



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)/  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JEANN CÁSSIO BALDOINO MONTEIRO

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E O USO DE SIMULAÇÕES  
COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APLICAÇÃO DO EFEITO  
FOTOELÉTRICO EM PLACAS FOTOVOLTAICAS**

Catalão  
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

### 2. Nome completo do autor

Jeann Cássio Balduino Monteiro

### 3. Título do trabalho

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APLICAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO EM PLACAS FOTOVOLTAICAS

### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Julio Santiago Espinoza Ortiz, Professor do Magistério Superior**, em 25/08/2022, às 09:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JEANN CÁSSIO BALDUINO MONTEIRO, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 20:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3119428** e o código CRC **41BF131A**.

JEANN CÁSSIO BALDOINO MONTEIRO

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E O USO DE SIMULAÇÕES  
COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APLICAÇÃO DO EFEITO  
FOTOELÉTRICO EM PLACAS FOTOVOLTAICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física em Rede, do Instituto de Física, da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Professor Doutor Julio Santiago Espinoza Ortiz

Catalão  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Monteiro, Jeann Cássio Baldoino  
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E O USO DE  
SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA : Uma  
aplicação do efeito fotoelétrico em placas fotovoltaicas / Jeann Cássio  
Baldoino Monteiro. - 2022.  
80, LXXX f.

Orientador: Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto  
de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
em Rede, Catalão, 2022.  
Apêndice.

1. Ensino de Física. 2. Efeito Fotovoltaico. 3. Aprendizagem  
Baseada em Problemas. I. Ortiz, Julio Santiago Espinoza, orient. II.  
Título.

CDU 53



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

**Ata nº 05** da sessão de Defesa de Dissertação de Jeann Cássio Baldoino Monteiro, que confere o título de Mestre em Ensino de Física, na área de concentração Física na Educação Básica.

Aos cinco do mês de agosto de dois mil e vinte dois, a partir das 10:00 horas na sala 267 do bloco M, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Aprendizagem Baseada em Problemas e o Uso de Simulações Computacionais no Ensino de Física: uma Aplicação do Efeito Fotoelétrico em Placas Fotovoltaicas**” nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses(BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho(UFG), outra no corpo do texto(UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Julio Santiago Espinoza Ortiz (PPGEF/UFCAT)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor Eberth de Almeida Corrêa (UNB/GAMA)**, membro titular externo; **Professor Doutor Jalles Franco Ribeiro da Cunha (PPGEF/UFCAT)**, membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato ( x ) **Aprovado** ( ) **Reprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Julio Santiago Espinoza Ortiz**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos cinco dias do mês de agosto de dois mil e vinte dois.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Eberth de Almeida Corrêa, Usuário Externo**, em 14/09/2022, às 09:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 14/09/2022, às 14:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio Santiago Espinoza Ortiz, Professor do Magistério Superior**, em 14/09/2022, às 15:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3182455** e o código CRC **660530C8**.

## Nota

Os programas de Pós-Graduação *stricto sensu* em funcionamento na Universidade Federal de Catalão (UFCAT), em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, continuam provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás (UFG), por isso, todos os elementos pré-textuais do trabalho apresentado estão identificados como Universidade Federal de Goiás/Universidade Federal de Catalão em implantação, em função da migração da BDTD ter ocorrido a partir de 16 de agosto de 2021, assim como pelo fato das pesquisas e produtos serem realizados na UFCAT.

## Dedicatória

Dedico este trabalho à minha esposa, Laís Elaine. Ela que me ajudou a ressurgir das cinzas e dar um novo sentido à vida.

## Agradecimentos

A Deus por me dar saúde e capacidade de concluir esse mestrado, mesmo em meio a tantas mudanças na vida.

À minha esposa, Laís Elaine, por me estimular a crescer tanto interna quanto externamente, por estar sempre ao meu lado enfrentando os desafios da vida.

À minha família (pais e irmã) por compreender esse momento e me apoiar nas minhas decisões permitindo que tudo isso se realizasse.

Ao orientador desse trabalho, prof. Dr Julio, por me dar o suporte e ideias para a concretização desse projeto.

Ao professor Joel Fernandes do Colégio Estadual do Setor Palmito por dar o apoio na qualificação e na discussão dos conceitos da Física. Estou aprendendo muito com ele. Aproveito para agradecer a todos do colégio que de uma forma ou de outra me possibilitaram concluir esse mestrado.

A toda equipe do Colégio Família de Nazaré que me permitiu inovar na disciplina Oficina de Física, possibilitando a concretização desse projeto.

Aos alunos que participaram desse projeto e experimentaram uma nova forma de aprender Física.

À Universidade Federal de Catalão por nos dar todo o suporte e acompanhamento.

A meu amigo Ocione Pereira dos Santos que me ajudou nas disciplinas do mestrado e juntos desvendamos os procedimentos para tornar tudo isso possível. Aos colegas de turma pelas viagens compartilhadas (poucas, devido à pandemia) e a todos os outros que de uma forma ou de outra torceram, rezaram e ficaram felizes por essa conquista.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

### APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APLICAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO EM PLACAS FOTOVOLTAICAS

Jeann Cássio Baldoino Monteiro

Orientador:  
Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma sequência didática utilizando a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como metodologia de ensino e aprendizagem do conteúdo de efeito fotoelétrico. Inicialmente usamos simulação computacional para explicar aos alunos o efeito e permitir a eles a visualização do fenômeno. Depois, partindo da problemática da geração e distribuição de energia elétrica, propomos a eles que elaborassem um projeto de placas fotovoltaicas para uma determinada residência. Sabemos que a geração e transmissão de energia elétrica é um processo dispendioso e o preço desse item afeta diretamente a vida das famílias brasileiras. Procurar formas de amenizar esse problema é algo extremamente relevante. Esse projeto foi aplicado em uma turma do 1º ano do Ensino Médio em uma disciplina que atende o novo ensino médio. A aplicação se deu de forma presencial no período de pandemia da Covid-19. Inicialmente pensávamos em aplicá-lo em uma escola pública com alunos do 3º ano do Ensino Médio, mas devido a falta de estrutura da escola tivemos que alterar a turma e a escola. Notou-se que é necessário suporte do professor para o uso do computador na manipulação de simulação e o desempenho dos grupos segundo a metodologia da ABP foi satisfatória na solução dos problemas enfrentados e apresentaram dados relevantes para o projeto. Os projetos apresentados pelos alunos mostram o quanto se empenharam e inovaram na busca por soluções. A ABP é um método de ensino que coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem e leva para a realidade do aluno conceitos vistos em sala de aula. Embora sua atuação ainda seja incipiente, é bastante promissora e poderá trazer grandes ganhos para o professor e o aluno.

Palavras-chave: Ensino de Física, efeito fotovoltaico, Aprendizagem Baseada em Problemas.

Catalão - GO  
Março de 2022

# ABSTRACT

## PROBLEM BASED LEARNING AND THE USE OF COMPUTER SIMULATIONS IN PHYSICS TEACHING: AN APPLICATION OF THE PHOTOELECTRIC EFFECT IN PHOTOVOLTAIC PLATES

Jeann Cássio Baldoino Monteiro

Supervisor:

Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The objective of this work is to present a didactic sequence using Problem-Based Learning (PBL) as a teaching and learning methodology for the photoelectric effect content. Initially we used computer simulation to explain the effect to the students and allow them to visualize the phenomenon. After, starting from the problem of generation and distribution of electric energy, we propose to them that they elaborate a project of photovoltaic panels for a certain residence. We know that the generation and transmission of electricity is an expensive process and the price of this item directly affects the lives of Brazilian families. Looking for ways to alleviate this problem is extremely relevant. This project was applied in a class of the 1st year of high school in a subject that serves the new high school. The application took place in person during the Covid-19 pandemic period. Initially we thought of applying it in a public school with students from the 3rd year of high school, but due to the lack of school structure we had to change the class and the school. It was noted that teacher support is necessary for the use of the computer in handling the simulation and the performance of the groups according to the PBL methodology was satisfactory in solving the problems faced and presented relevant data for the project. The projects presented by the students show how much they committed and innovated in the search for solutions. PBL is a teaching method that places the student at the center of the learning process and takes concepts seen in the classroom into the reality of the student. Although its performance is still incipient, it is quite promising and could bring great gains for the teacher and the student.

Key words: Physics teaching, photovoltaic effect, Problem Based Learning.

## Sumário

<b>Capítulo 1: Introdução.....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos.....	14
<b>Capítulo 2: Fundamentação teórica da teoria da aprendizagem.....</b>	<b>16</b>
2.1 Histórico, fundamentos e características da ABP.....	16
2.2 O problema na abordagem ABP.....	17
2.3 O uso do computador no ensino.....	20
<b>Capítulo 3: Geração e consumo de energia elétrica.....</b>	<b>22</b>
3.1 Matriz energética e elétrica.....	22
3.2 O efeito fotovoltaico.....	24
3.3 O efeito fotoelétrico.....	27
3.4 Corrente e potência elétrica.....	30
3.5 Dispositivos de proteção.....	31
<b>Capítulo 4: Metodologia.....</b>	<b>33</b>
4.1 Público alvo.....	33
4.2 A simulação.....	34
4.3 Etapas da metodologia.....	36
4.3.1 Noções de ligação em série e em paralelo de geradores elétricos.....	36
4.3.2 Simulação e questionário.....	37
4.3.3 Projeto de placas fotovoltaicas.....	37
<b>Capítulo 5: Aplicação do produto e discussão dos resultados.....</b>	<b>39</b>
5.1 Análise do questionário.....	39
5.2 Análise da ABP.....	43
<b>Capítulo 6: Conclusões.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>Apêndice A – Questões sobre conceitos de eletricidade.....</b>	<b>50</b>
<b>Apêndice B – Questionário efeito fotoelétrico.....</b>	<b>51</b>
<b>Apêndice C – Produto educacional.....</b>	<b>52</b>

## Capítulo 1: Introdução

O ensino de Ciências hoje é bastante debatido e discutido a fim de encontrar formas de atingir a apreensão e aplicações dos conceitos pelos estudantes. Existem diversas formas e metodologias que perpassam pela experimentação, reflexão dos papéis do professor e do aluno e investigação científica que pretendem levar o estudante a pensar sobre sua atuação no meio em que vive e com aquilo que recebe externamente.

Devemos pensar qual o papel da Ciência na sociedade, qual a necessidade de se ensiná-la e quais frutos os estudantes podem gerar com o conhecimento construído ao longo dos anos. De modo particular, a Física se ocupa de estudar os fenômenos da natureza, mas a prática da maioria dos professores que atuam no ensino básico hoje no Brasil não consegue expressar essa beleza que a Física pode proporcionar. Gleiser (2000) já alertava que o distanciamento entre a Física da sala de aula, pautada em equações e matematização, e a realidade do aluno pode limitar a visão dos alunos sobre o que é a verdadeira Física. Além disso, até mesmo quem ensina, e aqui está um grande problema, pode perder de vista esse deslumbramento e essa correlação ao insistir ao longo dos anos em resumir o ensino da Física ao uso sistemático de equações que não se relacionam com situações reais.

Diante desse cenário, faz-se necessária uma busca por metodologias que valorizem a Ciência de modo puro e busque integrar os conhecimentos com a realidade do aluno e torne-o participante ativo do processo. Uma das abordagens que se revela bastante promissora é a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) que será explorada nesse trabalho e está exposta e discutida no *Capítulo 2* da presente dissertação. Este é um método centrado no aluno e o foco é resolver problemas do estudante, com o professor assumindo o papel de tutor ou orientador da aprendizagem. Na perspectiva da ABP a situação-problema precede a apresentação dos conceitos necessários para sua solução, sendo este o grande diferencial em relação aos outros métodos ativos e colaborativos (FILHO; EDMUNDO, 2009). O problema a ser abordado na perspectiva da ABP deve comportar várias respostas válidas, ser relevante ao exercício profissional dos alunos e ser facilmente encontrado na prática profissional (RIBEIRO, 2008 *apud* FILHO; EDMUNDO, 2009).

Esse apelo por uma abordagem mais ativa e investigativa dos estudantes também está presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ao citar que

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Dessa maneira, intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos, como no caso das matrizes energéticas e dos processos industriais, em que são indispensáveis os conhecimentos científicos, tais como os tipos e as transformações de energia, e as propriedades dos materiais. (BRASIL, 2018, p. 553)

Nesse trabalho traremos para a sala de aula o problema de geração de eletricidade e propor como alternativa a geração de energia a partir de fontes renováveis. Para isso, montaremos grupos que irão propor soluções baseadas em eletricidade gerada a partir de placas fotovoltaicas. O leitor encontrará no *Capítulo 3* dessa dissertação o arcabouço teórico do efeito fotoelétrico e será ofertado ao aluno, junto com o uso de simulação, a demonstração do efeito a ser estudado.

Dessa forma, avaliaremos o grau de interação dos alunos com a simulação e a partir disso refletiremos sobre o uso do computador em sala de aula. Sabemos que a realidade das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) está presente no cotidiano de muitas pessoas. Sabemos ainda que tanto os estudantes quanto os professores vivem imersos no mundo digital, seja por meio do *smartphone*, do computador e por outras mídias que possibilitam acessar nuvens digitais e algoritmos de programação disponibilizados abertamente. A informação está cada vez mais acessível e disseminada por todos os povos. Cada transação feita é registrada, tudo que é notícia passa por processamento digital, a interação entre as pessoas se torna cada vez mais virtual e o processo ensino aprendizagem também sofre a interferência do meio tecnológico.

Uma reflexão sobre as tecnologias da informação se faz necessário pois também é uma preocupação presente na BNCC que na parte de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, espera “que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas (como as de informação e

comunicação,...) em seu cotidiano, em setores produtivos, na economia, ...” (BRASIL, 2018, p. 552).

