

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

VERA LÚCIA SIQUEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA EXPERIÊNCIA INVESTIGATIVA
COM CÉLULA FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2020

VERA LÚCIA SIQUEIRA



**DESENVOLVIMENTO DE UMA EXPERIÊNCIA INVESTIGATIVA
COM CÉLULA FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Ensino de Ciências – Polo UAB do Município de Barueri-SP, Modalidade de Ensino à Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Campus Medianeira.

Orientador: Prof. Dr. Jaime da Costa Cedran.

MEDIANEIRA

2020



TERMO DE APROVAÇÃO

Desenvolvimento de uma experiência investigativa com Célula Fotovoltaica para o Ensino de Ciências

Por

Vera Lúcia Siqueira

Esta monografia foi apresentada às 13h do dia **12 de setembro de 2020** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino – Polo de Barueri - SP, Modalidade de Ensino à Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Jaime da Costa Cedran
UTFPR – Campus Medianeira
(orientador)

Prof. Me. Rodrigo Ruschel Nunes
UTFPR – Campus Medianeira

Profa. Ma. Jennifer Caroline de Sousa
UTFPR – Campus Medianeira

AGRADECIMENTOS

Sou grata à minha família, aos meus amigos, aos meus alunos, aos inúmeros mestres que tive na vida, ao meu orientador Prof. Dr. Jaime da Costa Cedran, aos meus colegas de trabalho, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho e especialmente, à força maior do universo.

“Fé eterna na ciência”. (Oswaldo Cruz).

RESUMO

SIQUEIRA, Vera L. Desenvolvimento de uma experiência investigativa com célula fotovoltaica para o ensino de ciências. 2020. 46 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

Esta monografia apresenta o resultado do trabalho de desenvolvimento de uma experiência investigativa com célula fotovoltaica para o ensino de ciências. Energia e conceitos correlatos de diversas disciplinas, principalmente de Ciências da Natureza e Ciências Sociais, além de Matemática e Língua Portuguesa, são construídos integrando-se a abordagem freiriana e o enfoque CTSA - ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. O desenvolvimento de uma experiência investigativa simples e de baixo custo mostrou-se técnica e economicamente viável para ser aplicado a grupos de alunos de ensino médio. Pensada para os diferentes níveis de experiência investigativa, por meio dessa atividade, diversos conceitos relacionados à geração de energia fotovoltaica podem ser construídos. A sequência didática proposta permite a problematização do tema energia solar e reflexões sobre a matriz energética brasileira em consonância com os objetivos da agenda 2030.

Palavras-chave: Atividade Investigativa. Energia. Sequência Didática.

ABSTRACT

SIQUEIRA, Vera L. Development of a photovoltaic cell investigative experience for science education. 2020. 46 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

This monograph presents the result of the developing work of an investigative experience with a photovoltaic cell for science teaching. Energy and related concepts from different disciplines, mainly Natural Sciences and Social Sciences, in addition to Mathematics and Portuguese Language, are built integrating the Freire's and the CTSA approach - science, technology, society and environment. The development of a simple and low-cost investigative experience proved to be technically and economically feasible to be applied to groups of high school students. Designed for different levels of investigative experience, through this activity, several concepts related to the generation of photovoltaic energy can be constructed. The proposed following teaching allows the problematization of the solar energy theme and reflections on the Brazilian energy matrix in line with the objectives of the 2030 agenda.

Keywords: Investigative Activity. Energy. Following Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação Esquemática de Solução de um Problema	16
Figura 2 -	Montagem da Célula Fotovoltaica	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fontes de Energia Não Renováveis e Renováveis	19
Quadro 2 - Sequência Didática sobre Energia Fotovoltaica	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 PERSPECTIVA DE ENSINO CTSA E ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	12
2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	17
2.3 SUSTENTABILIDADE E ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	18
2.4 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS E O CONCEITO DE ENERGIA	21
3 OBJETIVOS.....	24
3.1 OBJETIVO GERAL.....	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 DESENVOLVIMENTO DA EXPERIÊNCIA INVESTIGATIVA.....	26
5.2 PROPOSIÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	29
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	37
APÊNDICES	43
APÊNDICE A - ATIVIDADE INVESTIGATIVA (NÍVEL 2)	44
APÊNDICE B - ATIVIDADE INVESTIGATIVA (NÍVEL 3).....	46

1 INTRODUÇÃO

O alto potencial de uso da energia solar fotovoltaica no Brasil e o fato de ela ser renovável e não poluidora, indicam que esta alternativa é muito interessante para o futuro da matriz energética brasileira, e por isso, os investimentos no desenvolvimento de tecnologias de geração de energia fotovoltaica vêm crescendo (EPE, 2018). Dentre os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) para 2030, assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos, é o objetivo número sete (UNITED NATIONS, 2015).

Considerando que o sistema educacional deve preparar o cidadão para atuar na busca dos objetivos do desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2020), no que se refere às soluções tecnológicas para a questão energética, há de se esperar que o tema seja apropriadamente tratado no currículo escolar. De fato, verifica-se que o tema energia faz parte do currículo do ensino médio há algum tempo e foi fortalecido na elaboração da Base Nacional Comum Curricular - BNCC (2018).

Uma análise geral revela que o tipo de abordagem nas disciplinas de Química, Biologia e Física merece ser melhor desenvolvido frente aos atuais desafios em termos de qualidade de ensino, a começar pelos recursos didáticos, conforme concluiu Radetzke (2018), ao pesquisar o conceito energia em livros didáticos brasileiros da área de Ciências da Natureza. Eles não abordam integralmente o conceito energia e o seu entendimento se dá como “um movimento de mudança entre sistemas sob a forma de liberação/perda e absorção/ganho, sob diferentes perspectivas, peculiares ao estudo de cada disciplina”. Por exemplo, na disciplina de Química, entre as fontes energéticas mais importantes estão os combustíveis, abordando as reações de combustão. O vocábulo solar aparece em Física em relação à citação - “o sol é uma fonte de energia abundante e quase inesgotável, podendo ser aproveitada sem causar danos ambientais”. O vocábulo fotovoltaico(a) não chega a ser citado por Radetzke (2018), tampouco no documento da BNCC (2018).

Outros estudos acerca das diretrizes curriculares de ciências em relação à matéria e energia (BARBOSA; BORGES, 2006), concluem que, de modo geral, desde o nível fundamental, a concepção dos estudantes sobre energia é incorreta, pois muitos consideram a energia como uma substância, embora essa concepção possa ser modelada.

Justifica-se, portanto, a intervenção dos professores para suprir essa lacuna na abordagem das fontes de energia alternativas, norteando-se por outros materiais além do livro didático ou motivando seus alunos a pesquisar a respeito em fontes jornalísticas e midiáticas.

Como estratégia pedagógica, o professor dispõe da atividade experimental para fazer a correlação entre o que o aluno aprende nos livros e o que observa na realidade do seu dia-a-dia, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais motivador para ambos. Na intenção de inserir essa estratégia em seu plano de aula, quando o professor busca nos livros uma experiência investigativa de baixa complexidade que possa ser executada dentro do período de aula e que tenha pertinência com a teoria, não raro, se frustra. Outras vezes, encontra atividades que se mostram inadequadas para o nível de ensino, que exigem equipamentos não disponíveis na escola ou ainda, o que é muito comum, que requerem materiais caros, de difícil aquisição, tanto pela escola como pelos alunos e professor, que se dispõem a providenciar os materiais para a realização da aula prática. Esta é a situação das experiências investigativas envolvendo energia fotovoltaica, pois as placas comercialmente disponíveis são caras, assim como os materiais e equipamentos necessários para a sua montagem.

Este trabalho foi motivado pela percepção da falta de experiências investigativas envolvendo energia fotovoltaica, possíveis de serem aplicadas no ensino médio. Para preencher essa lacuna, a pergunta a ser respondida é se seria viável construir e testar o funcionamento de uma célula fotovoltaica no período de uma aula de ensino médio utilizando equipamentos simples, materiais de baixo custo e de fácil disponibilidade. Em caso afirmativo, seria possível desenvolver uma sequência didática para auxiliar professores, que não contam com condições de desenvolver novas atividades práticas, na abordagem

da geração de energia elétrica a partir da luz solar de forma investigativa, mesmo em escolas que não possuem laboratório?

