam os estudantes A₃, A₄, A₇, A₁₀, e A₁₂, mostrando que esse tema possui grande potencialidade para promover o ensino de ciências (DELIZOICOV E ANGOTTI, 1992) e podem servir como um propulsor para a elaboração de boas ideias utilizando a junção da prática com a teoria como subsídio para a formação educacional e profissional, além de seus benefícios.

No segundo caso, há evidências de que alguns dos principais pressupostos da Educação Ambiental também produziram conhecimentos relevantes para os estudantes. Neste sentido alguns alunos se mostraram sensibilizados quanto às questões da preservação ambiental e a diminuição da poluição, envolvidas sobretudo

nas atividades pesqueiras e afirmam a importância da conscientização individual e coletiva, bem como a necessidade de propagar esse conhecimento para a sociedade como mostram os registros dos alunos A₁, A₆ e A₁₁.

Por fim, no último caso, alguns estudantes abordam questões da relação entre a Ciência, Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente como por exemplo o uso consciente de energia para evitar o desperdício e os benefícios da tecnologia para a melhoria de vida das pessoas, como apontam os alunos A₁, A₂, e A₃, mostrando a importância do conhecimento científico para o desenvolvimento sustentável da sociedade.

5. Conclusão

De forma geral, a atividade desenvolvida apresenta potencialidades educacionais relevantes para o ensino de ciências. Em primeira instância, atividades como estas possibilitam a construção de novos conceitos físicos e a reelaboração dos conceitos preexistentes que em alguns casos são incompletos e às vezes até equivocados, a partir de uma abordagem que visa romper com o ensino tradicional sem a perda do rigor acadêmico, promovendo assim a construção do conhecimento físico e científico de modo aprofundado e contextualizado, como pode ser evidenciado nas respostas de cada estudante. Dentre os conceitos trabalhados ao longo das atividades citam-se alguns, como: captação e transmissão de certas modalidades de energia não prejudiciais ao meio ambiente; discussões sobre o uso de materiais semicondutores e o LED com suas aplicabilidades no cotidiano; a produção de energia elétrica através de painéis solares ou fotovoltaicos; e a possibilidade de articular conhecimentos científicos num enfoque CTSA com o contexto social da comunidade pesqueira na qual residem os estudantes.

Além disso, a construção do protótipo fotovoltaico proporcionou não apenas a compreensão de seu funcionamento como também possibilitou a transposição contextual de suas aplicações em outros dispositivos e situações. Neste sentido, percebeu-se que mesmo com materiais de baixo custo, pode-se promover a inclusão tecnológica em contextos sociais específicos como no caso da comunidade pesqueira a qual os estudantes pertencem, relacionando o conhecimento científico e disciplinar com a vivência cotidiana destes ao discutir as possibilidades de implantação de sistemas fotovoltaicos nas embarcações de pesca da comunidade. Isso mostra a

importância das atividades práticas no ensino de ciências, da inserção de temas tecnológicos de discussão nas atividades pedagógicas, e da contextualização local para tornar o ensino mais relevante e significativo.

Um dos pontos mais evidenciados se refere a potencialidade da atividade proposta no sentido de contribuir a formação do pensamento crítico através da abordagem em CTSA. Ao longo da atividade, as discussões e práticas possibilitaram a integração entre os conhecimentos científicos específicos sobre energia, corrente elétrica, radiação, entre outros, com os elementos tecnológicos e suas aplicações como a utilização das placas e painéis solares para ao abastecimento residencial urbano e rural, discutindo as possíveis implicações sociais da aplicação destes conhecimentos e suas tecnologias como, por exemplo, a possibilidade de fornecimento de energia para regiões distantes das redes elétricas convencionais, ou ainda a diminuição de custos com a utilização da rede convencional, tudo isso pautado pelo pensamento crítico durante a análise das influências positivas e/ou negativas para o meio ambiente que envolvem o processo de produção da energia elétrica convencional em comparação aquelas chamadas “energias limpas”.

Com isso, a estratégia de ensino com enfoque CTSA possibilita aos alunos a compreensão sobre o processo básico de produção de energia elétrica a partir da matriz solar. Isso, também, acarreta a construção das relações científicas e tecnológicas, com indicativos sociais e ambientais, em condições favoráveis à aplicação em outras situações de problematização da vivência desses estudantes.

Assim, as relações em CTSA, por sua vez, podem proporcionar uma reflexão crítica que promova a sensibilização acerca dos efeitos antrópicos sobre a natureza, a conscientização da importância e necessidade da preservação do meio ambiente local e global; bem como produzir uma mobilização que leve os estudantes a ações transformadoras de sua realidade local. Acredita-se que a sensibilização dos estudantes ocorreu a partir de atos reflexivos sobre suas próprias ações dentro da comunidade pesqueira, o que gerou em seguida, percepções voltadas à conscientização da importância da preservação e sustentabilidade ambiental. Consequentemente, a mobilização, etapa final do tripé dos principais elementos da Educação Ambiental, pode ser observada discretamente na intenção demonstrada

pelos participantes em difundir e aplicar os conhecimentos construídos em prol da sua comunidade.