Pensando nesse cenário, surge o questionamento: o quanto o meio digital e tecnológico beneficia o processo ensino aprendizagem e o quanto ele interfere negativamente? Outro questionamento que fica evidente é: o quanto o professor e o aluno estão preparados para assumir seu papel nesse processo?

Professor e aluno são dois atores centrais no qual ocorre o propósito e a finalidade da educação e a troca de saberes e conhecimento. Devemos nos empenhar em entender como eles atuam para, a partir daí, avaliar suas ações e propor melhorias para ambos os lados.

O fato de abordarmos o uso das TICs se revela muito atual pois mostra o quanto ela está atrelada à vida das pessoas. Ao mesmo tempo, precisamos refletir sobre o impacto que elas nos trazem para a partir daí tomarmos as decisões embasadas em estudos, metodologias e aplicações.

Desse modo, o objetivo principal da pesquisa será criar um roteiro de estudos que alie o uso de simulação computacional e a aplicação da ABP. Queremos investigar como os alunos lidam com os problemas que o cercam, como a Física pode se aproximar da sua realidade e como ela pode oferecer caminhos e subsídios para o enfrentamento da crise energética que vivemos hoje. Queremos também avaliar qualitativamente de que forma as TICs impactam o processo ensino aprendizagem e a relação professor-aluno.

No *Capítulo 4* será apresentada a metodologia utilizada aliando a ABP ao uso do computador. No *Capítulo 5* apresentamos a aplicação do produto educacional (roteiro de aulas que atende ao objeto de estudo e o método de ensino aqui discutido) e a discussão dos resultados após a aplicação do produto sob a óptica da ABP. Finalizamos o trabalho com o *Capítulo 6* discorrendo sobre as conclusões tiradas com a aplicação do referido produto educacional.

## **1.1 Objetivos**

O propósito desse trabalho é apresentar e aplicar um roteiro utilizando a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) em conjunto com o uso do computador por meio de simulações aplicando o efeito fotoelétrico para

geração de energia elétrica. Para tanto, desenvolve-se os seguintes objetivos específicos:

- Formar pequenos grupos de alunos para debaterem os problemas propostos
- Pensar nos problemas que a escola e a sociedade em que está inserida está enfrentando
- Incentivar os alunos a pesquisarem e pensarem soluções para os problemas propostos
- Manipular simulações como auxílio ao entendimento do fenômeno físico estudado amparado por um guia em forma de questionário
- Avaliar a interação entre o conhecimento adquirido pelos alunos e as soluções dos problemas por eles apresentados.

## Capítulo 2: Fundamentação teórica da teoria da aprendizagem

### 2.1 Histórico, fundamentos e características da ABP

A ABP (em inglês, *Problem Based Learning* - PBL) teve seu surgimento por volta de 1960 sendo aplicada inicialmente nas universidades de medicina dos Estados Unidos e do Canadá. No Brasil, a ABP teve início na década de 1990 nos cursos de medicina da Universidade de Marília, em São Paulo e da Universidade de Londrina, no Paraná (SANTOS, 2010).

As ideias do filósofo John Dewey e do psicólogo Jerome Bruner contribuíram para os fundamentos conceituais da ABP. Bruner foi o principal proponente da aprendizagem por descoberta, na qual os estudantes são confrontados com problemas e discute-se a solução deles em grupos. Dewey considera muito importante a experiência para a atividade de aprender. Para ele, o conhecimento acumulado e preexistente tem sua devida importância na aprendizagem de novos conhecimentos. A aprendizagem deve ser instigada por meio de problemas ou situações que gerem dúvida, desequilíbrios ou perturbações intelectuais. Esse modelo de aprendizagem se diferencia da pedagogia tradicional, pois coloca o aluno como ativo no processo de ensino-aprendizagem.

“A ABP é um método especificamente desenvolvido para estimular o desenvolvimento de competências para a resolução de problemas e a aprendizagem autogerida” (SANTOS, 2010, p. 18). Por esse motivo, esse método apresenta diferentes metodologias e resultados nas diversas instituições em que é aplicado. É um método de ensino centrado no aluno e hoje é utilizado em diversos segmentos do ensino: área da saúde, da engenharia e da administração. O papel do professor é de guiar e facilitar a aprendizagem (Barrow, 1998 *apud* Santos, 2010) além de ser o orientador da aprendizagem. O professor também deve estimular o aluno a encontrar as respostas por meio da discussão em grupo ou outras fontes de pesquisa.

Embora a ABP tenha sido implantada inicialmente no ensino superior, existem estudos que tentam aplicá-la ao ensino básico na tentativa de oferecer um ensino mais criativo e inovador, no qual o estudante é o centro do processo ensino-aprendizagem (SANTOS, 2010; ANDRADE, 2007).

Andrade (2007) analisou uma proposta de ABP para o ensino médio no ensino de Biologia. A pesquisa desenvolvida por ela teve caráter qualitativo com base em um ciclo de três problemas de zoologia. No caso de Santos (2010), a pesquisa foi aplicada em turmas do segundo ano do ensino médio nas aulas de Química visando a interdisciplinaridade. O principal instrumento de coleta de dados foram os mapas conceituais elaborados pelos alunos antes e depois da aplicação da situação de aprendizagem. Constatou-se que quando os problemas se aproximam da realidade dos alunos, estes ficam mais motivados a aprender.

## **2.2 O problema na abordagem ABP**

Conforme destaca Ribeiro (2010, p. 29), o elemento motivador da ABP é o estudo de problemas. Esses problemas determinam o conteúdo a ser trabalhado e a abrangência e a profundidade com que será feito. O caminho para a solução de um problema na metodologia ABP não é conhecido e tenta-se levar o aluno a encontrar a melhor forma de resolver determinado problema.

O problema também deve ser de fim aberto, que significa que não vai ter apenas uma resposta correta e a busca pela solução deve levar o aluno a pesquisar em diversas fontes e não apenas encontrar a solução em um livro. Também deve-se atentar para a estruturação do problema. Problemas pouco estruturados darão aos alunos a oportunidade de “se engajarem em processo reiterativo de especulação, definição, coleta de informações, análise e redefinição do problema...” (RIBEIRO, 2010, p. 31). Dessa maneira, o aluno terá mais possibilidade de desenvolver habilidades de solução de problemas e estudo autônomo.

Todas essas características agregadas ao problema darão a ele mais robustez e mais chance de alcançar um ensino autônomo e exclusivo para cada grupo de alunos. Assim, as bases para aplicação desse método são (ZANONE, 2018, p. 9):

- Protagonismo do aluno;
- Proposição de problemas que é o norteador do processo de aprendizagem;
- Professor na posição de orientador.

O aluno, ao lidar com essa metodologia, começa a se despertar em aprender por conta própria, valoriza a leitura, valoriza o desenvolvimento de atividades em equipe para chegar a uma solução do problema proposto e consegue ver de perto o resultado prático de suas investigações (ZANONE, 2018, p. 10). Esse método de aprendizagem não consiste apenas em ensinar a resolver problemas, mas também ensinar a propor problemas. O aluno é colocado em situação de construção de seus conhecimentos.

Desse modo, o papel do professor deve ser repensado, pois

“...quando o professor incorpora a ABP na sua disciplina, dá ao aluno, através da resolução desse problema, a possibilidade de assumir a responsabilidade pela sua aprendizagem e, por isso, tem de estar preparado para atribuir aos alunos alguma responsabilidade nas decisões relativas ao processo de ensino–aprendizagem.” (MARTINS, 2002, p. 89)

Os princípios da aprendizagem que formam a base da ABP são: motivação epistêmica, interação com a vida real, metacognição, construção do conhecimento e interação social. Estes princípios guardam muitas semelhanças com as teorias de Ausubel, Bruner, Dewey, Piaget, Roger, entre outros (RIBEIRO, 2010).

Motivação epistêmica é entendida como a concentração de esforços cognitivos para se chegar a um entendimento completo de determinado problema e metacognição é a habilidade de refletir sobre determinada tarefa.

A ABP pode ser aplicada de diversas maneiras, seja em um de dois segmentos paralelos de um mesmo currículo (formato híbrido), ou em uma ou mais disciplinas em um currículo convencional (formato parcial), além de aplicar essa metodologia pontualmente em determinados momentos de disciplinas baseadas em aulas expositivas. De acordo com estudos na literatura feitos por Ribeiro (2010), a ABP contempla os seguintes objetivos educacionais:

- aprendizagem ativa: colocação de perguntas e buscas por respostas;
- aprendizagem integrada: é necessário o conhecimento de várias subáreas para a solução dos problemas;
- aprendizagem cumulativa: graduação de problemas desde os mais simples até aqueles enfrentados por profissionais iniciantes;

- aprendizagem para a compreensão: ao contrário da retenção de informações, esta se faz mediante a reflexão, *feedback* frequente e oportunidades para praticar o que foi aprendido.

A metodologia da ABP consiste nas seguintes etapas:

1. Apresenta-se uma situação-problema aos alunos que se dispõem em pequenos grupos. Nesse momento eles organizam as ideias com os conhecimentos que já possuem.
2. Os alunos debatem o problema entre si e anotam o que ainda não sabem, as chamadas questões de aprendizagem.
3. Os alunos separam as questões de aprendizagem de forma individual ou para todo o grupo. Nesse momento também podem, junto com o professor, discutir quais recursos são necessários para a investigação das questões de aprendizagem.
4. Ao se reencontrarem, os alunos integram seus novos conhecimentos ao contexto do problema. Eles continuam a tecer novas questões de aprendizagem à medida que progredem no problema. Isso mostra que a aprendizagem é um processo contínuo.
5. Após terminado o trabalho com o problema, os alunos desenvolvem habilidades de auto-avaliação e avaliação construtiva de colegas.

As vantagens de se utilizar a ABP estão “relacionadas ao favorecimento da aquisição de conhecimentos de forma mais significativa e duradoura e ao desenvolvimento de habilidades e atitudes profissionais positivas por parte dos alunos” (RIBEIRO, 2010, p. 41). Além disso, os alunos têm mais contato entre si ao discutirem o problema, pois trabalham em equipe, apresentam mais iniciativa e estão mais atentos a cumprirem os prazos estabelecidos. As desvantagens para os alunos giram em torno da imprecisão no conhecimento das teorias mais avançadas, além de obrigar os alunos a trabalharem no ritmo do grupo, não respeitando o ritmo individual.

Quanto aos docentes, a ABP encoraja o diálogo entre o corpo docente e o compartilhamento de experiências. No entanto, aparenta ser mais difícil para o professor trabalhar todos os conteúdos por meio dos problemas/projetos e incentivar os alunos a aprenderem as matérias básicas. Também surge como desvantagem a avaliação de desempenho individual.

Em relação à instituição, a ABP favorece a identificação precoce dos alunos que não se identificam com a futura profissão. A aplicação desse método requer uma estrutura organizacional horizontal, pois facilita o trabalho em conjunto entre tutores, professores das disciplinas de apoio e administradores.

### **2.3 O uso do computador no ensino**

Segundo Valente (1999, p. 11), “[...] a utilização de computadores na Educação é muito mais diversificada, interessante e desafiadora, do que simplesmente a de transmitir informação ao aprendiz.” Nesse sentido, a formação dos futuros professores deve prepará-los não apenas para enfrentar uma realidade que preza o computador para suas mais diferentes atividades (sejam elas de lazer ou de trabalho), mas também em saber orientar a utilização da tecnologia de forma a fazer valer os recursos que o computador dispõe, tomando o cuidado para que as TICs não sejam utilizadas como instrumentos de metodologias antigas, pois a cultura e a sociedade mudam com o tempo e são influenciados pelos novos produtos e técnicas que surgem, o que mostra Lévy (2008, p. 169) quando afirma que “os indivíduos toleram cada vez menos seguir cursos uniformes ou rígidos que não correspondem a suas necessidades reais e à especificidade de seu trajeto de vida”.

A internet oferece um amplo e ilimitado espaço para a propagação do conhecimento, porém, deve-se estudar e analisar profundamente como determinada postura e abordagem são realmente pertinentes para cumprir tanto com o currículo escolar quanto com a formação ativa do aluno. O computador, com seus recursos e potencialidades, é exemplo de uma tecnologia da informação, no qual em parceria com a internet se revela como um verdadeiro campo de estudo e aprendizado, abrindo espaço para pessoas compartilharem e terem acesso a conteúdos diversificados com profundidade em maior ou menor grau. Dessa forma, a internet oferece novos meios e inúmeras maneiras, que englobam desde a produção e disposição de conteúdo até novos estilos de aprender permitindo às pessoas desenvolverem-se cognitivamente. Sendo assim, a educação baseada na internet torna-se possível, pois as tecnologias da internet permitem um aumento na interação entre os estudantes, e a geração do conhecimento ocorre por meio da

cooperação e do compartilhamento da informação (COSTA e FRANCO, 2005, p. 4).

Sabendo, pois, a necessidade e importância de se usar *softwares* de computadores no processo ensino aprendizagem, devemos agora optar por uma teoria da aprendizagem que esteja de acordo com essa nova realidade e nos ajude a atingir os objetivos da aprendizagem.

Segundo Moreira (2000), a teoria da aprendizagem significativa leva em conta o conhecimento prévio do aluno, pois trata da interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Ainda segundo o mesmo autor, “o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.” (MOREIRA, 2000, p. 4)

De acordo com Gomes (2010), essa teoria está de acordo com os estudos e conclusões feitos por Ausubel que trata exatamente da utilização do conhecimento prévio do aluno. Para Ausubel, o novo conhecimento deve se conectar com o que o aluno já conhece por meio do subsunção, que “é uma estrutura específica por meio da qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano” (GOMES, 2010).