A fim de atribuir um caráter de contribuição ao ensino de ciências da natureza ao presente trabalho, ao responder as perguntas acima, serão também analisados os diferentes níveis de abordagem que uma atividade investigativa pode contemplar.

O intuito maior desse trabalho é propor uma sequência didática que possa contribuir com as instituições de ensino na capacitação do cidadão a fim de que este possa buscar soluções para um problema que lhe afeta diretamente, assim como a dinâmica social à sua volta, dado o peso do custo da energia no orçamento familiar, a urgência de se abandonar a queima de combustíveis fósseis e o reconhecimento do potencial da energia solar para o desenvolvimento do Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PERSPECTIVA DE ENSINO CTSA E ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

O progresso da ciência depende da qualidade do ensino em fornecer elementos para a compreensão do mundo e de suas transformações. Apesar do papel de potencializar a inclusão social, o desenvolvimento social e o entendimento global destacado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura com o tema Ciência para a Paz (COMISSÃO NACIONAL DA UNESCO, 2017), é certo que a ciência não tem se mostrado sempre eficaz para resolver as grandes questões éticas e sócio-políticas da humanidade, além de ter influenciado a degradação ambiental do planeta (FOUREZ, 1995; JAPIASSU, 1999). O progresso científico e tecnológico não coincide, necessariamente, com o progresso social e moral (SACHS, 1996). Buscar a aproximação das ciências exatas com as ciências sociais tem sido um caminho de enfrentamento dessas questões. Desde a década de 1960, os currículos de ensino de ciências com base nos pressupostos das duas correntes: CTS - ciência, tecnologia e sociedade, e CTSA - ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – são estudados em todo o mundo com o objetivo de preparar o aluno para o exercício consciente da cidadania (SANTOS; MORTIMER, 2002). Neste trabalho, será adotada a abordagem CTSA.

Para discutir energia sob o enfoque CTSA, ao atentar para o fato de a energia ser concebida como substância, antes mesmo do indivíduo ser inserido no espaço da educação formal (AULER, 2007), o professor reconhece a necessidade de começar indagando aos estudantes a concepção de energia que cada um deles traz, a fim de modelá-las e reduzir o seu teor abstrato intrínseco. Portanto, a análise de uma tecnologia relacionada a um determinado tema socioambiental permite relacionar conteúdos para ampliar o entendimento e a discussão do tema. Parte-se de uma visão geral para uma visão específica ligada aos conteúdos, que certamente são interdisciplinares. A abordagem de temas de relevância social, a interdisciplinaridade e a democratização de processos de tomada de decisão em temas envolvendo Ciência e Tecnologia são dimensões que estão presentes no enfoque CTSA e na teoria de Paulo Freire, conforme observou Auler (2007).

Uma sequência de atividades, pela abordagem temática freiriana, tem como elemento pedagógico central, a problematização de uma determinada realidade, selecionada entre as contradições sociais que emergem da vivência dos indivíduos em sua comunidade (FREIRE, 1987). Dessa forma, a significação dos problemas conceituais das atividades experimentais investigativas é ampliada, tendo em vista que aqueles problemas fazem parte da realidade dos alunos, conforme verificado no estudo desenvolvido por Gehlen e Solino (2015) sobre as articulações entre a abordagem temática freiriana e o ensino de física por investigação. De acordo com os autores, na abordagem freiriana, os temas que emergem de contradições sociais vivenciadas pelos estudantes ou pela comunidade são considerados pontos de partida para estruturar todo o processo didático-pedagógico.

A problematização, a partir da compreensão da realidade social, leva à identificação de uma necessidade e suscita portanto a busca de uma solução com base nos elementos de conteúdo específico, enquanto na abordagem tradicional não contextualizada, esses elementos de conteúdo específico seriam ensinados de forma isolada com a leitura de textos e resolução de exercícios, como se dá no método tradicional de ensino.

Quando indagados sobre a escola, os alunos frequentemente declaram precisar de mais motivação para estudar e que a aula prática é uma aula diferente, que além de ajudar no aprendizado, é uma mudança na rotina. Trabalhando em grupos no laboratório, a socialização e a interatividade que acontecem no grupo contribuem para aumentar a motivação pelo aprender (CÂNDIDO, 2015; SANTOS; SOUZA, 2019).

O professor, ao almejar um método eficaz para alcançar os objetivos de seu plano de aulas, pode selecionar os assuntos que serão explorados por meio da experimentação e, dessa forma, motivar seus alunos a aprender sobre o mundo natural e tecnológico.

Segundo Giordan (1999), a experimentação faz despertar o interesse dos alunos em obter melhor compreensão do tema em estudo, atuando de maneira ativa sobre o conteúdo. E ainda mais, se os alunos têm a liberdade de propor

hipóteses e testá-las, podem discutir uma possível solução, que de acordo com Hodson (1994), configura o método científico como experimental investigativo, uma vez que os alunos não ficam restritos a seguir uma instrução pré-estabelecida, e sim a exercitar a sua autonomia ao escolher um meio de solucionar um problema.

Diversas argumentações filosóficas, epistemológicas e psicológicas já foram tecidas sobre a construção do conhecimento científico pautada na experimentação. Giordan (1999) ressaltou a importância da experimentação para o pensamento científico em suas várias fases, a qual foi defendida por Aristóteles, desde os primórdios do racionalismo, para explicar os fenômenos da natureza.

Para o desenvolvimento do pensamento científico é preciso que a atividade investigativa propicie liberdade e condições para que os alunos tenham suas ideias despertadas, compartilhem suas hipóteses, suas argumentações e possam construir conceitos de forma autônoma, o que é diferente de fazer uma experiência investigativa visando comprovar conceitos. Até porque, se não o conseguem, não se pode concluir que as teorias estão erradas, visto que há muitas causas para não se obter o esperado.

Dentre as atividades experimentais, que podem ser de demonstração, verificação ou investigação, tem ganhado destaque a experiência investigativa, pois conforme Souza et al. (2013),

“o problema a ser investigado precisa ser elaborado de forma que os alunos sintam interesse pela investigação, ou seja, deve ser relacionado à realidade do aluno, ao contexto em que está inserida a escola, ou aos conceitos estudados em sala de aula.”
(SOUZA et al., 2013 p.24).

É necessário, portanto, conhecer previamente a realidade do aluno ao propor uma atividade investigativa. Entretanto, por diversas razões, este cunho investigativo nem sempre é alcançado pelo professor que almeja aplicar a atividade investigativa, ou pelo menos não para todas as suas turmas de alunos, ou mesmo apenas para alguns alunos em cada turma. Concorrem para essa

dificuldade, as diferenças de nível de cognição dos alunos e a falta de hábito do fazer científico, fatos inerentes a toda turma de alunos.

Quanto maior a abertura dada aos estudantes nas aulas experimentais para que eles exponham seus raciocínios, confrontem e debatam seus argumentos, maior será o desenvolvimento, não apenas da construção do conhecimento, mas também de um pensamento científico (SOUZA et al., 2013).

Os papéis desempenhados pelos professores e pelos alunos nas diversas etapas envolvidas em uma atividade com características investigativas podem definir diferentes graus de liberdade ao aluno. Segundo Souza et al. (2013), uma atividade com características investigativas deve apresentar questões de três níveis de cognição distintos, conforme descrito a seguir.

- Nível 1: Requer que o estudante somente recorde uma informação partindo dos dados obtidos.
- Nível 2: Requer que o estudante desenvolva atividades como sequenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema.
- Nível 3: Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer inferências, avaliar condições e generalizar.

Lembrando que o papel do professor é facilitar a investigação, com ênfase nos níveis 2 e 3, de tal modo que o grupo de alunos construa novos conhecimentos com base nos conceitos relacionados à solução do problema. No primeiro nível, os alunos já partem de um roteiro para seguir e chegar a uma determinada resposta, o que requer menos autonomia e habilidade cognitiva em comparação ao nível 3. Observa-se o nível 3, com frequência, em feiras de ciências ou quando os alunos desenvolvem projetos com características de iniciação científica.

Na abordagem investigativa, a busca da solução pelos estudantes é um processo interativo de pensamento lógico marcado por um ir e vir que se realimenta mutuamente, muito menos das respostas e muito mais das perguntas que surgem, como mostrado na Figura 1, a seguir.