Neste contexto, é necessário que ocorra a mudança de regras na escola por meio da inserção de maneira mais prática e coletiva da Educação Ambiental, pois o conhecimento se aprimora quando é construído coletivamente, e o seu compartilhamento é uma forma de aprender com o outro. A partir destas análises, percebe-se que a proposta de ensino não apenas contribui para a formação de novos conceitos, ou a modificação dos preexistentes, como também contribui para a tomada de consciência das relações entre estes conhecimentos, a sociedade e o meio ambiente.

Por fim, acredita-se que o ensino de ciências precisa de ações transformadoras que efetivamente permitam a formação de cidadãos com capacidade crítica, consciência social, conhecimento científico prático, habilitados para interpretar o mundo em que vivem muito além do que simplesmente os olhos podem ver. Seja a partir de propostas como está, ou a partir de outras abordagens e estratégias metodológicas. Por isso, é necessário que este ensino possibilite não somente uma aprendizagem significativa em seu sentido amplo, como também e a valorização do contexto e da realidade vivenciada diariamente pelos indivíduos, como no caso dos estudantes do município de Vigia de Nazaré-PA.

REFERÊNCIAS

ALBERGUINI, F. L. **Oficinas e Feira de Ciências: experimentação e o ensino de física.** 2015. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, p. 85.

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. **O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 23, n. 2: p. 182-217. Minas Gerais, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6275/12765>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BENEVENUTO, R. S. **Os benefícios da geração de energia elétrica através do sistema fotovoltaico no estacionamento do centro de tecnologia da ufrj**. 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/566968/CF88_EC105_livro.pdf. Acesso em: 24 nov. 2020.

BRASIL. Secretária de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. – Brasília: SEF/MEC, 1998. 138p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade. **Educação Ambiental: Aprendizagem de sustentabilidade**. Brasília: SECAD/MEC, 2007.

BRANDÃO, G. K. L. *et al.* Educação Ambiental na Escola: o calor da panela de pressão na economia do gás de cozinha. **Educação Ambiental em Ação**, v. 18, n. 69, setembro/novembro, 2019. Disponível em: <http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3832>. Acesso em: 12 dez 2019.

BRUMATI, K. C. **A educação Ambiental no Ensino em Ciências**. 2011. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2594/1/MD_ENSCIE_2011_1_08.pdf. Acesso em: 24 nov. 2020.

CRISTHINY, G. Uso de energia solar ainda está longe do Pará. **Leijá**. Belém, PA, 5 nov. 2015. Disponível em: <<http://bit.ly/2Y6bWnf>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Ed. Cortez, 1992.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. São Paulo: Ed. Cortez, 2002.

DO ROSÁRIO, S. A. S.; DA SILVA, J. R.; DO ROSÁRIO, J. P. S. Educação Ambiental e Trilha Ecológica Interdisciplinar. **Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo**, set. 2018. Disponível em: <<http://bit.ly/eumededucacaoambiental>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

ESPÍNULA, A. S. *et al.* Currículo e Sustentabilidade: Uma Análise Pertinente. **Pedagogia em Ação**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 33 - 43, 2012. Disponível em: <<https://is.gd/OFYd9R>> Acesso em: 10 mar. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 48. reimp. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2009.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa**. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

LIMA, F. N. A. Diálogos e perspectivas de uma abordagem CTSA no ensino de ciências. **Revista Científica Interdisciplinar**, Paranaguá, v.2, n. 1, p. 28-42, 2017.

LIMA JÚNIOR, C. *et al.* Energia solar: Metodologia para avaliação do local de instalação de Sistema Fotovoltaico Fomentando a Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 233-244, set. 2018.

LIMA, M. B. M.; BISPO, T. D. P.; ALENCAR, W. J. **Energia Renovável: Um Assunto que Merece Destaque no Ensino de Ciências**. In: Encontro de Físicos do Norte e Nordeste –RN. Natal, 2015.

LOPES, M. C.; TAQUES, F. H. O Desafio da Energia Sustentável no Brasil. **Revista Cadernos de Economia**, Chapecó, v. 20, n. 36, p. 71 - 96, jan – dez. 2016. Disponível em:<<https://is.gd/QPfZOP>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

MARCONDES, M. E. R. *et al.* Materiais Institucionais numa perspectiva CTSA: Uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 14, n.2, p. 281 – 298, ago. 2009.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2006.

OLIVEIRA, H. G. *et al.* Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas. **Química Nova Escola**, São Paulo-SP, v. 40, n. 3, p. 144-152, ago. 2018.

PALACIOS, E. M. G. *et al.* **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Organização de estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI). 2003, 168p.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed., Porto Alegre: Ed. Artmed, 2009.

QUINTANA, L. V. Las Acciones Y Los Juegos Tradicionales Didácticos, Alternativas Para Una Educación Ambiental. **Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo**, fev. 2019. Disponível em: < <https://is.gd/zAyXTD>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

WROBEL, F. C. O Papel da Educação Ambiental no Estudo das Fontes Renováveis de Energia nas Escolas Brasileiras. **Interfaces Científicas – Direito**, Aracaju, v. 3, n. 2, p. 73 – 87, fev. 2015. Disponível em: <<http://bit.ly/2Ols4Hg>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

ZAGO, R. M. **Sistema de baixo custo para monitoramento da geração de energia solar com conexão para Internet das Coisas**. 2018. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

ZIKMUND, W. G. **Business research methods**. 5. ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.