Desse modo, quando levamos em conta o que o aluno já conhece, podemos deixar o ensino mais rico e mais interessante, pois este é um dos principais desafios da educação atual: conectar o ensino da sala de aula com a realidade do aluno. Não devemos, portanto, minimizar a importância dos saberes científicos rebaixando-os a níveis culturais dos alunos, mas devemos promover uma melhoria dos conhecimentos que os alunos já possuem.

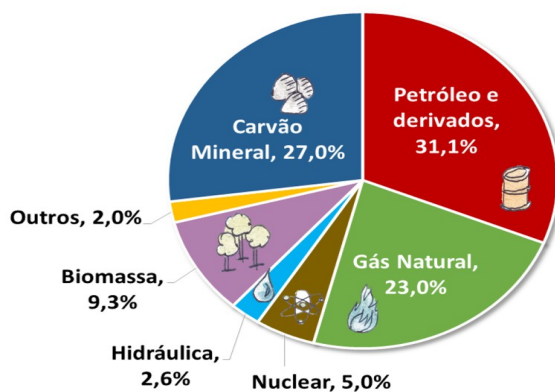
Ao integrarmos o conhecimento técnico com problemas reais, estamos promovendo uma importância dos conteúdos e valorizando o tempo que o aluno dedica a tal formação. Acreditamos que o uso do computador com a metodologia que contemple tais objetivos é um grande auxílio para se alcançar estes resultados.

## Capítulo 3: Geração e consumo de energia elétrica

### 3.1 Matriz energética e elétrica

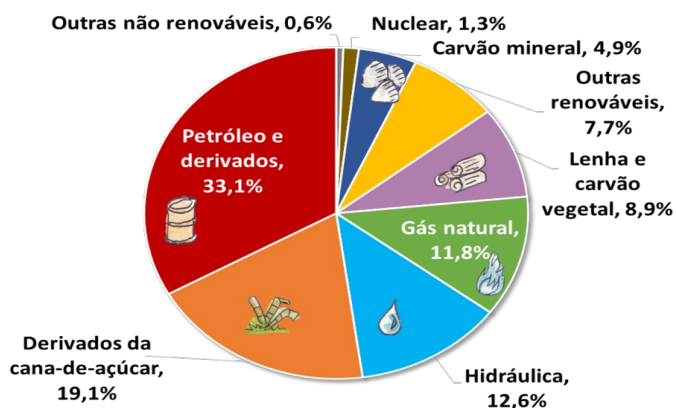
É importante entendermos de onde vem a energia elétrica que chega em nossas residências. Para isso, é necessário entender que a matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para os mais diversos fins, seja movimentar os carros, preparar a comida no fogão e gerar eletricidade. Já a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica (EPE, 2022).

O mundo apresenta uma matriz energética composta, principalmente, de fontes não-renováveis conforme se pode verificar no gráfico da figura 1. Essas fontes não-renováveis estão representadas por carvão, petróleo e gás natural.



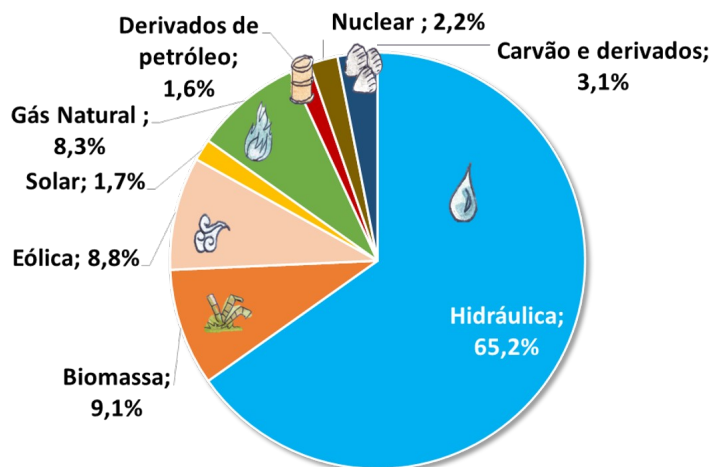
**Figura 1:** Matriz energética mundial em 2019. Fonte: EPE, 2022.

O Brasil apresenta uma matriz energética bem diferente da mundial, conforme se pode constatar pelo gráfico da figura 2. Nele podemos ver que usamos mais fontes renováveis do que no resto do mundo. Aqui no Brasil as renováveis representam 48,3% do total da matriz.



**Figura 2:** Matriz energética brasileira em 2020. Fonte: EPE, 2022.

Quando tratamos de matriz elétrica, podemos entender melhor como a energia consumida é gerada. A matriz elétrica brasileira é mais renovável que a energética porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. O gráfico da figura 3 mostra as fontes de energia elétrica no Brasil no ano de 2020.



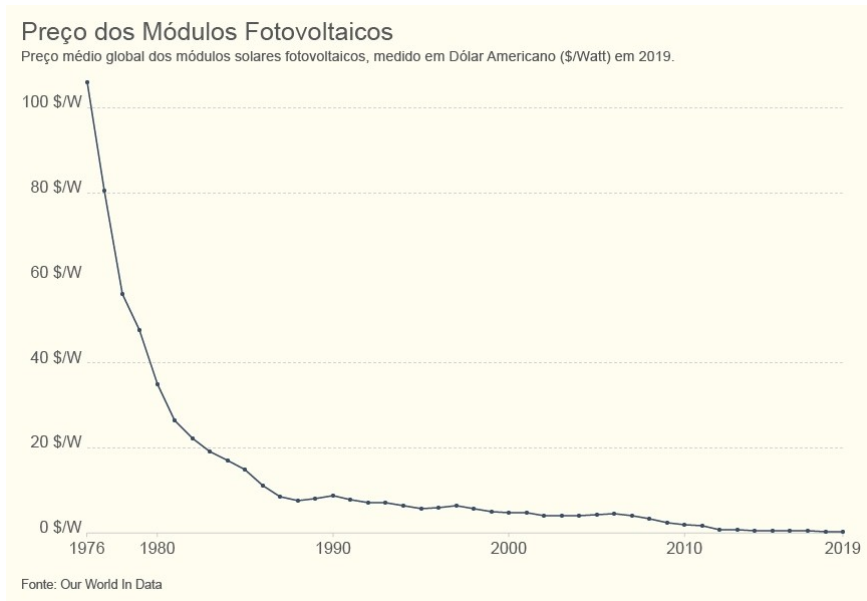
**Figura 3:** Matriz elétrica brasileira 2020. Fonte: EPE, 2022.

Podemos ver por esse gráfico que a energia solar é responsável apenas por 1,7% da matriz elétrica brasileira, mas esse número vem aumentando, principalmente com a disseminação do uso de placas fotovoltaicas em que cada residência pode gerar sua própria energia. A grande dificuldade está na implementação do projeto que requer um estimável valor financeiro inicial.

De acordo com pesquisas feitas pelo próprio autor em alguns *sites* de fornecedores de placas fotovoltaicas, uma placa que produz 335 W de potência está em torno de R\$ 750,00. Se considerarmos que essa placa receba radiação solar por 8 horas por dia, em um mês produzirá 80 400 Wh de energia, ou 80,4 kWh. Se uma família de 4 pessoas consome 500 kWh de energia em um mês, seriam necessárias pelo menos 7 placas como essa para atender a essa demanda o que geraria um custo de R\$ 5 250,00 somente com as placas.

De acordo com um levantamento feito pelo *site Our World in Data* (NEOSOLAR, 2022), o preço médio de um módulo fotovoltaico girava em torno de US\$ 0,38/W em 2019. Em relação às placas fotovoltaicas, os dados mostram que em 1976 o valor médio das placas era em torno de US\$ 106/W, indo para menos de US\$ 10/W na década de 1980 e menos de US\$ 5/W no

início do século XXI. O gráfico abaixo mostra a queda no valor dos módulos fotovoltaicos ao longo dos anos.



**Figura 4:** Custo do painel solar. Fonte: NEOSOLAR, 2022

### 3.2 O efeito fotovoltaico

É importante destacar que a geração de energia a partir da luz do Sol pode ser feita a partir de dois modos: energia fototérmica através de lentes ópticas e células fotovoltaicas baseadas no princípio do efeito fotoelétrico (SOLARVOLT, 2022).

A energia fototérmica utiliza placa solar de aquecimento. Esse tipo de placa capta a energia térmica da radiação solar e a transfere para a água ou outro fluido que necessita de aquecimento. Esse tipo de projeto requer mudanças na parte hidráulica da propriedade e tubulações resistentes às altas temperaturas.

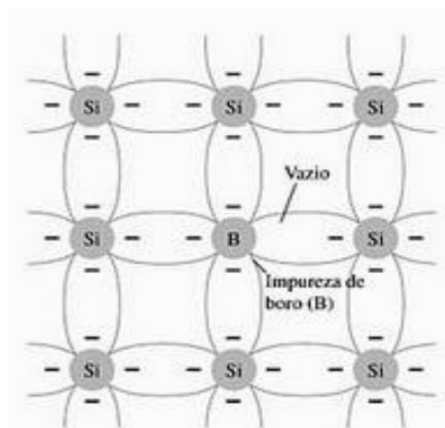
No entanto, o foco do nosso trabalho é investigar a geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas que utilizam o efeito fotovoltaico em seu funcionamento. Esse efeito foi observado pela primeira vez por Becquerel em 1839. O tipo de placa utilizada para esse efeito utiliza o princípio do efeito fotoelétrico explicado na próxima seção. Em 1950, os laboratórios Bell desenvolveram uma placa usando silício (SATTEL, 2016). O Silício, na sua forma pura, não é um bom condutor, porém, quando misturado a outros elementos, um processo chamado de dopagem, pode mudar essa característica.

Quando um fóton possui energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo, este fica carregado positivamente resultando em um buraco. Dessa maneira, o elétron liberado e o buraco podem se mover pela estrutura do material até a sua recombinação. Quando existe um campo elétrico nesse material, os elétrons se movem em uma direção e os buracos em outra. Desse modo, o campo elétrico separará os buracos dos elétrons, resultando também em uma diferença de potencial. Para suprir esse campo elétrico, constrói-se um dispositivo com dois materiais diferentes: um com excesso de elétrons e outro com falta de elétrons (PEREIRA, 2021).

Esse dispositivo é formado de semicondutores dopados, isto é, adição de determinados átomos de impureza no material semicondutor relativamente puro. Essa adição ocorre na proporção de 1 parte em 10 milhões, mas é suficiente para alterar significativamente a estrutura de banda, modificando assim as propriedades elétricas do material (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2004).

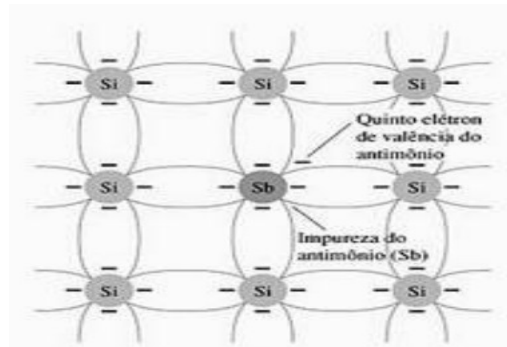
Os materiais semicondutores possuem um nível de condutividade entre os extremos de um isolante e de um condutor. A resistividade pode variar de 50 ohms-centímetro para o germânio, até 50 000 ohms-centímetro para o silício. Existem dois materiais extrínsecos para a fabricação de um dispositivo semicondutor: o material tipo  $n$  e o material tipo  $p$ .

O material tipo  $n$  é formado com a introdução dos elementos de impureza que possuem cinco elétrons de valência. Assim, quando esses elementos são associados ao silício (que possui 4 elétrons de valência), terão um elétron adicional tenuemente ligado ao seu átomo de origem e está relativamente livre para se mover dentro do material do tipo  $n$ . A figura 5 mostra a estrutura cristalina do silício dopado com antimônio.



**Figura 5:** Impureza de boro no material tipo  $p$ . Fonte: BOYLESTAD; NASHELSKY, 2004.

Já o material tipo p é formado dopando-se um cristal de silício ou germânio com átomos de impureza que possuem 3 elétrons de valência. Nesse material, haverá uma quantidade insuficiente de elétrons para completar a ligação com o silício ou o germânio. Esse espaço vazio é facilmente preenchido com um elétron livre (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2004). A figura 6 evidencia esse aspecto ao inserir boro como impureza no material tipo p.



**Figura 6:** Impureza de antimônio no material do tipo n. Fonte: BOYLESTAD; NASHELSKY, 2004.

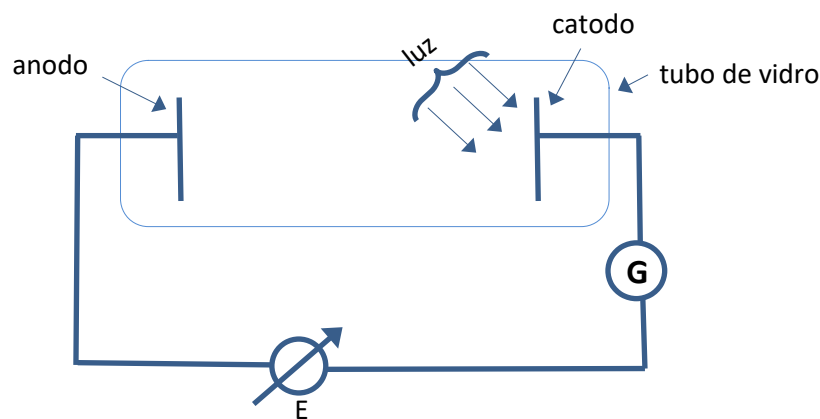
Uma célula solar gera, de maneira individual, alguns watts de energia (SATTEL, 2016), razão pela qual ela precisa ser agrupada, formando o módulo solar. Esses módulos, quando agrupados, formam um painel solar. Na célula solar, a camada inferior de silício é dopada com boro, dando ao silício uma carga positiva, chamada silício tipo p. A camada superior é dopada com fósforo, o que dá ao silício uma carga negativa, chamada de silício tipo n. Ao juntar essas duas camadas, cria-se a junção P-N (SATTEL, 2016). O efeito fotovoltaico caracteriza-se pela passagem do elétron entre essas camadas resultando em tensão elétrica.