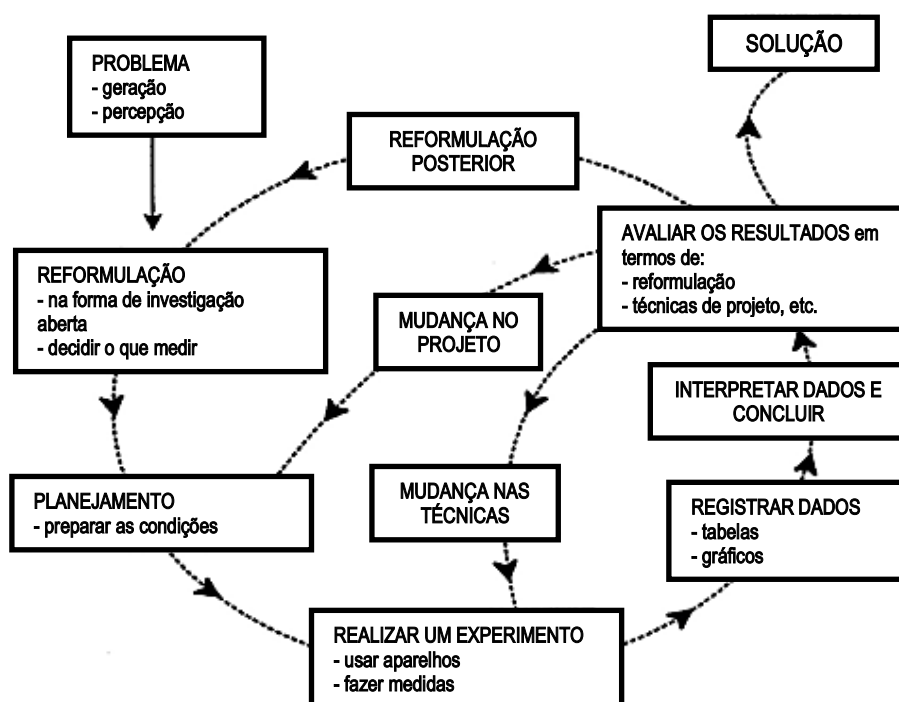


Figura 1 - Representação Esquemática de Solução de um Problema.
 Fonte: Barbosa e Borges (2002).

A partir do planejamento, a ideia é executada, o resultado da execução é avaliado e as correções de rota são feitas para replanejar os próximos testes. Com a repetição desse ciclo, atrelado à pergunta a ser respondida, como numa espiral, passa-se repetidamente pelos mesmos pontos, porém sempre evoluindo na elaboração dos conceitos. Ao longo desse processo espera-se que surjam hipóteses, argumentações e teorias.

O uso de experimentação para a formação e não para a comprovação de conceitos não é, portanto, algo trivial, requerendo muito empenho do professor em orientar os vários grupos de alunos simultaneamente. Além dos aspectos pedagógicos, os aspectos operacionais com os quais o professor tem que se preocupar exigem-lhe um tempo maior de dedicação para planejar, preparar a aula prática, reorganizar o espaço na mudança de turmas e transpor os obstáculos existentes, tais como a falta de recursos humanos (profissional técnico de laboratório) e materiais (reagentes, vidrarias etc.). Isso, quando existe um laboratório.

Em seu levantamento sobre propostas de atividades experimentais de baixo custo, envolvendo vários temas ligados à Física Mecânica, Borges (2002)

constatou que vários professores consideraram muito relevante a experimentação para o processo de aprendizagem, porém alegam como empecilhos, primordialmente, a falta de tempo e de recursos materiais. Assim, acabam por recorrer apenas às aulas teóricas complementadas com apresentação de experiências em vídeos acessados via internet.

Essa realidade impõe a busca por experiências investigativas de baixo custo e complexidade, justificando a tendência das publicações de trabalhos que apresentam experiências investigativas desenvolvidas com materiais e equipamentos mais acessíveis (AMAZONAS, 2017).

2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Sequência didática foi um termo introduzido antes dos anos 2000 e pode ser entendido como um planejamento de ensino composto por várias atividades selecionadas para favorecer a aprendizagem significativa de uma determinada temática. As sequências didáticas com perspectiva em CTSA, que contemplam os conceitos científicos, possibilitam ao professor melhor percepção da aprendizagem de seus alunos (CAVALCANTI; RIBEIRO; BARRO, 2018). Existem várias linhas teóricas para se elaborar uma sequência didática. Para este trabalho, o referencial adotado foi o dos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov e Angotti (1990), que detalharam as indicações metodológicas para desenvolver conteúdos teóricos e experimentalmente em: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Para Scarpa e Silva (2013), o papel do professor numa sequência didática é o de orientador ao guiar os alunos, ajudando-os a entender e complementar suas explicações no caminho da experimentação. Essa sequência didática deve intervir, logo no seu início, no sentido de aflorar as concepções alternativas, ou seja, as ideias pré-existentes, que os alunos trazem sobre o tema, nas quais eles podem ancorar o processo de construção do novo conhecimento, orientado para a resolução de problemas colocados pelo meio social (GUIMARÃES, 2009).

Após a fase de problematização, segue-se o momento da organização do conhecimento quando são criadas oportunidades para manipular materiais,

levantar hipóteses e gerar resultados no grupo. Enquanto isso o professor atua facilitando a construção de conceitos com os questionamentos pertinentes de acordo com as descobertas dos alunos no decorrer desse processo. Por isso, é possível organizar uma sequência didática prevendo as estratégias e os recursos necessários às atividades. Finalmente, no terceiro momento, dá-se a construção do conhecimento, o que permite a elaboração das conclusões expressas em relatórios e de amplas reflexões sobre as implicações tecnológicas e socioambientais em torno do problema. Após esse momento, podem ser formuladas então, novas problematizações (GEHLEN; SOLINO, 2015).

O uso progressivo de sequências didáticas pelo professor, permite-lhe aprimorar as atividades por meio das interações, na forma de observações e diálogos com os alunos (SOLOMON; AINKENHEAD, 1994).

2.3 SUSTENTABILIDADE E ENERGIA FOTOVOLTAICA

Matriz energética é um termo que tem como definição o conjunto das fontes de energia disponíveis num país, num estado, ou no mundo, a fim de suprir a demanda para o crescimento econômico. Nós sabemos que o sistema energético mundial provoca sérios impactos ambientais, como poluição urbana, poluição dos oceanos por derramamentos de óleo, perda de biodiversidade, chuva ácida, entre outros, devido à queima de recursos naturais fósseis como nas usinas termoelétricas. Por isso, é importante destacar, como primeira classificação dos tipos de energia, as energias renováveis e as não renováveis, conforme ilustrado no quadro 1, a seguir.

Fontes		Energia primária	Energia secundária	
Não-renováveis	Fósseis	carvão mineral	termoeletricidade, calor, combustível para transporte	
		petróleo e derivados		
		gás natural		
	Nuclear	materiais físséis	termoeletricidade, calor	
Renováveis	"Tradicionais"	biomassa primitiva: lenha de desmatamento	calor	
	"Convencionais"	potenciais hidráulicos de médio e grande porte	hidreletricidade	
		potenciais hidráulicos de pequeno porte		
	"Novas"	biomassa "moderna": lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais)	biocombustíveis (etanol, biodiesel), termoeletricidade, calor	
		outros	energia solar	calor, eletricidade fotovoltaica
			geotermal	calor e eletricidade
			eólica	eletricidade
maremotriz e das ondas				

Quadro 1 - Fontes de Energia Não Renováveis e Renováveis.

Fonte: Goldenberg (2006-2007).

Energia renovável é o foco da busca pela sustentabilidade energética. O etanol brasileiro é um modelo bem sucedido de fonte de energia renovável. A cana-de-açúcar pode ser obtida repetidamente em inúmeros ciclos de plantio, contribuindo para o sequestro de carbono na respiração celular vegetal e compensando assim, o lançamento na atmosfera do gás de efeito estufa, dióxido de carbono, quando da combustão do etanol.

O quadro 1 aponta que a energia solar primária pode ser utilizada de duas formas: como fonte de calor e como eletricidade fotovoltaica.