Nas placas fotovoltaicas, o fóton penetra em uma célula fotovoltaica que transfere sua energia para um elétron. À medida que os elétrons deixam a placa, surge uma corrente elétrica e são orientados até um inversor. Este dispositivo transforma a corrente contínua em alternada, sendo essa transformação necessária para alimentar os equipamentos de determinada residência. Depois a corrente elétrica flui até a parte inferior de um painel solar, estabelecendo um circuito fechado.

### 3.3 O efeito fotoelétrico

Heinrich Hertz, em 1887, foi o primeiro a observar o efeito fotoelétrico. Um pouco antes, em 1883, Thomas Edison descobriu a emissão termoiônica, segundo a qual a energia para superar uma determinada barreira de potencial a um elétron era fornecida pelo aquecimento do material. No entanto, o modelo proposto por Thomas Edison não explicou o efeito fotoelétrico porque as superfícies usadas por Hertz não atingiam a temperatura necessária para a ocorrência da emissão termoiônica (YOUNG, 2009a).

O efeito fotoelétrico foi melhor analisado pelos físicos alemães Wilhelm Hallwachs e Philipp Lenard nos anos 1886 a 1900. Podemos descrever esse efeito usando a válvula fotoelétrica – dispositivo que contém dois eletrodos condutores (anodo e catodo) dentro de um tubo de vidro. Uma bateria ou outra fonte de diferença de potencial variável cria um campo elétrico do anodo para o catodo conforme a figura abaixo.



**Figura 7:** Demonstração do efeito fotoelétrico. Fonte: autor.

Com o feixe de luz incidente nota-se no galvanômetro uma corrente no circuito externo que varia de acordo com a voltagem, a frequência e a intensidade da luz. Hallwachs e Lenard verificaram que, quando a luz monocromática incide sobre o catodo, nenhum elétron é emitido se a frequência da luz for menor do que determinado valor que chamamos de frequência de corte. Essa frequência depende do material do catodo e está na faixa do visível para o potássio e o césio (YOUNG, 2009a).

Quando a frequência  $f$  é maior que a frequência de corte, alguns elétrons são ejetados com velocidade elevada. Se invertermos a polaridade da bateria, veremos que os elétrons com velocidades mais altas continuam a atingir o anodo, existindo assim uma corrente elétrica.

Para determinar a energia cinética máxima dos elétrons emitidos, podemos ajustar o potencial do anodo em relação ao catodo, chamado de  $V_{AC}$ , de tal forma que seu valor negativo seja suficiente para a corrente se anular. Isso acontece quando  $V_{AC} = -V_0$ , em que  $V_0$  é chamado de potencial de corte.

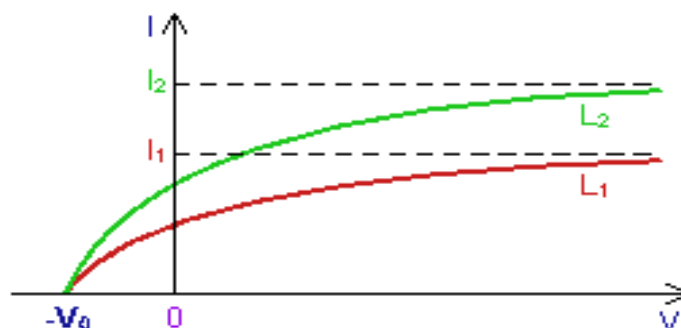
Os elétrons com velocidade máxima deixam o catodo com energia cinética  $K_{máx} = \frac{1}{2} m v_{máx}^2$  e esta mesma energia é zero no anodo. Pelo teorema do trabalho-energia (HALLIDAY, 2016), teremos

$$\begin{aligned} W_{total} &= -eV_0 = \Delta K = 0 - K_{máx} \\ K_{máx} &= \frac{1}{2} m v_{máx}^2 = eV_0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Dessa forma, ao medirmos o potencial de corte  $V_0$  podemos determinar a energia cinética máxima com a qual os elétrons deixam o catodo.

A figura 8 abaixo mostra que se a intensidade da luz aumenta, mas a frequência permanece constante, as curvas atingem um nível mais elevado de corrente elétrica, proporcional à intensidade, significando que um número maior de elétrons é emitido por unidade de tempo, porém, o potencial de corte  $V_0$  permanece constante. Para alterar esse potencial de corte é necessário alterar a frequência da luz incidente. Verifica-se que  $V_0$  é uma função linear da frequência  $f$ . Esse fato é surpreendente se pensarmos de acordo com a teoria clássica, pois ao aumentarmos a intensidade luminosa, aumentamos também a energia fornecida ao elétron.

O gráfico da figura 8 mostra que, para um dado valor de intensidade luminosa  $L$ , observa-se que a corrente aumenta com a voltagem até atingir um valor de saturação representado pela linha pontilhada. Outra observação é que, aumentando a intensidade da luz, sem modificar a frequência, a corrente de saturação aumenta na mesma proporção.



**Figura 8:** Corrente elétrica em função do potencial  $V$  do anodo em relação ao anodo para uma frequência da luz  $f$  constante. Fonte:

[https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq\\_XX\\_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm](https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq_XX_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm). Acesso em: 22/09/2021.

Esse resultado não é explicado pela física clássica, pois de acordo com ela, os elétrons ganham mais energia quando a intensidade da luz sobre eles aumenta, elevando assim o potencial de corte  $V_0$ . Outro fenômeno não explicado pela física clássica é a existência da frequência de corte, pois a intensidade de uma onda eletromagnética não depende da frequência e os experimentos do efeito fotoelétrico mostram que é necessária uma frequência mínima para arrancar elétrons da placa. Outro fato intrigante para a teoria clássica é que os elétrons são emitidos instantaneamente após a incidência na superfície de qualquer luz cuja frequência seja maior que a frequência de corte.

Para explicar o efeito fotoelétrico e resolver os problemas vislumbrados pela teoria clássica, Albert Einstein, em 1905 postulou que um feixe de luz era constituído por pequenos pacotes de energia, chamados fótons ou quanta. A energia  $E$  de um fóton é igual a uma constante  $h$  vezes a frequência  $f$ . Para ondas eletromagnéticas no vácuo, temos

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (3.2)$$

$h$  é uma constante universal chamada de constante de Planck cujo valor é aproximadamente  $h = 6,62 \times 10^{-34}$  J.s.

Um fóton que atinge uma superfície é absorvido por um elétron. Essa transferência ocorre de maneira total ou nula, ou seja, ou o elétron ganha a energia total do fóton, ou não absorve nenhuma energia. Isso explica também porque a emissão do elétron é instantânea quando atingido por um fóton.

Sendo  $\phi$  a função trabalho, isto é, a energia mínima necessária para remover um elétron da superfície, e  $hf$  a energia que um elétron ganhou do fóton, Einstein, ao aplicar a lei da conservação da energia, mostrou que a energia cinética máxima  $K_{máx} = \frac{1}{2} m v_{máx}^2$  é dada pela diferença entre essas duas energias:

$$K_{máx} = \frac{1}{2} m v_{máx}^2 = hf - \phi \quad (3.3)$$

Substituindo a equação 3.1 em 3.3:

$$eV_0 = hf - \phi \quad (3.4)$$

Dessa maneira, para um dado material do catodo, podemos medir o potencial de corte  $V_0$  para todos os diversos valores de  $f$ . A partir do gráfico de

$V_0$  em função de  $f$ , podemos determinar tanto a função trabalho  $\phi$ , quanto o valor da grandeza  $h/e$ .

### 3.4 Corrente e potência elétrica

Como o resultado desse trabalho é a elaboração de um pequeno projeto que conste a quantidade de placas fotovoltaicas e alguns elementos indispensáveis para sua implementação, é interessante mencionar aqui uma revisão dos conceitos de corrente e potência elétrica, além de alguns dispositivos de proteção elétrica, já que o funcionamento do sistema requer o conhecimento destes conceitos.

Corrente elétrica, de um modo geral, é o deslocamento de cargas de uma região a outra ocasionado por uma diferença de potencial ou a ação de um campo elétrico externo a elas. A maioria das aplicações tecnológicas que presenciamos no dia a dia envolve correntes em materiais condutores. Nos condutores que estão em equilíbrio eletrostático, não há corrente elétrica, mas isso não significa que todas as cargas do condutor estejam em repouso. Em um metal comum, alguns elétrons se movem de maneira caótica em todas as direções com velocidades da ordem de  $10^6$  m/s. Como esse movimento é caótico e os elétrons não escapam do material, não podemos dizer que existe corrente elétrica.

Porém, quando um campo elétrico  $\vec{E}$  estacionário e constante é estabelecido no interior de um condutor, uma partícula carregada nesse condutor é submetida a uma força estacionária  $\vec{F} = q\vec{E}$ . No entanto, como essa partícula está imersa em um meio cheio de outros átomos e íons, ela não tem toda a liberdade de se movimentar, acabando por colidir com outras partículas maiores. Assim, além do movimento caótico das partículas carregadas, existe um movimento muito lento, ou movimento de arraste de um grupo de partículas carregadas na direção da força elétrica. Esse movimento é descrito pela velocidade de arraste (YOUNG, 2009b).

Define-se corrente como o movimento de cargas positivas mesmo nos casos em que a corrente é produzida pelos elétrons. Essa grandeza é designada pela letra  $I$  e, por convenção, possui o mesmo sentido do campo elétrico. A corrente é definida como o fluxo total das cargas através da área por

unidade de tempo. Se uma carga  $dQ$  flui através de uma área em um intervalo de tempo  $dt$ , a corrente  $I$  é dada por

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (3.5)$$

Pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de medida da corrente é o ampère (A).

Quando a corrente através de um elemento do circuito (seja gerador ou receptor) é  $I$ , em um intervalo de tempo  $dt$  passa pelo elemento uma carga  $dQ = I \cdot dt$ . A variação na energia potencial para essa quantidade de carga é  $V_{ab} dQ = V_{ab} I dt$  sendo  $V_{ab}$  a diferença de potencial entre os terminais do elemento. Dividindo essa expressão por  $dt$ , obtemos a taxa em que a energia é transferida para dentro (receptor) ou para fora (gerador) do elemento. Essa taxa de tempo da transferência de energia é a potência ( $P$ ):

$$P = V_{ab} I \quad (3.6)$$

A unidade de medida de  $P$  é o watt (W).

A potência denominada de dissipada é aquela em que as cargas do elemento colidem com os átomos ali presentes. É o que ocorre com os resistores, fazendo aumentar a energia interna do material. Nesse caso, ou a temperatura do resistor aumentará ou haverá um fluxo de calor para fora dele.

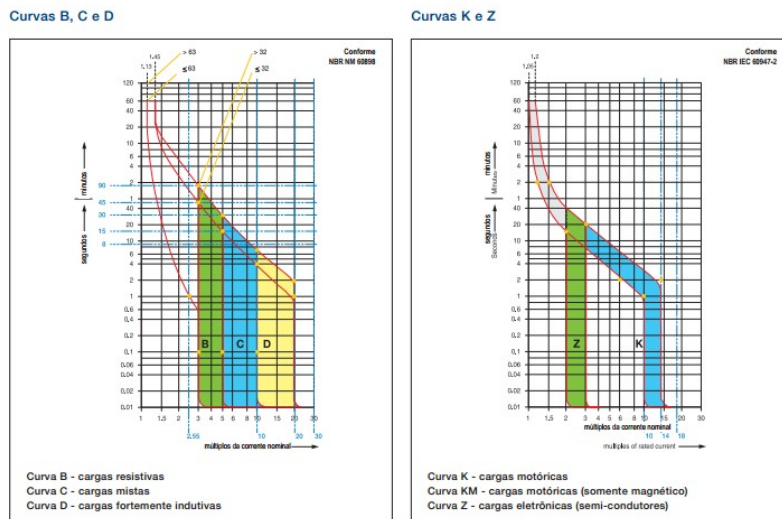
### 3.5 Dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção são essenciais em circuitos para o correto funcionamento deste e a proteção de quem o opera. Dentre a gama de opções presentes hoje no mercado, podemos destacar o disjuntor, o fusível e o dispositivo de proteção CA e CC no caso de placas fotovoltaicas.

Um disjuntor é um dispositivo eletromecânico que serve para interromper o fluxo de corrente elétrica usando para isso um eletroímã ou lâmina bimetálica para desarmá-lo. As funções de um disjuntor são de seccionar circuitos e ligar e desligar circuitos e cargas. Ele possui desarme automático ao detectar um curto circuito ou uma sobrecarga (MATTEDE, 2022).

Os disjuntores são classificados quanto às curvas denominadas de B, C, D ou Z. Os de curva B desarmam entre 3 e 5 vezes o valor da corrente nominal e são indicados para chuveiros e lâmpadas incandescentes. Os de

curva C atuam entre 5 e 10 vezes a corrente nominal. São aplicados em lâmpadas fluorescentes e transformadores. Já os de curva D atuam entre 10 e 20 vezes a corrente nominal. São usados em cargas com alta corrente de partida. Os de curva Z desarmam entre 2 e 3 vezes a corrente nominal e são usados em máquinas e equipamentos industriais (BARBOZA, 2022). A figura 9 ilustra essas curvas.