É possível construir um aquecedor solar de água para economizar no chuveiro e na piscina, por exemplo. Neste caso, trata-se do aproveitamento da energia solar. Já a energia elétrica fotovoltaica é gerada a partir da energia solar por meio da conversão direta de energia luminosa em eletricidade, chamada efeito fotovoltaico que nada mais é do que o surgimento de uma diferença de potencial entre dois semicondutores com características elétricas diferentes (NASCIMENTO, 2019).

Os painéis de células fotovoltaicas possibilitam um aproveitamento mais amplo da radiação solar, principalmente para países tropicais que contam com alta taxa de insolação durante boa parte do ano como em nosso país. Assim, no Brasil, esse tipo de energia significa menor dependência da energia hidrelétrica, a qual implica, comparativamente, em maior impacto socioambiental negativo.

Para se ter uma noção do potencial fotovoltaico em nosso país, pode-se apresentar aos alunos alguns fatos. Por exemplo, de acordo com a segunda edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al., 2017), no local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade do que no local mais ensolarado da Alemanha. No entanto, o país que mais investe em células solares é justamente a Alemanha, que apostou nessa tecnologia. Por sua vez, além de contar com intensa radiação solar, o Brasil é detentor de uma das maiores reservas de quartzo do mundo, matéria-prima para as placas solares, porém somente há poucos anos iniciou a exploração de energia solar (MACHADO E MIRANDA, 2015).

O objetivo de Desenvolvimento Sustentável defendido pela ONU, de assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos, remete à busca de tecnologia para cada vez mais associar o uso das energias alternativas - acessíveis e limpas – ao da energia elétrica e dos combustíveis fósseis, que já compõem a matriz energética. Para os países em desenvolvimento, com seus problemas emergenciais ligados principalmente à saúde, saneamento básico, produção de alimentos, habitação e transporte, esse objetivo é de fundamental relevância e as características da energia solar estão alinhadas a esse objetivo.

Portanto, cabe a pergunta: em se tratando da geração de energia fotovoltaica, como se dá a transformação da energia solar para a elétrica a qual se pode usar para tantas finalidades? É nessa questão que se encontram as oportunidades de aprendizado interdisciplinar no ensino de ciências, as quais são tratadas nesse trabalho.

2.4. CÉLULAS FOTOVOLTAICAS E O CONCEITO DE ENERGIA

As experiências para montar aquecedores solares com material reciclável constituem uma possibilidade para se trabalhar o tema sustentabilidade com os alunos. No documento da BNCC (BRASIL, 2018), há uma recomendação para que seja abordado na oitava série, o tema “a energia que vem do sol” por meio de notícias em revistas e jornais, bem como experiências investigativas para a construção de aquecedor solar. Entretanto, a energia fotovoltaica não é citada, nem há sugestão para que seja abordada. Porém, por ser uma alternativa de relevância para o Brasil, a energia fotovoltaica deveria fazer parte da base curricular.

A energia fotovoltaica já vem sendo explorada em nosso país. É possível visualizar painéis de células, chamados painéis solares fotovoltaicos, em alguns telhados de casas, estacionamentos e localidades não abastecidas por rede elétrica, que são constituídos de silício cristalino, um material semicondutor muito utilizado na microeletrônica. Os painéis comercialmente disponíveis ainda hoje apresentam custo elevado de instalação e baixa eficiência de conversão, entretanto o tempo de amortização do custo vem gradativamente decrescendo. Outros materiais - o silício amorfo e o de filme fino – constituem os chamados painéis de segunda geração. Desenvolver atividades práticas com esse tipo de tecnologia para alunos do ensino médio não é economicamente viável.

As células solares orgânicas são as de terceira geração e estão ainda em fase de pesquisa (MACHADO E MIRANDA, 2015). Essas células são sensibilizadas por corantes extraídos de vegetais ou cascas de vegetais como de frutas vermelhas, que contêm antocianinas, ou folhas de espinafre, que contém clorofila. O seu funcionamento é semelhante ao das células de painéis tradicionais com a diferença de que a espessura da lâmina é muito menor, como

uma película de plástico ou de vidro, podendo ser aplicada numa janela de casa ou carro, por exemplo, por um custo muito mais acessível (ECYCLE, 2020).

A chamada geração centralizada solar fotovoltaica, que opera atualmente no Brasil, é constituída por usinas de grande porte, que geram energia elétrica limpa e renovável, suficiente para suprir a necessidade de mais de três milhões de pessoas. Novos projetos estão em desenvolvimento, o que reforça a ideia de que o aproveitamento de energia solar é um caminho viável para atender a demanda de desenvolvimento econômico do país (BARROS; SAUAIA; KOLOSSUK, 2019).

A integração das diversas fontes de energia é a forma inteligente de gerir a matriz energética de acordo com as regionalidades e sazonalidades (disso decorre o termo alternativa). Combinar diversas fontes de energia em uma matriz inteligente com custo reduzido se torna possível a partir do emprego de sensores, inteligência artificial e dispositivos de controle de oferta e demanda, que componham um sistema de informação capaz de articular tecnologia com responsabilidade de uso e democratização de acesso.

Os painéis solares mais comuns são constituídos de células feitas com placas de silício. Há também as células fotovoltaicas de terceira geração, como mencionado anteriormente, que são feitas à base de material orgânico de origem vegetal e tem como princípio de funcionamento, um processo análogo à fotossíntese. Ao se estudar os poucos trabalhos publicados sobre essa tecnologia, que está em fase de desenvolvimento, vislumbrou-se a possibilidade de desenvolver uma experiência investigativa com a perspectiva de adaptá-la ao ensino de ciências e introduzir aos alunos este vibrante tema socioambiental que é a energia fotovoltaica, podendo criar oportunidades para construírem de forma interdisciplinar, diversos conceitos de ciências e desenvolverem senso de responsabilidade socioambiental (NETO, 2012).

Aprende-se desde o ensino fundamental que a cor verde das plantas é devida à clorofila, responsável por liberar elétrons ao absorver a luz. Souza e Almeida (2002), ao pesquisar melhor o tema, constataram que há diversas concepções alternativas sobre a fotossíntese, pois os alunos não compreendem como a água, o ar e a luz do sol podem reagir para produzir alimentos no reino

vegetal, apesar dessa reação ser repetidamente estudada ao longo da educação básica. Além disso, corrente elétrica, tensão e fóton são os conceitos necessários para a compreensão do fenômeno da geração de energia elétrica fotovoltaica, podendo-se estender o raciocínio para o papel do magnésio presente no centro da molécula da clorofila. Sendo assim, retomar esse tema no ensino médio é extremamente pertinente, ainda mais por meio da contextualização da energia, envolvendo tantas disciplinas, a saber, Química, Biologia, Física, Geografia, História, Sociologia, Filosofia e, sem dúvida, Matemática e Linguagens.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a viabilidade de construir uma célula fotovoltaica para uma aula experimental de ensino médio a fim de explorar o tema energia solar e propiciar uma visão crítica sobre a discussão da matriz energética brasileira quanto à busca de novas soluções energéticas sustentáveis.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar práticas existentes de experiências investigativas com células fotovoltaicas em termos de disponibilidade de equipamentos, facilidade de encontrar materiais e possibilidade de funcionamento dentro do tempo de duração de uma aula de ensino médio, idealmente, em cerca de 40 minutos.

- Testar as experiências investigativas, identificar as adaptações necessárias e testar os protótipos da célula fotovoltaica registrando os resultados obtidos.

- Definir o melhor protótipo de célula fotovoltaica para a experiência.

- Elaborar um plano de aula que permita a aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos na geração de energia fotovoltaica a partir da luz e que propicie subsídios aos alunos para reflexão e argumentação sobre as melhores alternativas de energia para a matriz energética brasileira.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A aproximação entre os pressupostos do educador Paulo Freire e os encaminhamentos dados pelo enfoque CTSA compuseram o balizamento teórico geral dado a esse trabalho por estar em sintonia com a ampla discussão sobre a matriz energética brasileira e a agenda 2030 (NAÇÕES UNIDAS, 2015). Os objetivos específicos se apoiam na experimentação tendo como produto o desenvolvimento da experiência investigativa de baixo custo que compõe uma sequência didática para a reflexão sobre o papel da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira.

A pesquisa foi conduzida em bibliotecas, internet, bases de dados Scielo, Lilacs e outras bem como o laboratório didático de uma escola pública municipal de ensino médio técnico integrado localizada na zona oeste da Região Metropolitana de São Paulo, que conta com cerca de 1400 alunos, estudando nos cursos do ensino médio técnico integrado de Edificações, Eletroeletrônica, Informática e Telecomunicações.

De acordo com a seleção dos trabalhos coletados no levantamento bibliográfico e a análise dos resultados da pesquisa experimental, buscou-se montar e testar o melhor protótipo de célula fotovoltaica, possível de ser aplicado numa aula experimental em cerca de 40 minutos . Foram utilizados os recursos disponíveis e materiais simples, de fácil disponibilidade, a saber: vidrarias simples de laboratório, frascos alternativos de embalagens reutilizáveis, barras/placas/fios para servir de eletrodo, garras para conexão elétrica, equipamentos para medição de tensão elétrica, fita isolante, filme plástico preto, fontes de iluminação e as amostras de vegetais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As publicações de experiências envolvendo energia fotovoltaica de terceira geração, apresentam células feitas à base de material orgânico de origem vegetal, que contam com algum corante, como a célula de Grätzel, cujo princípio de funcionamento é semelhante ao da fotossíntese – processo em que as plantas transformam dióxido de carbono e água em oxigênio e glicose, na presença de luz. Existe a oportunidade de associar estas pesquisas com tecnologia de filmes poliméricos e nanotecnologia, o que abre novas perspectivas para o avanço dessa alternativa de geração de energia para reduzir custos e melhorar a eficiência e as propriedades dos materiais como leveza e flexibilidade (GRÄTZEL, 2001).

Verificou-se que a montagem da chamada célula de Grätzel requer recursos técnicos mais simples do que as placas de silício como: forno/mufla com capacidade de aquecimento de cerca de 500°C, eletrodos, multímetro, produtos químicos como dióxido de titânio, lamínulas de vidro, catalisadores e algumas outras vidrarias. Entretanto, estes materiais não se encontram à disposição dos professores na maioria das escolas e além disso, a experiência investigativa demora cerca de duas horas para ser realizada (AZEVEDO; CUNHA, 1991; CHRISTI, 2019; SONAI et al., 2015).

5.1 DESENVOLVIMENTO DA EXPERIÊNCIA INVESTIGATIVA

Na expectativa de se confirmar a geração e medida da energia fotovoltaica proveniente do vegetal, planejou-se montar uma célula utilizando solução de pigmento verde de diferentes vegetais. Como fonte de pigmento vegetal, foram testados o espinafre, o capim e a couve, todos frescos. Para dispensar o uso de triturador elétrico, o almofariz foi adotado para extrair o sumo dos vegetais por maceração. Tendo em vista os valores de potencial-padrão de redução dos eletrodos mais simples, os de grafite e cobre se mostraram adequados. Constatada a necessidade de obter um volume que permitisse um bom contato dos eletrodos com o extrato de clorofila, foram testados o álcool etílico e a água para diluição do extrato. Diversas montagens de célula foram testadas utilizando-se o próprio almofariz, copos descartáveis e potes vazios de geleia.

Tampas variadas de metal e plástico foram adaptadas como suporte para a fixação dos eletrodos. Para medir a energia fotovoltaica gerada utilizou-se um multímetro comum. Foram feitas diversas adaptações nos fios elétricos usados, terminais (“jacarés”) e pontos de fixação entre os terminais e os eletrodos, assim como a variação do tipo de frascos e de tampas para acomodar a célula, dado que era o mau contato que prejudicava a medição. A solda dos terminais foi a solução mais eficaz. Estes materiais são encontrados em lojas de materiais elétricos e a execução requer algumas ferramentas como alicate de bico, soldador e descascador de fios, sendo que estes foram emprestados do setor de manutenção da escola. Como fonte de luz, foram testadas, com êxito, a luz solar, lanterna portátil, lanterna de celulares e luz ambiente do laboratório. A fim de confirmar a presença de corrente elétrica, tecidos e pedaços de filme plástico preto (saco de lixo) foram utilizados para cobrir a célula e provocar ciclos de presença e ausência de luz, a fim de observar a gradativa queda da tensão elétrica. Os testes para desenvolvimento da experiência foram realizados no laboratório da escola, durante os meses de novembro de 2019, fevereiro e parte de março de 2020 com um total estimado de 20 horas de trabalho.

Os testes de desenvolvimento da experiência investigativa tiveram como resultados o que está descrito a seguir.

Vegetais mais moles, como o espinafre, mostraram-se mais adequados por serem mais fáceis de macerar. O capim e as ervas daninhas, colhidos no gramado da escola, também podem ser usados, se colhidos em brotos.

A montagem mais simples, barata e funcional foi o pote de vidro de geleia (mais estável do que béquer devido ao formato e peso), com tampa plástica de copo descartável, devidamente perfurada para a fixação dos eletrodos de modo a evitar o curto circuito entre eles.

Não há diferenças de tensão que inviabilizem algum dos três vegetais testados, porém o extrato de clorofila é mais facilmente obtido das folhas mais tenras, conforme comentado.

A substituição do eletrodo de grafite de laboratório (similar ao grafite usado para escrita) por grafite industrial poderia ser testada num próximo passo

com o objetivo de minimizar oscilações de tensão.

Optou-se pela água para a preparação da solução de clorofila, pois não houve diferenças significativas entre água e álcool no comportamento da solução ou nos valores das medidas. Os ciclos de presença e ausência de luz podem ser obtidos de modo prático com filme plástico preto de sacos de lixo, requerendo-se apenas habilidade para fixá-los.

A tensão elétrica variou de 60 a 180 mV (milivolt) na presença de luz, reduzindo-se até zero no escuro, após cerca de 3 a 5 minutos de estabilização.

O custo total da célula fotovoltaica ficou entre 125 e 250 reais (75 dólares), sendo o valor do multímetro o mais representativo.

O tempo estimado para a execução do procedimento foi de 20 a 30 minutos considerando-se a média de 4 medições e a preparação da solução.

Finalmente, elaborou-se o protocolo visando a aplicação da experiência investigativa para alunos no nível 2 e outra para nível 3, conforme definido no item 2.1. Esse material encontra-se nos apêndices A e B, nos quais se pode conferir detalhes da atividade investigativa, como as mostradas na figura 2 a seguir.



Figura 2 - Montagem da Célula Fotovoltaica.
Fonte: A autora.

5.2 PROPOSIÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA

É comum haver numa turma de alunos, muitos que não desenvolveram habilidades para aulas experimentais, uma vez que, por diferentes motivos, é grande o número de professores que não aplicam essas atividades em seu fazer pedagógico (KRASILCHIK, 2012; LIMA; SIQUEIRA; COSTA, 2013; RAMOS; ROSA, 2008). Como contribuição para preencher essa lacuna, optou-se então por desenvolver a experiência investigativa para ser aplicada em diferentes níveis de abordagem a fim de que o professor, em função de suas percepções sobre o perfil dos alunos, possa fazer as adequações necessárias. À medida que os alunos ganham habilidades com o aumento do número de aulas experimentais sob a orientação docente, a atividade investigativa gradativamente alcança maior êxito.

O ponto de partida dessa sequência didática pode ser resumido na pergunta a ser respondida e que é formulada pelos alunos após provocações no primeiro momento. A curiosidade dos alunos é suscitada pela prerrogativa, presente nos textos sobre fontes de hidrocarbonetos, de que o petróleo deverá acabar por se tratar de um recurso natural não renovável. Assim, após a eclosão do problema da poluição, que tem como consequência danos à saúde provocados pela queima dos produtos à base de petróleo, gás e carvão, os alunos são provocados a refletir sobre a realidade que os cerca. Então, eles podem questionar como serão, no futuro, movidos os carros, fabricados os plásticos e tantos outros produtos derivados das refinarias e indústrias químicas. A esta indagação, o professor responde solicitando a pesquisa de alternativas de fontes energéticas: quais são elas, quais as mais promissoras para o nosso país, também se determinada família pode gerar a energia necessária para a sua casa e a razão para isso não acontecer em todas as residências. A partir desse leque de oportunidades, tem-se a matéria-prima para a produção do conhecimento de vários conteúdos que podem ser associados aos que serão descobertos pelos alunos na atividade investigativa. A revisão crítica das concepções alternativas vai acontecendo por meio de técnicas de reelaboração e síntese.