52 | Soluções modulares para proteção elétrica

**Figura 9:** Curvas dos disjuntores. Fonte: Barboza, 2022.

Um fusível é constituído de um fio feito com uma liga de estanho-chumbo com baixo ponto de fusão. Quando a corrente supera o valor máximo especificado para o fusível, o fio se funde e interrompe o circuito.

O dispositivo de proteção CA é usado para condições transitórias de sobretensão e o de proteção CC desvia a descarga elétrica do sistema para a haste de aterramento. São elementos essenciais em um projeto de instalação de placas fotovoltaicas, além do inversor que converte a energia contínua gerada pelos painéis fotovoltaicos em alternada para alimentar o restante do circuito ou devolver à concessionária de energia elétrica.

## Capítulo 4: Metodologia

### 4.1 Público alvo

Para aplicar o projeto aqui proposto e atingir os objetivos desse trabalho, inicialmente havíamos planejado de aplicá-lo em turmas do 3º ano do ensino médio de um colégio estadual da cidade de Goiânia-GO nos meses finais de 2021. Porém, devido a provas externas, feriados, liberação de alguns alunos que já haviam sido aprovados e falta de estrutura de internet e computadores na escola, não foi possível a aplicação desse projeto.

No ano de 2022 surgiu a oportunidade, para o autor desse trabalho, de aplicá-lo em um colégio particular na mesma cidade. A disciplina que comportaria esse projeto é intitulada “Oficina de Física”. É oferecida no turno vespertino para alunos do 1º ano do Ensino Médio como parte da implantação do chamado “Novo Ensino Médio”. Especificamente nesse colégio em que o projeto foi aplicado, essa disciplina é oferecida apenas aos alunos do 1º ano do Ensino Médio para completar a carga horária dos alunos e oferecer a eles a oportunidade de ter mais contato com a produção do conhecimento científico. O colégio conta com laboratório didático de ciências da natureza possibilitando ao aluno manusear equipamentos de medida e verificar hipóteses e teorias.

A aplicação desse projeto se deu nos meses de janeiro a março de 2022, período este que o mundo ainda enfrentava as diversas consequências da pandemia da Covid-19. É importante destacar que em março de 2020 as escolas e universidades optaram pelo ensino remoto, no entanto, com o passar do tempo essa atitude foi sendo revista e as aulas presenciais voltaram gradativamente. No ano de 2022 todas as escolas da rede básica da cidade de Goiânia voltaram com aulas presenciais sem revezamento de alunos. Esse foi o contexto de aplicação do projeto.

O colégio em que o projeto foi aplicado tem como missão

oferecer aos estudantes um espaço educativo de todas as dimensões da pessoa humana, fundado nos valores cristãos, que não substitua a responsabilidade educativa inalienável da família, mas que potencialize o protagonismo dos pais, os ajude a construir o projeto educativo que queiram para os seus filhos e assessorá-los com os meios mais adequados para levar este projeto a termo. (CFN, 2022)

A identidade pedagógico-educativa do colégio é centrada na pessoa, segundo a concepção cristã do homem e da vida. Esta concepção pretende promover uma educação completa, integral a fim de estimular o desenvolvimento pleno do estudante. É um colégio que oferece ensino desde o nível da alfabetização até o ensino médio. Cada sala conta com no máximo 20 alunos.

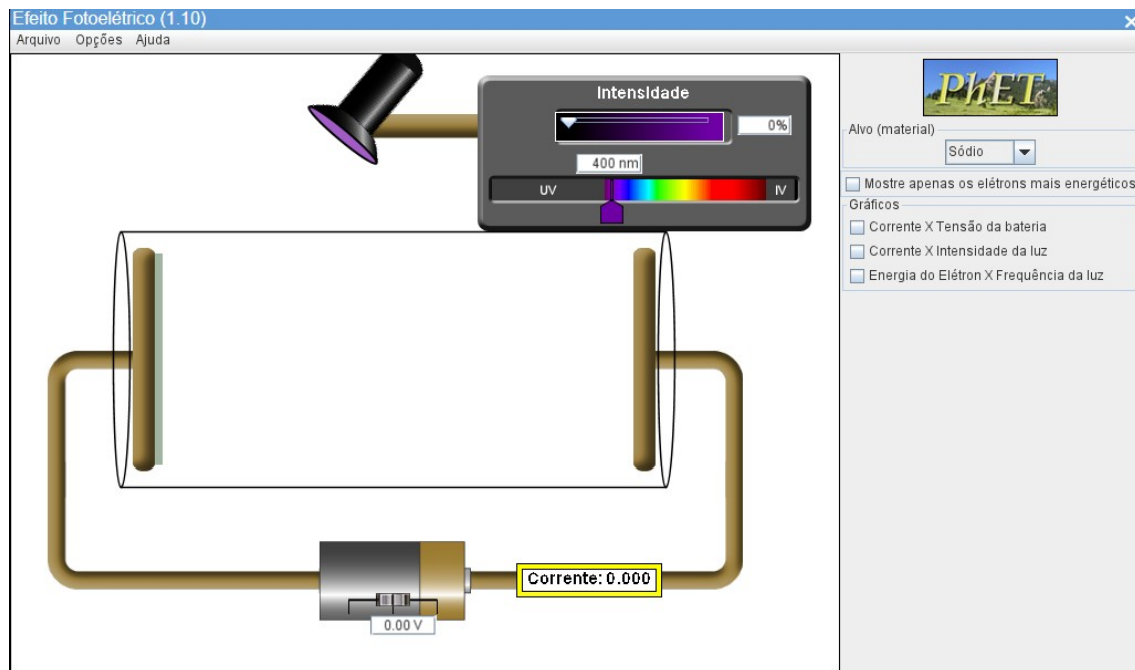
Aproveitamos para salientar que esse projeto seja aplicado também nas escolas públicas utilizando os recursos que lá estão. Sabemos que são limitados, mas a adaptação e criatividade do professor em diversos contextos alcançam horizontes que nos surpreendem. Uma sugestão, caso a escola não possua computadores disponíveis, é de o aluno utilizar o próprio aparelho celular, desde que conectado a internet e que contenha os requisitos do sistema para a execução da simulação.

Esse trabalho foi pensado para ser executado em pelo menos 9 aulas de 50 minutos conforme detalhadas no roteiro presente no produto educacional dessa dissertação, podendo sofrer variação dependendo do número de alunos que irão participar de todo o processo.

## **4.2 A simulação**

Como o foco desse trabalho é de analisar o aprendizado dos alunos por meio de tecnologias da informação e comunicação e ainda propor a metodologia da ABP, separamos a metodologia em duas partes: a simulação com o questionário e o desenvolvimento do projeto. Mas antes de explaná-las, apresentamos a simulação que utilizamos no projeto. Trata-se da simulação Efeito fotoelétrico presente no site Phet Colorado ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)). A figura 10 mostra a tela principal da simulação.

Nessa simulação os alunos podem alterar a intensidade da luz incidente no alvo, o comprimento de onda da luz e o material do alvo. Além disso, pode-se verificar o gráfico da corrente em função da tensão da bateria ou da intensidade da luz e da energia do elétron em função da frequência da luz. O amperímetro mostra o valor instantâneo da corrente e a bateria pode ter o valor da tensão variado e até mesmo a sua polaridade pode ser invertida.



**Figura 10:** Simulação Phet Colorado para manipulação das variáveis do efeito fotoelétrico.

Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR)

Nesse experimento podemos visualizar os seguintes elementos:

- uma fonte de luz com ajuste de intensidade (que se traduz na quantidade de fótons que ela emite)
- placas por onde os elétrons são arrancados, acelerados e entram novamente no circuito
- bateria.

O principal objetivo é mostrar o efeito fotoelétrico acontecendo, no qual a incidência de luz em dada frequência provoca a emissão de cargas elétricas do material utilizado nas placas. Espera-se que nessa simulação o aluno descubra que a intensidade da luz influencia na quantidade de elétrons arrancados da placa e o comprimento de onda da luz interfere na retirada ou não de elétrons do material utilizado. Ao manipular a simulação o aluno será capaz de entender que trocando-se o material, altera-se o comprimento de onda da luz capaz de arrancar elétrons da placa.

O fato de escolhermos o tema de efeito fotoelétrico, foi devido a grande presença na aplicação desse fenômeno nos dias de hoje, principalmente nas placas fotovoltaicas utilizadas para geração de energia elétrica, de maneira limpa. Podemos perceber que há uma grande adesão das famílias à geração desse tipo de energia em vista da facilidade que as concessionárias de energia elétrica e o governo oferecem. A energia elétrica gerada por meio de

hidrelétricas é um recurso escasso e limitado. Quando a sociedade opta por gerar sua energia a partir de placas fotovoltaicas, esse recurso passa a ser renovável e mais abundante.

Outro fator que nos motivou a tratar desse tema é por ser parte da chamada Física Moderna e Contemporânea (FMC). Geralmente os alunos possuem pouco acesso a FMC devido a dois fatores: falta de formação e atualização dos professores e pouco tempo dedicado ao ensino desse tema, já que é um dos últimos tópicos a ser tratado no ensino médio.

Dessa maneira, queremos apresentar uma proposta de ensino em que o aluno é coparticipante e ativo no processo ensino aprendizagem e o mantém atualizado e pronto para entender como as novas tecnologias funcionam baseadas no fenômeno físico estudado.

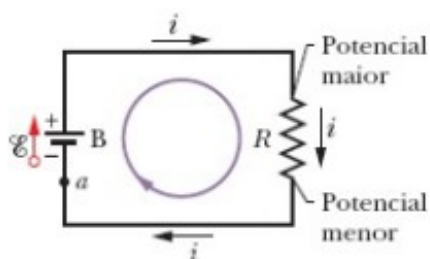
### 4.3 Etapas da metodologia

#### 4.3.1 Noções de ligação em série e em paralelo de geradores elétricos

É útil que inicialmente o professor dê aos alunos uma noção de ligação em série e em paralelo de geradores, pois as placas fotovoltaicas serão ligadas dessa maneira e também para que o aluno se familiarize com as propriedades de cada tipo de ligação. Nessa etapa o professor já insere os conceitos de corrente, potencial e potência elétrica dando ao aluno condições de entender o que ocorre no nível microscópico dos materiais.

O professor deve ressaltar que na ligação em série de geradores, todos eles são percorridos pela mesma corrente elétrica e a força eletromotriz (fem) total é dada pela soma das forças eletromotrizes de cada gerador. Na ligação em paralelo, os geradores são submetidos a mesma diferença de potencial desde que sejam idênticos e fornecem uma fem que equivale a fem individual.

O professor pode, por meio de um circuito simples, como o da figura 11, mostrar como a corrente circula no circuito e como a análise do circuito é feita tendo em vista a lei de Kirchhoff.



**Figura 11:** Circuito simples contendo gerador ideal e resistor. Fonte: Halliday, 2016, p. 377.

Desse modo, quando percorremos um determinado circuito e atravessamos uma fonte de tensão do terminal positivo (+) para o negativo (-), a fem deve ser considerada negativa. Se percorrida ao contrário, a fem deve ser positiva (YOUNG, 2009b). É recomendável que se observe que, na fem, a corrente vai do – para + e no resistor, vai do + para o -. Isso pelo fato de que a fem funciona como uma “bomba” colocando as cargas em movimento a cada novo ciclo. Aqui é importante dizer que a fem é um gerador e o resistor um receptor transformando a energia elétrica em térmica.

O professor dará ao aluno oportunidade de conhecer alguns elementos presentes nos circuitos elétricos e ao fim da aula propor questões, que estão no apêndice A, que envolvam esses conteúdos.

#### **4.3.2 Simulação e questionário**

Após o professor apresentar aos alunos o tema do efeito fotoelétrico, eles serão convidados a manipular a simulação a partir das variáveis disponíveis, isto é, intensidade da luz, comprimento de onda da luz e tensão da bateria. Com isso eles terão mais uma oportunidade de entender que a frequência e o comprimento de onda estão intimamente relacionados à emissão de elétrons e a intensidade da luz contribui para a quantidade de elétrons que são retirados do material. Para guiar os alunos na exploração dessa simulação, será disponibilizado a eles um questionário que deverá ser respondido ao mesmo tempo que executam a simulação. Esse questionário está presente no apêndice B.

A intenção de responder esse questionário por meio da simulação é de analisar como o ensino pode acontecer por meio do uso do computador. Será que a aprendizagem realmente é facilitada e o aluno consegue atingir os conhecimentos e objetivos desejados?

#### **4.3.3 Projeto de placas fotovoltaicas**

Tendo como base a teoria da aprendizagem baseada em problemas, pretendemos propor aos alunos a construção de um projeto de placas fotovoltaicas, já que o problema de geração, distribuição e consumo de eletricidade é um tema frequente nas mídias e discussões da comunidade.

Assim, a segunda etapa da atividade será calcular a quantidade de placas fotovoltaicas para o abastecimento de uma residência. Cada grupo irá eleger a residência de um integrante para fazer o projeto. Ao ter acesso às faturas dos meses anteriores, o aluno calculará a média de consumo de energia elétrica e com base em valores comerciais de potência das placas fotovoltaicas pesquisados pelo grupo, o aluno conseguirá obter a quantidade mínima de placas para a necessidade da sua residência.

Aqui de fato a aprendizagem baseada em problemas irá acontecer, pois o grupo enfrentará problemas, dividirá as tarefas entre si e o professor mediará todo esse processo. Ao final, espera-se que cada grupo apresente um pequeno projeto como solução do problema apresentado. Esse projeto deve conter a quantidade de placas necessárias, a instalação de equipamentos indispensáveis ao funcionamento do sistema, a ocupação e localização das placas e o cálculo da economia gerada pela implementação do sistema. O professor deverá, então, analisar a participação dos integrantes do grupo, a solução apresentada por eles e verificar o envolvimento dos alunos no decorrer desse processo.

## **Capítulo 5: Aplicação do produto e discussão dos resultados**

Como dito anteriormente no capítulo de metodologia, este trabalho foi aplicado em um colégio particular da cidade de Goiânia-GO. A turma em que o trabalho foi desenvolvido tem 20 alunos. Nas duas aulas iniciais o professor explicou sobre os conceitos de corrente, potencial e potência elétrica, além da associação de resistores e suas características. Nestas aulas os alunos participaram fazendo exercícios propostos pelo professor a fim de entenderem as propriedades de cada tipo de associação.

Na terceira aula o professor mostrou aos alunos o fenômeno do efeito fotoelétrico por meio da simulação, mostrando as funcionalidades do recurso, as variáveis e contextualizando para as principais aplicações do cotidiano. No fim da aula o professor solicitou a cada aluno que, em casa, acessasse a simulação e também o formulário eletrônico contendo as questões.

### **5.1 Análise do questionário**

Somente 10 alunos responderam ao questionário. As respostas dadas por eles são analisadas a seguir.

#### **Pergunta 1: Ao manipular o comprimento de onda e intensidade da luz, qual o valor máximo do comprimento de onda para a ocorrência do efeito fotoelétrico para o material Sódio?**

Pela simulação, o efeito fotoelétrico para o Sódio ocorreria até no máximo 530 nm de comprimento de onda. Dos 10 alunos que responderam a esse questionário, 3 responderam corretamente em torno desse valor e o restante respondeu valores muito diferentes desse ou colocaram respostas sem sentido com a pergunta.

#### **Pergunta 2: Quando se muda a intensidade da luz, o que ocorre com os elétrons que são retirados do material?**

A simulação mostra que, aumentando a intensidade da luz, mais elétrons são liberados do material. Dentre as respostas dadas pelos alunos, 6 responderam corretamente que mais elétrons são retirados do material. Alguns

outros confundiram energia cinética com a quantidade de elétrons que saíam da placa e uma resposta que não condizia com a pergunta.

Exemplos de respostas dadas para esta questão:

**Aluno 3:** “a quantidade de elétrons diminui quando se abaixa a intensidade da luz e aumenta quando se aumenta a intensidade.”

**Aluno 4:** “Se aumentarmos a intensidade os elétrons se movem com mais rapidez, se diminuirmos os elétrons se movem com mais lentidão, dependendo nem circulam no material.”

**Aluno 6:** “Quando se aumenta a intensidade, se aumenta a corrente. Quando se abaixa a intensidade, se abaixa a corrente.”

Aqui nota-se uma certa confusão entre deslocamento de cargas e partículas em movimento:

**Aluno 11:** “Os elétrons ejetados da placa não ganham mais energia cinética.”

### **Pergunta 3: Quando se muda o comprimento de onda da luz, o que ocorre com os elétrons que são retirados do material?**

A resposta esperada para essa pergunta é que, quanto maior o comprimento de onda, mais lentos os elétrons arrancados iriam para a outra placa. Dos alunos que responderam ao questionário, 5 deram respostas próximas a isso. Outros confundiram com a quantidade de elétrons arrancados e outros ainda deram respostas sem nexos com a pergunta.

Exemplos de respostas dadas a essa pergunta:

**Aluno 2:** “Ficam lentos.”

**Aluno 3:** “quando o nm aumenta, a quantidade de elétrons diminui. Quando o nm diminui, a quantidade de elétrons aumenta.”

**Aluno 4:** “São retirados em menor quantidade de elétrons.”

**Aluno 6:** “Quanto mais próximo da luz ultravioleta, maior é a corrente. Quanto mais próximo da luz infravermelho menor é a corrente.”

**Aluno 7:** “Muda a velocidade e quantidade de elétron que são retirados.”

**Aluno 10:** “eles induzem mais energia”

### **Pergunta 4: Alterando o valor da diferença de potencial da bateria para valores positivos, o que ocorre com a corrente elétrica?**

A simulação mostra que variando a diferença de potencial da bateria para valores positivos, isto é, sem mudar sua polaridade, a corrente elétrica permanece constante. Somente 1 aluno respondeu de forma correta. Outros responderam equivocadamente dizendo que a corrente iria aumentar ou sofrer sobrecarga.

Exemplos de respostas dadas pelos alunos a esta questão:

**Aluno 4:** “A corrente fica mais forte.”

**Aluno 6:** “A corrente é acelerada.”

**Aluno 7:** “A corrente aumenta”

**Aluno 8:** “A corrente elétrica se mantém, mas nota-se um aumento de velocidade no movimento dos elétrons.”

**Pergunta 5: Ao manipular o comprimento de onda e intensidade da luz, qual o valor máximo do comprimento de onda para a ocorrência do efeito fotoelétrico para o material Platina?**

Pela simulação, o efeito fotoelétrico deixa de acontecer a partir de 180 nm. Das respostas analisadas, 4 alunos deram esse valor ou algo próximo. O restante deu valores muito discrepantes ou respostas teóricas que não atendiam o objetivo da pergunta.

**Pergunta 6: O que podemos concluir sobre a diferença do comprimento de onda para ocorrência do efeito fotoelétrico quando comparamos o sódio com a platina?**

Ao manipular a simulação, constata-se que o efeito fotoelétrico é mais restrito de acontecer com a platina do que com o sódio, isto é, o efeito fotoelétrico acontece num intervalo de frequência menor na platina do que no sódio. Pelas perguntas anteriores, percebe-se que, enquanto no sódio o efeito é suspenso a partir de 530 nm, na platina isso ocorre a partir de 180 nm. Das respostas analisadas, 5 responderam corretamente à questão e outros responderam erroneamente ou não deram respostas condizentes com a pergunta.

Exemplos de respostas:

**Aluno 2:** “ambos interferem em todos os elétrons”

**Aluno 3:** “Que o sódio pode ser usado com uma maior quantidade de números, enquanto a platina necessita estar a 196 nm, no mínimo, para funcionar.”

**Aluno 4:** “A diferença é de que a platina precisa de um baixo nível de comprimento de onda para a passagem de elétrons com mais rapidez, já o sódio mesmo com um alto nível de comprimento passa uma grande quantidade de elétrons, mais em menor velocidade”

**Aluno 5:** “O valor da platina em mais baixo que o do sódio.”

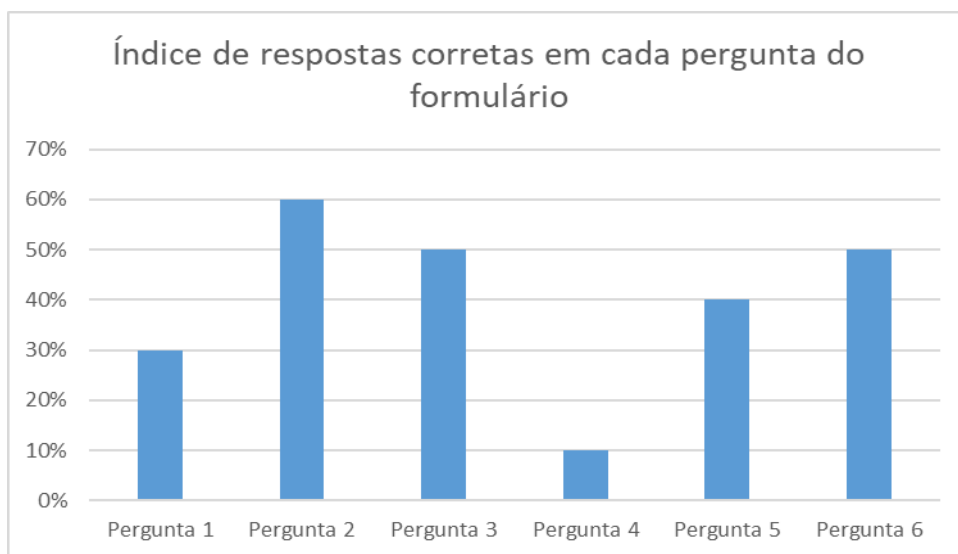
**Aluno 6:** “O comprimento das ondas com o sódio tem mais resistência a permanecer na luz infravermelho. Já as ondas com platina tem menos resistência a permanecer na luz infravermelho.”

**Aluno 7:** “São iguais.”

**Aluno 8:** “Podemos concluir que a platina necessita de um intervalo de tamanho de comprimento de onda menor para que seus elétrons sejam arrancados, o que impacta na corrente elétrica gerada por esse material com o efeito fotoelétrico. Já no sódio os elétrons são arrancados num intervalo grande de tamanho do comprimento de onda, o que faz com que mesmo em diferentes comprimentos de onda haja corrente elétrica., também havendo a vantagem de haver uma maior corrente elétrica no intervalo entre 100 nm e 197 nm.”

**Aluno 11:** “Podemos concluir que o efeito fotoelétrico é bem mais evidente na platina do que no sódio.”

O gráfico abaixo mostra o índice de acerto dos alunos em cada pergunta.



**Figura 12:** Índice de acertos em cada pergunta.

Podemos concluir, com esses dados, que a aprendizagem dos alunos não atendeu bem o nível desejado. Entendemos que a manipulação por si só da simulação sem o acompanhamento do professor pode não atingir o nível de conhecimento desejado. Muitos alunos recorreram a respostas na internet e/ou deram respostas fora do esperado. Perceba que o índice de acertos não ultrapassou 60%.

Por outro lado, podemos verificar que, como esse projeto foi aplicado em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, que ainda não viu os conceitos de potencial elétrico, comprimento de onda e frequência, espera-se que eles tenham certa dificuldade de compreender questões que explorem esses conceitos. Atentando-se para as questões 1 e 4 que tiveram menores índices de acertos, vemos que elas cobram conhecimento de ondulatória e potencial elétrico.

## **5.2 Análise da ABP**

Na aula seguinte, o professor apresentou aos alunos toda a temática do problema de geração de energia elétrica e pediu aos alunos que formassem grupos de 5 a 6 alunos. Cada grupo escolheria um dos integrantes para fazer uma prévia de quantas placas fotovoltaicas seriam necessárias para atender a referida residência. Dessa etapa todos os alunos da turma participaram. No decorrer das semanas, o professor perguntava aos alunos como estavam indo o projeto e se os grupos precisavam de alguma coisa. Alguns tiraram algumas dúvidas com relação ao modelo do projeto ou ao que de fato o professor desejava obter.

Nas últimas aulas, aconteceram as apresentações dos projetos pelos alunos. Eles elaboraram slides para a apresentação. As informações que os grupos apresentaram foram pertinentes para a implantação de um sistema de placas fotovoltaicas em uma residência, tais como: modelo e quantidade das placas, dimensões, área ocupada, eficiência energética, preço e consumo médio de energia elétrica. Alguns grupos levaram informações bastante pertinentes para a realização do projeto e até entraram em contato com fornecedores para buscar informações de rendimento e potência gerada.

Os grupos relataram problemas principalmente em relação ao entrosamento da equipe e distribuição de tarefas. Alguns deixaram para última

hora, o que afetou no recolhimento de mais informações, e sobrecarregando um ou outro integrante do grupo. As figuras 13, 14 e 15 a seguir mostram alguns slides por eles apresentados. Os alunos que apresentaram esses projetos residem em casa e moram em famílias com média de 4 pessoas.

## Projeto de Placa Fotovoltaica

- ◆ Residência: casa da Cecilia
- ◆ O consumo da família é de: 3.319 Watts
- ◆ Seria necessário 10 placas de 330 w.
- ◆ A área que as placas ocupariam seria de:19,4432m<sup>2</sup>
- ◆ As placas seriam instaladas em cima da casa(no telhado)
- ◆ O preço total das placas mais a instalação ficaria de:R\$12.790,00

**Figura 13:** Apresentação do projeto de placas fotovoltaicas pelo grupo 1.



**Figura 14:** Apresentação do projeto de placas fotovoltaicas pelo grupo 2.

### Solução para a casa

- Maior consumo registrado em um mês: 343 kWh
- Modelo de placa escolhido: **Painel Solar Fotovoltaico 550W - Sunova SS-550-72-MDH - NeoSolar - R\$1500,00**
- Dimensões: 2,3 x 1,1 m
- Eficiência energética: 21,7%
- Geração em um mês: 64,5 kWh. Para ser gerada a quantidade de energia para cobrir o consumo mensal, são necessários 6 painéis de 550 Wp, totalizando 387 kWh.
- Área total de 6 painéis: 15,18 m<sup>2</sup>
- Preço total: R\$9000,00
- Seriam instaladas na parte de cima da casa por conta da maior incidência solar e por não haver espaço no quintal.



**Figura 15:** Apresentação do projeto de placas fotovoltaicas pelo grupo 3.

Ao questionar os alunos sobre as principais dificuldades que enfrentaram, eles disseram que foi encontrar as informações sobre as placas e atribuir as atividades entre si. O professor notou que houve esforço por parte dos alunos em entregar o trabalho dentro do prazo, mas poderiam se organizar melhor entre si e apresentar mais informações que fossem necessárias para a realização da instalação das placas fotovoltaicas.

## Capítulo 6: Conclusões

Esperamos com esse projeto adaptar a metodologia da ABP no ensino de Física. Queremos explorar essa teoria da aprendizagem como forma de oferecer experiências e recursos para os diversos professores que atuam nessa fase do ensino. Sabemos das dificuldades que cada escola enfrenta na sua realidade e o quanto o ensino-aprendizagem requer inovação, mudança e adaptação a cada novo cenário.