No segundo momento, cabe ao professor modelar o grau de autonomia

da atividade investigativa de acordo com o perfil da turma e fazer a mediação no decorrer da prática. Este segundo momento tem um caráter integrador maior, quando os alunos se tornam verdadeiramente protagonistas do processo de aprendizagem ao executar a atividade, que foi adequada conforme a percepção e informação do professor sobre seus alunos. Não é necessária a preocupação de se estabelecer um protocolo rígido de laboratório para que os alunos preencham. O formato permite a autonomia dos alunos no sentido de organizarem seus registros.

Finalmente, após os registros e conclusões dos grupos, num debate em sala de aula, propõe-se que o tema seja retomado, agora conceitualmente e enriquecido para se rever criticamente o problema ou tema controverso, aflorado no primeiro momento. A intenção é a de que sejam ressignificadas as concepções e delineadas propostas de solução do problema. Esse terceiro momento é quando o protagonismo do aluno se manifesta em transformações de si mesmo e em propostas de transformação da sua realidade. De forma subjacente, o processo permite o desenvolvimento de competências emocionais e novas habilidades para a construção da cidadania.

A sequência didática proposta para o tema energia fotovoltaica está apresentada no quadro a seguir.

MOMENTO ZERO - Preparação

Após o estudo dos hidrocarbonetos e das fontes de combustíveis fósseis - petróleo, gás e carvão -, os alunos são solicitados a trazer como pré-requisito para a aula seguinte:

- a. observações sobre a conta de energia elétrica de sua residência;
- b. a foto do relógio medidor de consumo;
- c. a estimativa sobre a participação porcentual do consumo de energia elétrica no orçamento familiar e
- d. a listagem de outras fontes de energia consumidas pela família.

1º MOMENTO - Problematização da energia fotovoltaica

Levantamento das concepções alternativas sobre a representação de energia, de forma individual e em grupo por meio de:

- e. Explorar as informações sobre unidades de medida de energia, custo mensal de cada forma de energia consumida, critérios de cobrança (bandeira amarela e vermelha), etc.
- f. Produzir o texto coletivo da turma sobre o que é energia com a técnica Phyllips adaptada: partindo-se do texto individual, num segundo momento, os alunos são reorganizados em grupos para integrar as definições propostas. Ao final do processo de produção textual, todos os grupos se inteiram do texto uns dos outros, encontram os pontos em comum e elaboram finalmente o texto coletivo (Paiva et al., 2019).
- g. Discutir o vídeo do canal Nerdologia, apresentado por Átila Iamarino, intitulado “Energia”, com duração de cerca de 7 minutos. Este vídeo apresenta a evolução histórica de todas as descobertas ligadas à geração de energia, os impactos socioambientais das escolhas feitas pela humanidade, assim como as consequências socioeconômicas ocorridas no mundo ao longo da linha histórica (ENERGIA, 2015).
- h. Elaborar em grupo, um mapa mental sobre fontes de energia e suas características.

2º MOMENTO – Organização do conhecimento em energia fotovoltaica

Atividade investigativa

- i. Verificar a possibilidade de geração de energia fotovoltaica a partir de corantes vegetais - clorofila ou antocianinas, extraídas de vegetais ou frutas vermelhas.
- j. Responder questões norteadoras que poderão, a depender do perfil da turma, envolver: fotossíntese, corrente e tensão elétrica, cloroplastos, catalisadores, ar, partículas subatômicas (fóton), xilema,

floema, seiva vegetal, anodo, catodo, solubilidade, cinética de reação, funções orgânicas, fórmulas estruturais, óptica, formas de armazenar e distribuir energia.

k. Elaborar o relatório de trabalho do grupo.

3º MOMENTO – Aplicação do conhecimento em energia fotovoltaica

Retomada do problema para apresentação das propostas de solução e intervenção socioambiental.

l. Revisitar os conceitos construídos/ assimilados.

m. Debater as propostas e suas implicações contemplando as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social, econômica, cultural, ecológica, territorial, ética, política) e questões subjacentes.

n. Integrar as propostas num plano de ação possível para a matriz energética brasileira, observadas as características e a contemporaneidade, podendo ser explorada numa planilha, a ferramenta de qualidade conhecida como 5W2H (sigla em inglês das palavras: o quê, onde, porque, quem, quando, como e quanto custa).

o. Efetuar a autoavaliação.

Quadro 2 Sequência Didática sobre Energia Fotovoltaica.

Fonte: A autora.

Ao longo dessa sequência didática, são estabelecidos critérios de trabalho, regras de conduta, cooperação para providenciar os materiais da experiência investigativa, bem como a duração de cada etapa da sequência didática. Esta será ajustada pelo professor junto aos pares das disciplinas síncronas, de acordo com a turma e seu plano de aulas (parte da interdisciplinaridade acontece pelo resgate do que o aluno construiu ao longo da sua formação). A decisão sobre o nível da atividade investigativa segue essa linha, procurando-se dar abertura à criatividade dos alunos, porém de acordo com o nível de dificuldade adequado, de tal modo que os alunos não se sintam

desmotivados. A atividade deve contemplar o total de quatro a seis aulas.

Propõe-se que a avaliação seja contínua durante a sequência com a solicitação de entrega do mapa mental, do relatório da atividade e da resposta do questionário, cabendo uma autoavaliação final e podendo avançar para a comunicação ou publicação de resultados à comunidade escolar.

Espera-se que o aluno faça a conexão da ciência e tecnologia com os preceitos das ciências sociais e, na sua imaginação e interação com os colegas, seja capaz de identificar conflitos de interesse que perpassam pela ética, filosofia, sociologia e política. Ao questionar padrões de consumo, redes de distribuição de energia, perdas e ganhos bem como medidas político-econômicas que analisem as políticas públicas pertinentes e a evolução do perfil demográfico das regiões do planeta, o aluno poderá compartilhar sua ideia de um novo desenho de sustentabilidade energética em todas as suas dimensões, no curto, médio e longo prazo.

Com os frutos dessa experiência de ensino-aprendizagem, os professores têm a possibilidade de realizar intervenções curriculares com projeções na comunidade, visando também a melhoria da qualidade de ensino e da qualidade de vida da comunidade interna e externa. Além disso, quando o processo de ensino e aprendizagem é significativo, ocorre a melhoria da autoestima dos indivíduos envolvidos.

Pudemos constatar que uma sequência didática estruturada nos três momentos pedagógicos - problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV, 2002) - possui paralelo com os elementos pedagógicos de Paulo Freire codificação-problematização-descodificação (FREIRE, 1987). Ressalta-se que a problematização inicial é de fundamental importância para despertar nos alunos a vontade de levantar hipóteses a fim de sejam impulsionados a construir argumentações e assim propor teorias por meio da experiência investigativa, desenvolvendo progressivamente suas habilidades cognitivas. Esse processo constitui a construção do conhecimento contextualizado em CTSA, uma prática metodológica que vem sendo muito utilizada no ensino de ciências com vistas à solução de problemas cotidianos a exemplo do uso da energia solar fotovoltaica focalizada nesse trabalho.

Este trabalho resultou então em uma sequência didática, que permite explorar a experiência investigativa com a célula fotovoltaica desenvolvida em um processo humanizado de ensino de ciências de caráter interdisciplinar. O professor que aplicar essa sequência didática poderá modificá-la de acordo com os instrumentos que dispuser e com o contexto que mais se adequar às realidades dos alunos a fim de desenvolver neles as competências necessárias à discussão de novas soluções energéticas sustentáveis.

6 CONCLUSÃO

A construção da célula fotovoltaica para explorar o tema energia solar em uma aula experimental de ensino médio se mostrou viável de acordo com os resultados obtidos após diversos testes e adaptações.

Constatou-se, ao desenvolver a experiência investigativa, que esta pode ser realizada com o uso de equipamentos e materiais simples e dentro do tempo de duração de uma hora-aula. Portanto, é possível desenvolver a atividade proposta em escolas de ensino médio com poucos recursos e com aprofundamento adequado. Além disso, na perspectiva do professor, este trabalho evidenciou que a produção de material de ensino próprio é uma oportunidade para trabalhar de forma independente de livros didáticos e publicações, embora exija tempo e dedicação docente para concretizar projetos como esse.