Esse trabalho também deve servir de apoio para que outros professores tomem conhecimento dessa experiência e possam avaliá-la sobre a implementação ou não em seu meio de trabalho levando em conta suas circunstâncias, suas expectativas e seu público.

A parte do trabalho que explorou o uso da simulação mostrou que esse recurso precisa ser amparado pelo professor, pois os alunos mostraram algumas conclusões fora do esperado. Assim, a orientação do professor é necessária para guiar o aluno no entendimento correto do fenômeno analisado.

Sobre a ABP, percebemos que os grupos formados enfrentaram alguns problemas, como era de se esperar, foram em busca de informações necessárias para a viabilidade do projeto e o entregaram em tempo hábil. Entendemos que o uso da ABP mobilizou os alunos, deu a eles a oportunidade de aplicação do efeito fotoelétrico e cumpriram com as etapas do projeto.

O presente trabalho não tem a intenção de dar um veredicto sobre a abordagem baseada em problemas, nem da utilização das TICs no ensino de Física, pois existem outras realidades que podem gerar resultados diferentes dos que encontramos aqui. O intuito é de contribuirmos para esse tema e somarmos experiências nesse campo de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Mariana Aparecida Bologna Soares de. **Possibilidades e limites da aprendizagem baseada em problemas no ensino médio**. 2007. 181 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90926>>.

BARBOZA, Marcelo. **Disjuntor curva... B, C, D**. In: Murr Elektronik. Disponível em: <<http://blog.murrelektronik.com.br/disjuntor-curva/>>. Acesso em: 21 abr. 2022.

BOYLESTAD, Robert L; ; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. Tradução Rafael Monteiro Simon. 8 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CFN. Missão do Colégio Família de Nazaré, 2022. Disponível em: <<https://www.familiadenazare.com.br/>>. Acesso em: 13 março 2022.

COSTA, Luciano A. C. da; FRANCO, Sérgio R. K. Ambientes virtuais de aprendizagem e suas possibilidades construtivistas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 1, mai. 2005. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/13781>>. Acesso em: 07 mai. 2012.

EFEITO FOTO-ELÉTRICO. UFRGS. Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq\\_XX\\_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm](https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq_XX_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm)>. Acesso em: 13 out 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2022. disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 22 março 2022.

FILHO, Edmundo Escrivão; RIBEIRO, Luís Roberto de Camargo. **Aprendendo com PBL: aprendizagem baseada em problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESCUSP**. **Rev. Minerva**, São Carlos, v. 6. n. 1, p. 23-30, jan./abr. 2009. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/Minerva%2006\(01\)%2003.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(01)%2003.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2021.

GLEISER, M. “Por que ensinar física?”. In: **Revista física na escola**. vol.1, n.1.,2000.

GOMES, Rolfi Cintas, et al. **Teorias de aprendizagem: pré-concepções de alunos da área de exatas do ensino superior privado da cidade de São Paulo**. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 3, 2010. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132010000300013#not3](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000300013#not3)>. Acesso em: 07 jan. 2021.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física**, vol. 4: óptica e Física Moderna. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução Carlos Irineu da Costa. 2. ed. São Paulo: Ed. 34, 2008. 264 p.

MARTINS, Janae Gonçalves. **Aprendizagem Baseada em Problemas aplicada a Ambiente Virtual de Aprendizagem**. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002.

MATTEDE, Henrique. **Como funcionam os disjuntores**. In: Mundo da elétrica. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-os-disjuntores/>>. Acesso em: 21 abr. 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000.

NEOSOLAR. **Qual o preço de uma placa solar fotovoltaica?** Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/placa-solar-fotovoltaica/preco-placa-solar-fotovoltaica>>. Acesso em 23 abr. 2022.

PEREIRA, Rodrigo de Oliveira. **Células fotovoltaicas: uma sequência didática sobre ligação de geradores em série e em paralelo**. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2021.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma experiência no ensino superior**. São Paulo: EdUFSCar, 2010. 151 p.

SANTOS, Crizélia Gislane Bezerra. **Explorando a aprendizagem baseada em problemas no ensino médio para tratar de temas interdisciplinares a partir das aulas de química**. 2010. 104 p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, 2010. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-23042013-120646/pt-br.php>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SATTEL, Sam. **How Solar Panels & Solar Electricity Works**. Autodesk. 2016c. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/solar-panels-solar-electricity-works/>>. Acesso em: 13 out. 2021.

SOLARVOLT. **Placa fotovoltaica e fototérmica: qual a diferença entre elas?** Disponível em: <<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/placa-fotovoltaica-e-fototermica-qual-diferenca-entre-elas/#:~:text=Enquanto%20as%20placas%20fotot%C3%A9rmicas%20geram,v%C3%A1rias%20c%C3%A9lulas%20%20normalmente%20de%20sil%C3%Adcio.>>. Acesso em: 21 abr. 2022.

VALENTE, J. A. Informática na educação no Brasil: Análise e contextualização histórica. In: \_\_\_\_\_. **O computador na sociedade do conhecimento**. OEA\_NIED/UNICAMP, Campinas, 1999.

YOUNG, Hugh D. **Física IV: ótica e física moderna**. Tradução Cláudia Martins. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

\_\_\_\_\_. **Física III: eletromagnetismo**. Tradução Sonia Midori Yamamoto. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ZANONE, Adelino. **Aprendizagem Baseada em Problema Aplicada no Ensino de Astronomia para o Ensino Fundamental - Séries Finais**. 2018. Dissertação de mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós graduação em Ensino de Física, 2018.

## Apêndice A – Questões sobre conceitos de eletricidade

Este questionário visa avaliar a compreensão dos fenômenos físicos de corrente, potencial e potência elétrica e as propriedades dessas grandezas em associações em série e em paralelo de geradores.

**1** – Uma pessoa deseja instalar lâmpadas na sala de tal maneira que elas brilhem com a máxima intensidade. Qual deve ser o tipo de ligação a ser utilizada?

**2** – Como o voltímetro deve ser ligado para realizar as medidas de um elemento do circuito?

**3** – Um resistor de  $50 \Omega$  é ligado a uma fonte de tensão contínua de 20 V. Calcule a corrente elétrica que passa por ele.

**4** – Um aparelho eletrônico de potência 250 W fica ligado por 5 h por dia durante 30 dias. Calcule a energia consumida por ele nesse período.

**5** – Duas pilhas ideais de 1,5 V são ligadas em série e em paralelo. Calcule a força eletromotriz total de cada associação.

## **Apêndice B – Questionário efeito fotoelétrico**

Questionário aplicado aos alunos durante a execução da simulação Efeito fotoelétrico disponível no site *Phet Colorado*.

**1** – Ao manipular o comprimento de onda e intensidade da luz, qual o valor máximo do comprimento de onda para a ocorrência do efeito fotoelétrico para o material Sódio?

**2** – Quando se muda a intensidade da luz, o que ocorre com os elétrons que são retirados do material?

**3** – Quando se muda o comprimento de onda da luz, o que ocorre com os elétrons que são retirados do material?

**4** – Alterando o valor da diferença de potencial da bateria para valores positivos, o que ocorre com a corrente elétrica?

**5** - Ao manipular o comprimento de onda e intensidade da luz, qual o valor máximo do comprimento de onda para a ocorrência do efeito fotoelétrico para o material Platina?

**6** – O que podemos concluir sobre a diferença do comprimento de onda para ocorrência do efeito fotoelétrico quando comparamos o sódio com a platina?

## **Apêndice C – Produto educacional**



Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT)

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E O USO DE SIMULAÇÕES  
COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA APLICAÇÃO DO EFEITO  
FOTOELÉTRICO EM PLACAS FOTOVOLTAICAS**

**Jeann Cássio Baldoino Monteiro**

Orientador: Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Catalão, GO

2022

## **Apresentação**

Caro(a) professor(a),

Este é o produto educacional sugerido pela dissertação do mestrado profissional em ensino de física intitulada “Aprendizagem baseada em problemas e o uso de simulações computacionais no ensino de física: uma aplicação do efeito fotoelétrico em placas fotovoltaicas”. O autor da dissertação pretende, com esse produto, oferecer ao professor uma maneira de aplicar a metodologia da aprendizagem baseada em problemas aliada ao uso do computador no ensino de Física.

Sabemos dos inúmeros desafios que o professor enfrenta na sala de aula por fatores internos e externos ao ambiente escolar. Nesse cenário, é importante que o professor tenha à sua disposição métodos diferentes que alcancem a aprendizagem do aluno. O processo ensino-aprendizagem é bastante desafiante, e por isso, contar com material de suporte que nos ofereça alternativas ao ensino é muito importante para os desafios e problemas que enfrentamos no dia a dia.

Nesse material de produto educacional, o leitor encontrará uma explicação sobre a teoria da aprendizagem adotada, uma explicação teórica sobre o efeito fotoelétrico que foi abordado e necessário para a aplicação do projeto, a divisão em aulas sugerida pelo autor da dissertação e as referências bibliográficas.

O autor espera que faça bom proveito das ideias e sugestões aqui expostas e sinta-se apto para fazer as mudanças necessárias de acordo com a realidade que vivencia.

## Sumário

<b>Capítulo 1: Introdução.....</b>	<b>4</b>
1.1 Objetivos.....	6
<b>Capítulo 2: Fundamentação teórica da teoria da aprendizagem.....</b>	<b>8</b>
2.1 Histórico, fundamentos e características da ABP.....	8
2.2 O problema na abordagem ABP.....	9
2.3 O uso do computador no ensino.....	12
<b>Capítulo 3: Metodologia.....</b>	<b>14</b>
3.1 A simulação.....	14
3.3 Etapas da metodologia.....	16
3.3.1 Noções de ligação em série e em paralelo de geradores elétricos.....	16
3.3.2 Simulação e questionário.....	17
3.3.3 Projeto de placas fotovoltaicas.....	18
Aula 1: Introdução à ligação de geradores em série e em paralelo.....	19
Aula 2: Introdução ao efeito fotoelétrico.....	21
Aula 3: Exploração da simulação do efeito fotoelétrico pelos alunos e resposta ao questionário sugerido.....	22
Aula 4: Explicação aos alunos da metodologia, exposição do problema e divisão dos grupos.....	24
Aula 5: Acompanhamento, pelo professor, das discussões em grupo, do desenvolvimento do tema e momento tira dúvidas dos alunos.....	25
Aula 6: Apresentação, pelos grupos, das soluções dadas ao problema...26	
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>

## Capítulo 1: Introdução

O ensino de Ciências hoje é bastante debatido e discutido a fim de encontrar formas de atingir a apreensão e aplicações dos conceitos pelos estudantes. Existem diversas formas e metodologias que perpassam pela experimentação, reflexão dos papéis do professor e do aluno e investigação científica que pretendem levar o estudante a pensar sobre sua atuação no meio em que vive e com aquilo que recebe externamente.

Devemos pensar qual o papel da Ciência na sociedade, qual a necessidade de se ensiná-la e quais frutos os estudantes podem gerar com o conhecimento construído ao longo dos anos. De modo particular, a Física se ocupa de estudar os fenômenos da natureza, mas a prática da maioria dos professores que atuam no ensino básico hoje no Brasil não consegue expressar essa beleza que a Física pode proporcionar. Gleiser (2000) já alertava que o distanciamento entre a Física da sala de aula, pautada em equações e matematização, e a realidade do aluno pode limitar a visão dos alunos sobre o que é a verdadeira Física. Além disso, até mesmo quem ensina, e aqui está um grande problema, pode perder de vista esse deslumbramento e essa correlação ao insistir ao longo dos anos em resumir o ensino da Física ao uso sistemático de equações que não se relacionam com situações reais.

Diante desse cenário, faz-se necessária uma busca por metodologias que valorizem a Ciência de modo puro e busque integrar os conhecimentos com a realidade do aluno e torne-o participante ativo do processo. Uma das abordagens que se revela bastante promissora é a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) que será explorada nesse trabalho e está exposta e discutida no capítulo 2 desse produto educacional. Este é um método centrado no aluno e o foco é resolver problemas do estudante, com o professor assumindo o papel de tutor ou orientador da aprendizagem. Na perspectiva da ABP a situação-problema precede a apresentação dos conceitos necessários para sua solução, sendo este o grande diferencial em relação aos outros métodos ativos e colaborativos (FILHO; EDMUNDO, 2009). O problema a ser abordado na perspectiva da ABP deve comportar várias respostas válidas, ser relevante ao exercício profissional dos alunos e ser facilmente encontrado na prática profissional (RIBEIRO, 2008 *apud* FILHO; EDMUNDO, 2009).

Esse apelo por uma abordagem mais ativa e investigativa dos estudantes também está presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ao citar que

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Dessa maneira, intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos, como no caso das matrizes energéticas e dos processos industriais, em que são indispensáveis os conhecimentos científicos, tais como os tipos e as transformações de energia, e as propriedades dos materiais. (BRASIL, 2018, p. 553)

Nesse trabalho traremos para a sala de aula o problema de geração de eletricidade e propor como alternativa a geração de energia a partir de fontes renováveis. Para isso, montaremos grupos que irão propor soluções baseadas em eletricidade gerada a partir de placas fotovoltaicas.

Dessa forma, avaliaremos o grau de interação dos alunos com a simulação e a partir disso refletiremos sobre o uso do computador em sala de aula. Sabemos que a realidade das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) está presente no cotidiano de muitas pessoas. Sabemos ainda que tanto os estudantes quanto os professores vivem imersos no mundo digital, seja por meio do *smartphone*, do computador e por outras mídias que possibilitam acessar nuvens digitais e algoritmos de programação disponibilizados abertamente. A informação está cada vez mais acessível e disseminada por todos os povos. Cada transação feita é registrada, tudo que é notícia passa por processamento digital, a interação entre as pessoas se torna cada vez mais virtual e o processo ensino aprendizagem também sofre a interferência do meio tecnológico.