Pelo fato de ter base na experimentação científica, a sequência didática proposta apresenta intervenções que visam propiciar conhecimentos e argumentações para os alunos debaterem sobre a atual realidade do Brasil e do mundo, referente ao contexto do esgotamento de recursos energéticos, sempre com a intermediação do professor, bem como a possibilidade de uma rica reflexão sobre o futuro da matriz energética brasileira.

A posterior aplicação dessa sequência didática para alunos do ensino médio irá fornecer mais subsídios para o seu aprimoramento e permitir a avaliação de resultados de acordo com o perfil de alunos. Assim, alunos que com diferentes graus de alfabetização científica prévia e familiaridade com aulas práticas poderão colher uma aprendizagem contextualizada sobre energia solar e dessa forma tornarem-se aptos a contribuir para a construção de uma sociedade mais sustentável segundo os objetivos estabelecidos pela ONU em sua Agenda 2030.

Em síntese, podemos dizer que a estratégia de aprendizagem proposta neste trabalho se apresenta capaz de agregar uma contribuição para o ensino e ciências, por contemplar uma abordagem interdisciplinar do tema energia com amplitude e aprofundamento adequados ao nível médio. É importante ressaltar que essa proposta contribui para promover o senso crítico necessário para que

o aluno possa seguir aprendendo com o objetivo de acompanhar e participar das discussões sobre a matriz energética brasileira e outros temas de relevância socioambiental envolvendo Ciência e Tecnologia.

REFERÊNCIAS

AMAZONAS. Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino do Amazonas. Departamento de Políticas e Programas Educacionais. Gerência do Ensino Fundamental Anos Finais. **Cartilha de experimentos de baixo custo / SEDUC, DEPPE, GENF 2**. Mailson Rafael dos Santos Ferreira, Edilene da Silva Souza, organizadores – Manaus: SEDUC, 2017. 47 p.

AULER, D. **Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro**. Ciência & Ensino, 1(número especial), novembro de 2007.

AZEVEDO, M.; CUNHA, A. **Fazer uma célula fotovoltaica**. Rev. Physical on Stage, 2(4). p. 1-3, 1991.

BARBOSA, J. P. V., BORGES, A. T. **O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio**. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 23, n. 2: p. 182-217, ago. 2006.

BARROS, R, SAUAIA, R. KOLOSSUK, R. **Perspectivas para a geração centralizada solar fotovoltaica no Brasil**. Revista O Setor Elétrico. 2019. Artigo disponível em <<http://www.absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/artigo-perspectivas-para-a-geracao-centralizada-solar-fotovoltaica-no-brasil.html>> Acesso dia 28 de abril 2020.

BORGES, A.T. **Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 19 (3), p. 9-31, dez. 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Artigo disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_verseaofinal_site.pdf> Acesso dia 25 de fevereiro 2020.

CÂNDIDO, M. D. **A importância da experimentação no ensino de ciências: uma visão discente**. Monografia de Especialização Ensino de Ciências, modalidade à distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira. 2015. Artigo disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10641/1/MD_ENSCIE_I_2014_62.pdf> Acesso dia 11 de novembro 2020.

CAVALCANTI, M. H. S.; RIBEIRO, M.M.; BARRO, M.R. **Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS**. Ciênc.

educ. (Bauru) vol.24 no.4 Bauru Oct./Dec. 2018. Artigo disponível em <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132018000400859&script=sci_arttext> Acesso dia 17 de julho 2020.

CHRIST, I. S.; ALMEIDA, K. N.; OLIVEIRA, V. G.; OLIVEIRA, M. C.; SANTOS, M. J. L.; ATZ, N. R. **Célula solar na escola; como construir uma célula solar sensibilizada por corantes naturais.** Química Nova na Escola. São Paulo – SP, BR. 41 (4). p. 394-398, Novembro 2019.

COMISSÃO NACIONAL DA UNESCO. Ministério dos Negócios Estrangeiros. **Ciência para a sociedade.** Portal Diplomático. Portugal, 2017. Artigo disponível em <<https://www.unescoportugal.mne.pt/pt/temas/ciencia-para-um-futuro-sustentavel/ciencia-para-a-sociedade>> Acesso dia 17 de julho 2020.

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

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física.** São Paulo: Cortez, 1990.

ECYCLE. **Células orgânicas solares: nova tecnologia é leve e pode gerar energia solar em praticamente qualquer superfície.** Artigo disponível em <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/4178-celulas-organicas-solares-nova-tecnologia-e-leve-e-pode-gerar-energia-solar-em-praticamente-qualquer-superficie.html>> Acesso dia 17 de julho 2020.

ENERGIA. Criação e direção: Alexandre Ottoni; Deive Pazos. Produção: Amazing Pixel. Narração: Átila Iamarino. Publicado pelo canal Nerdologia. 1 vídeo (7:15:00). 2015. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=pXtVUobPQLs&feature=youtu.be>> Acesso dia 23 de abril 2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **O mercado fotovoltaico brasileiro está amadurecendo mais rápido que o esperado.** 6 abr. 2018. Artigo disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/epe-na-midia/o-mercado-fotovoltaico-brasileiro-esta-amadurecendo-mais-rapido-que-o-esperado>> Acesso dia 14 de setembro 2020.

FREIRE, P. (1987). **Pedagogia do oprimido.** 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

FOUREZ, G. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências.** São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista. 1995.

GEHLEN, S. T.O; SOLINO, A. P. **O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação.** *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 21, n. 4, p. 911-930, 2015. Artigo disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n4/1516-7313-ciedu-21-04-0911.pdf>> Acesso dia 20 de abril 2020.

GIORDAN, M. **O papel da Experimentação no ensino de ciências.** *Química Nova na Escola.* 10, p. 43-49, 1999.

GOLDENBERG, J; LUCON, O. **Energias renováveis: um futuro sustentável.** *Revista USP.* São Paulo. 72. p. 6-15, dezembro/fevereiro 2006-2007.

GRÄTZEL, M. **Photoelectrochemical cells.** *Nature* 2001, 414, 338. [CrossRef] [PubMed] 4 Hagfeldt, A.; Boschloo, G.; Sun, L.; Kloo, L; Pettersson, H. Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Reviews.* 2010, 110, 6595. [CrossRef] [PubMed].

GUIMARÃES, C. C. **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa.** *Química Nova na Escola, Experimentação no Ensino de Química.* 31 (3), agosto 2009. Artigo disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf> Acesso dia 22 de abril 2020.

HODSON, D. **Hacia um Enfoque más Crítico del Trabajo de Laboratorio.** *Enseñanza de las Ciencias,* Barcelona. 12 (3), p. 299-313. 1994.

JAPIASSU, H. **Um desafio à educação: repensar a pedagogia científica.** São Paulo: Letras & Letras. 1999.

KRASILCHIK, Mirian. **Prática de Ensino de Biologia.** São Paulo: USP, 2012.

LIMA, J. H. G.; SIQUEIRA, A. P.P.; COSTA, S. **A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores.** 2º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. 2013. Artigo disponível em <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:idBRstEnrk4J:https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/download/1108/826+&cd=5&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso dia 17 de julho 2020.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão.** *Rev. Virtual Quim.* 7 (1), 126-143. 2015.

MEGLHIORATTI, F. A.; BORTOLOZZI, J., CALDEIRA A. M. A. **A construção da ciência e o ensino de ciências**. Revista Científica Eletrônica de Pedagogia– Edição Nº 5 – Janeiro de 2005.

NAÇÕES UNIDAS. Brasil. **Energia limpa e acessível**. Artigo disponível em <<https://nacoesunidas.org/tema/ods7/>> Acesso dia 23 de maio 2020.

NAÇÕES UNIDAS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Sustainable development goals knowledge platform**. 2015. Artigo disponível em <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>> Acesso dia 16 de novembro 2019.

NASCIMENTO, L. N.B. **Uma abordagem sobre energia solar por meio da aprendizagem baseada em projetos**. Dissertação de Mestrado - Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. 2019.

NETO, J. A. L. **O uso da abordagem CTSA no ensino de energia tendo o desenvolvimento sustentável como eixo temático**. Dissertação de Mestrado – Mestrado em Ensino Ciências Naturais e Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2012.

PAIVA, A. C. P. et al. **O uso da estratégia de ensino Phillips 66 no ensino com jogos matemáticos**. Caminhos da Educação Matemática em Revista (Online), v. 9, n. 3, 2019.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, J. G. SOUZA. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. - São José dos Campos: INPE, 2017.

RADETZKE, F. S. et al. **Conceito energia em livros didáticos brasileiros da área de Ciências da Natureza**. Revista Tecné, Episteme y Didaxis. 2018. Artigo disponível em <<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/9215/6919>> Acesso dia 03 de março 2020.

RAMOS, L.B.; ROSA, P. R. **O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental**. Investigações em Ensino de Ciências, V. 13. Nº3, 2008. Artigo disponível em

<<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/444>> Acesso dia 17 de julho 2020.

SACHS, I. **Brasil e os Riscos da Modernidade**. Ciência Hoje. Rio de Janeiro, v.20, n.119, p. 12-14, abril 1996.

SANMARTI, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Sintesis Education, Madri, 2012.

SANTOS, J. F.; SOUZA, G. A. P. **A experimentação nas aulas de química do ensino médio: uma revisão sistemática nos ENEQs de 2008 a 2018**. Scientia Naturalis, Rio Branco. 1 (1). p. 72-78. 2019.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências 2(2). Dezembro 2002. Artigo disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>> Acesso dia 22 de fevereiro 2020.

SCARPA, D.; SILVA, M. **A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades**. O ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SOLOMON, J; EINKENHEAD, G. **STS Education: International Perspectives on Reform**. Teachers College Press (New York) 1994. Disponível em <<https://education.usask.ca/documents/profiles/aikenhead/STS-Education-Glen-Aikenhead-chapters.pdf>> Acesso dia 17 de julho 2020.

SONAI, G. G. et al. **Células solares sensibilizadas por corantes naturais: um experimento introdutório sobre energia renovável para alunos de graduação**. Quím. Nova vol.38 no.10 São Paulo Dec. 2015.

SOUZA, F.L. et al. **Atividades Experimentais no Ensino de Química**. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 2013.

SOUZA, S; M. J. P. M. ALMEIDA. **A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos**. Ciência & Educação. 8 (1): 97-111. January 2002.

UNESCO. **Education for sustainable development**. 2020. Artigo

disponível em <<https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development>> Acesso dia 16 de julho 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ATIVIDADE INVESTIGATIVA (NÍVEL 2)

AULA PRÁTICA

Data: Turma Grupo

Nomes/N^{os}

.....

ANTES DE COMEÇAR A ATIVIDADE, OBSERVEM ESTAS MEDIDAS DE SEGURANÇA

Abotoem o jaleco e prendam os cabelos (se abaixo do pescoço) e permaneçam com os óculos de segurança (ou óculos de grau). Movimentem-se devagar e falem baixo, ficando atentos às instruções. Se tiverem dúvida, consultem a professora. Por segurança, saibam que nada deve ser colocado na boca ou cheirado diretamente. Manusear com cuidado os materiais e equipamentos. Utilizar as imagens e informações pesquisadas sobre o assunto.

CÉLULA FOTOVOLTAICA

Objetivo: Construir uma célula fotovoltaica à base de vegetais, medir a tensão obtida compreendendo o seu funcionamento e concluir sobre o uso de fontes de energia renováveis no Brasil.

Procedimento

1. Colocar algumas folhas verdes no almofariz (recipiente de porcelana branca FRÁGIL) e triturar cuidadosamente com o pistilo (sem batê-lo) para extrair o sumo do vegetal (espinafre, couve, grama). Se necessário, adicionar cerca de 1mL de água (volume que cobre o fundo de um copinho descartável) para facilitar esse processo de maceração.
2. Adicionar cerca de 20 mL de água ao vegetal triturado (mais da metade de um copinho). Colocar essa solução no frasco sem o vegetal; tampá-lo e colocá-lo no escuro. NÃO DEIXEM O PISTILO SOLTO SOBRE A BANCADA E SIM DENTRO DO ALMOFARIZ.
3. Apagar as luzes, mergulhar os eletrodos de cobre e grafite na solução obtida. Cuidado para não molhar as garras e pinos terminais. Manter bem tampado o sistema com plástico preto para impedir a entrada de luz.
4. Conectar os eletrodos com os polos de um voltímetro ajustado para leitura de milivolts (200 mV a 2000 mV, se necessário).
5. Assegurar o bom contato das garras, manter os eletrodos na vertical, observar a medida de tensão obtida e anotar o seu valor quando considerar estabilizada.
6. Retirar o plástico preto, deixar incidir luz sobre a célula fotovoltaica montada e anotar a voltagem obtida, assim que considerar estabilizada.

Resultado

Tensão medida em		Tempo médio para estabilizar	Planta utilizada	Observações
Ausência de luz	Presença de luz			

Podem repetir alguma parte da experiência investigativa se necessário. Informem e incluam isso no relatório.

Ao terminarem, desliguem o multímetro, lavem o material depois de descartarem resíduos orgânicos no lixo. Solicitem folhas de papel-toalha, se necessário. Reorganizem e sequem a bancada e deixem as banquetas encostadas na bancada.

Discussão e conclusão

Recomendações

Qual é a explicação sobre como foi gerada a tensão elétrica registrada considerando que o sistema não foi ligado a nenhuma fonte de energia?

Qual a função da luz solar ou da luz de lanterna?

Expliquem o que aconteceu quando a célula foi escurecida.

Que molécula/elemento químico encontrado na planta foi fundamental para acontecer este fenômeno?

Qual a relação com a fotossíntese - equação da reação?

Façam a representação esquemática da montagem da célula fotovoltaica feita pelo grupo.

Acrescentem outras informações como fórmula, dados ou imagens pesquisadas bem como um comentário sobre o que acharam dessa atividade e suas conclusões sobre a importância da energia solar para o futuro do desenvolvimento do Brasil. Utilizem o modelo de relatório fornecido (blogaulasdavera.wordpress.com).

APÊNDICE B – ATIVIDADE INVESTIGATIVA (NÍVEL 3)

Data:

Identificação do grupo

MEDIDAS DE SEGURANÇA

Abotoem o jaleco e prendam os cabelos (se abaixo do pescoço) e permaneçam com os óculos de segurança (ou óculos de grau). Movimentem-se devagar e falem baixo, ficando atentos às instruções. Se tiverem dúvida, consultem a professora. Por segurança, saibam que nada deve ser colocado na boca ou cheirado diretamente. Manusear com cuidado os materiais e equipamentos. Utilizar as imagens e informações pesquisadas sobre o assunto. Ao terminarem, desliguem aparelhos, lavem e reorganizem todo o material utilizado, descartando resíduos orgânicos no lixo e recicláveis nos recipientes de coleta.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Objetivos: Compreender como e quanto de energia as plantas sintetizam. Verificar a possibilidade de comprovar que é possível obter energia elétrica a partir de vegetais. Tecer considerações sobre o uso de energia fotovoltaica no Brasil.

Materiais previamente disponibilizados

- Folhas de vegetais e frutas vermelhas, béqueres, copo descartável, almofariz e pistilo, eletrodos de cobre e grafite, fios de cobre, alicate, lanterna.
- Garras e terminais, folhas de plástico preto, voltímetro, outros: sob solicitação.

Obs.: Havendo dúvidas sobre a operação de algum equipamento ou segurança de alguma substância, contatem a professora.

Recomendações

Registrem a representação esquemática da(s) montagem(s) utilizada(s) e comentem sobre as alterações para corrigir as montagens que não deram certo.

Discutam e concluam a atividade abordando:

- *Qual é a explicação para a(s) montagem(ns) utilizada(s)?*
- *Que fenômeno(s) foram observados?*
- *Quais foram as variáveis medidas?*
- *Quais hipóteses foram formuladas para explicar os fenômenos observados.*
- *Qual a relação dessa atividade investigativa com a fotossíntese?*
- *Acrescentem outras informações como fórmula, dados ou imagens pesquisadas bem como um comentário sobre essa atividade num relatório bem estruturado.*
- *Apresentem suas conclusões sobre a importância da energia solar para o futuro do desenvolvimento do Brasil.*
- *É possível que o cidadão comum gere de forma independente e até repasse energia elétrica a partir de sua residência para a concessionária?*
- *Comente sobre as pesquisas e reflexões que o grupo fez durante e após essa atividade.*