Uma reflexão sobre as tecnologias da informação se faz necessário pois também é uma preocupação presente na BNCC que na parte de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, espera “que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas (como as de informação e comunicação,...) em seu cotidiano, em setores produtivos, na economia, ...” (BRASIL, 2018, p. 552).

Pensando nesse cenário, surge o questionamento: o quanto o meio digital e tecnológico beneficia o processo ensino aprendizagem e o quanto ele interfere negativamente? Outro questionamento que fica evidente é: o quanto o professor e o aluno estão preparados para assumir seu papel nesse processo?

Professor e aluno são dois atores centrais no qual ocorre o propósito e a finalidade da educação e a troca de saberes e conhecimento. Devemos nos empenhar em entender como eles atuam para, a partir daí, avaliar suas ações e propor melhorias para ambos os lados.

O fato de abordarmos o uso das TICs se revela muito atual pois mostra o quanto ela está atrelada à vida das pessoas. Ao mesmo tempo, precisamos refletir sobre o impacto que elas nos trazem para a partir daí tomarmos as decisões embasadas em estudos, metodologias e aplicações.

Desse modo, o objetivo principal da pesquisa será criar um roteiro de estudos que alie o uso de simulação computacional e a aplicação da ABP. Queremos investigar como os alunos lidam com os problemas que o cercam, como a Física pode se aproximar da sua realidade e como ela pode oferecer caminhos e subsídios para o enfrentamento da crise energética que vivemos hoje. Queremos também avaliar qualitativamente de que forma as TICs impactam o processo ensino aprendizagem e a relação professor-aluno.

## **1.1 Objetivos**

O propósito desse trabalho é apresentar e aplicar um roteiro utilizando a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) em conjunto com o uso do computador por meio de simulações aplicando o efeito fotoelétrico para geração de energia elétrica. Para tanto, desenvolve-se os seguintes objetivos específicos:

- Formar pequenos grupos de alunos para debaterem os problemas propostos
- Pensar nos problemas que a escola e a sociedade em que está inserida está enfrentando

- Incentivar os alunos a pesquisarem e pensarem soluções para os problemas propostos
- Manipular simulações como auxílio ao entendimento do fenômeno físico estudado amparado por um guia em forma de questionário
- Avaliar a interação entre o conhecimento adquirido pelos alunos e as soluções dos problemas por eles apresentados.

## Capítulo 2: Fundamentação teórica da teoria da aprendizagem

### 2.1 Histórico, fundamentos e características da ABP

A ABP (em inglês, *Problem Based Learning* - PBL) teve seu surgimento por volta de 1960 sendo aplicada inicialmente nas universidades de medicina dos Estados Unidos e do Canadá. No Brasil, a ABP teve início na década de 1990 nos cursos de medicina da Universidade de Marília, em São Paulo e da Universidade de Londrina, no Paraná (SANTOS, 2010).

As ideias do filósofo John Dewey e do psicólogo Jerome Bruner contribuíram para os fundamentos conceituais da ABP. Bruner foi o principal proponente da aprendizagem por descoberta, na qual os estudantes são confrontados com problemas e discute-se a solução deles em grupos. Dewey considera muito importante a experiência para a atividade de aprender. Para ele, o conhecimento acumulado e preexistente tem sua devida importância na aprendizagem de novos conhecimentos. A aprendizagem deve ser instigada por meio de problemas ou situações que gerem dúvida, desequilíbrios ou perturbações intelectuais. Esse modelo de aprendizagem se diferencia da pedagogia tradicional, pois coloca o aluno como ativo no processo de ensino-aprendizagem.

“A ABP é um método especificamente desenvolvido para estimular o desenvolvimento de competências para a resolução de problemas e a aprendizagem autogerida” (SANTOS, 2010, p. 18). Por esse motivo, esse método apresenta diferentes metodologias e resultados nas diversas instituições em que é aplicado. É um método de ensino centrado no aluno e hoje é utilizado em diversos segmentos do ensino: área da saúde, da engenharia e da administração. O papel do professor é de guiar e facilitar a aprendizagem (Barrow, 1998 *apud* Santos, 2010) além de ser o orientador da aprendizagem. O professor também deve estimular o aluno a encontrar as respostas por meio da discussão em grupo ou outras fontes de pesquisa.

Embora a ABP tenha sido implantada inicialmente no ensino superior, existem estudos que tentam aplicá-la ao ensino básico na tentativa de oferecer um ensino mais criativo e inovador, no qual o estudante é o centro do processo ensino-aprendizagem (SANTOS, 2010; ANDRADE, 2007).

Andrade (2007) analisou uma proposta de ABP para o ensino médio no ensino de Biologia. A pesquisa desenvolvida por ela teve caráter qualitativo com base em um ciclo de três problemas de zoologia. No caso de Santos (2010), a pesquisa foi aplicada em turmas do segundo ano do ensino médio nas aulas de Química visando a interdisciplinaridade. O principal instrumento de coleta de dados foram os mapas conceituais elaborados pelos alunos antes e depois da aplicação da situação de aprendizagem. Constatou-se que quando os problemas se aproximam da realidade dos alunos, estes ficam mais motivados a aprender.

## **2.2 O problema na abordagem ABP**

Conforme destaca Ribeiro (2010, p. 29), o elemento motivador da ABP é o estudo de problemas. Esses problemas determinam o conteúdo a ser trabalhado e a abrangência e a profundidade com que será feito. O caminho para a solução de um problema na metodologia ABP não é conhecido e tenta-se levar o aluno a encontrar a melhor forma de resolver determinado problema.

O problema também deve ser de fim aberto, que significa que não vai ter apenas uma resposta correta e a busca pela solução deve levar o aluno a pesquisar em diversas fontes e não apenas encontrar a solução em um livro. Também deve-se atentar para a estruturação do problema. Problemas pouco estruturados darão aos alunos a oportunidade de “se engajarem em processo reiterativo de especulação, definição, coleta de informações, análise e redefinição do problema...” (RIBEIRO, 2010, p. 31). Dessa maneira, o aluno terá mais possibilidade de desenvolver habilidades de solução de problemas e estudo autônomo.

Todas essas características agregadas ao problema darão a ele mais robustez e mais chance de alcançar um ensino autônomo e exclusivo para cada grupo de alunos. Assim, as bases para aplicação desse método são (ZANONE, 2018, p. 9):

- Protagonismo do aluno;
- Proposição de problemas que é o norteador do processo de aprendizagem;
- Professor na posição de orientador.

O aluno, ao lidar com essa metodologia, começa a se despertar em aprender por conta própria, valoriza a leitura, valoriza o desenvolvimento de atividades em equipe para chegar a uma solução do problema proposto e consegue ver de perto o resultado prático de suas investigações (ZANONE, 2018, p. 10). Esse método de aprendizagem não consiste apenas em ensinar a resolver problemas, mas também ensinar a propor problemas. O aluno é colocado em situação de construção de seus conhecimentos.

Desse modo, o papel do professor deve ser repensado, pois

“...quando o professor incorpora a ABP na sua disciplina, dá ao aluno, através da resolução desse problema, a possibilidade de assumir a responsabilidade pela sua aprendizagem e, por isso, tem de estar preparado para atribuir aos alunos alguma responsabilidade nas decisões relativas ao processo de ensino–aprendizagem.” (MARTINS, 2002, p. 89)

Os princípios da aprendizagem que formam a base da ABP são: motivação epistêmica, interação com a vida real, metacognição, construção do conhecimento e interação social. Estes princípios guardam muitas semelhanças com as teorias de Ausubel, Bruner, Dewey, Piaget, Roger, entre outros (RIBEIRO, 2010).

Motivação epistêmica é entendida como a concentração de esforços cognitivos para se chegar a um entendimento completo de determinado problema e metacognição é a habilidade de refletir sobre determinada tarefa.

A ABP pode ser aplicada de diversas maneiras, seja em um de dois segmentos paralelos de um mesmo currículo (formato híbrido), ou em uma ou mais disciplinas em um currículo convencional (formato parcial), além de aplicar essa metodologia pontualmente em determinados momentos de disciplinas baseadas em aulas expositivas. De acordo com estudos na literatura feitos por Ribeiro (2010), a ABP contempla os seguintes objetivos educacionais:

- aprendizagem ativa: colocação de perguntas e buscas por respostas;
- aprendizagem integrada: é necessário o conhecimento de várias subáreas para a solução dos problemas;
- aprendizagem cumulativa: graduação de problemas desde os mais simples até aqueles enfrentados por profissionais iniciantes;

- aprendizagem para a compreensão: ao contrário da retenção de informações, esta se faz mediante a reflexão, *feedback* frequente e oportunidades para praticar o que foi aprendido.

A metodologia da ABP consiste nas seguintes etapas:

1. Apresenta-se uma situação-problema aos alunos que se dispõem em pequenos grupos. Nesse momento eles organizam as ideias com os conhecimentos que já possuem.
2. Os alunos debatem o problema entre si e anotam o que ainda não sabem, as chamadas questões de aprendizagem.
3. Os alunos separam as questões de aprendizagem de forma individual ou para todo o grupo. Nesse momento também podem, junto com o professor, discutir quais recursos são necessários para a investigação das questões de aprendizagem.
4. Ao se reencontrarem, os alunos integram seus novos conhecimentos ao contexto do problema. Eles continuam a tecer novas questões de aprendizagem à medida que progredem no problema. Isso mostra que a aprendizagem é um processo contínuo.
5. Após terminado o trabalho com o problema, os alunos desenvolvem habilidades de auto-avaliação e avaliação construtiva de colegas.

As vantagens de se utilizar a ABP estão “relacionadas ao favorecimento da aquisição de conhecimentos de forma mais significativa e duradoura e ao desenvolvimento de habilidades e atitudes profissionais positivas por parte dos alunos” (RIBEIRO, 2010, p. 41). Além disso, os alunos têm mais contato entre si ao discutirem o problema, pois trabalham em equipe, apresentam mais iniciativa e estão mais atentos a cumprirem os prazos estabelecidos. As desvantagens para os alunos giram em torno da imprecisão no conhecimento das teorias mais avançadas, além de obrigar os alunos a trabalharem no ritmo do grupo, não respeitando o ritmo individual.

Quanto aos docentes, a ABP encoraja o diálogo entre o corpo docente e o compartilhamento de experiências. No entanto, aparenta ser mais difícil para o professor trabalhar todos os conteúdos por meio dos problemas/projetos

e incentivar os alunos a aprenderem as matérias básicas. Também surge como desvantagem a avaliação de desempenho individual.

Em relação à instituição, a ABP favorece a identificação precoce dos alunos que não se identificam com a futura profissão. A aplicação desse método requer uma estrutura organizacional horizontal, pois facilita o trabalho em conjunto entre tutores, professores das disciplinas de apoio e administradores.

### **2.3 O uso do computador no ensino**

Segundo Valente (1999, p. 11), “[...] a utilização de computadores na Educação é muito mais diversificada, interessante e desafiadora, do que simplesmente a de transmitir informação ao aprendiz.” Nesse sentido, a formação dos futuros professores deve prepará-los não apenas para enfrentar uma realidade que preza o computador para suas mais diferentes atividades (sejam elas de lazer ou de trabalho), mas também em saber orientar a utilização da tecnologia de forma a fazer valer os recursos que o computador dispõe, tomando o cuidado para que as TICs não sejam utilizadas como instrumentos de metodologias antigas, pois a cultura e a sociedade mudam com o tempo e são influenciados pelos novos produtos e técnicas que surgem, o que mostra Lévy (2008, p. 169) quando afirma que “os indivíduos toleram cada vez menos seguir cursos uniformes ou rígidos que não correspondem a suas necessidades reais e à especificidade de seu trajeto de vida”.

A internet oferece um amplo e ilimitado espaço para a propagação do conhecimento, porém, deve-se estudar e analisar profundamente como determinada postura e abordagem são realmente pertinentes para cumprir tanto com o currículo escolar quanto com a formação ativa do aluno. O computador, com seus recursos e potencialidades, é exemplo de uma tecnologia da informação, no qual em parceria com a internet se revela como um verdadeiro campo de estudo e aprendizado, abrindo espaço para pessoas compartilharem e terem acesso a conteúdos diversificados com profundidade em maior ou menor grau. Dessa forma, a internet oferece novos meios e inúmeras maneiras, que englobam desde a produção e disposição de conteúdo até novos estilos de aprender permitindo às pessoas desenvolverem-se cognitivamente. Sendo assim, a educação baseada na internet torna-se

possível, pois as tecnologias da internet permitem um aumento na interação entre os estudantes, e a geração do conhecimento ocorre por meio da cooperação e do compartilhamento da informação (COSTA e FRANCO, 2005, p. 4).

Sabendo, pois, a necessidade e importância de se usar *softwares* de computadores no processo ensino aprendizagem, devemos agora optar por uma teoria da aprendizagem que esteja de acordo com essa nova realidade e nos ajude a atingir os objetivos da aprendizagem.

Segundo Moreira (2000), a teoria da aprendizagem significativa leva em conta o conhecimento prévio do aluno, pois trata da interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Ainda segundo o mesmo autor, “o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.” (MOREIRA, 2000, p. 4)

De acordo com Gomes (2010), essa teoria está de acordo com os estudos e conclusões feitos por Ausubel que trata exatamente da utilização do conhecimento prévio do aluno. Para Ausubel, o novo conhecimento deve se conectar com o que o aluno já conhece por meio do subsunçor, que “é uma estrutura específica por meio da qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano” (GOMES, 2010).

Desse modo, quando levamos em conta o que o aluno já conhece, podemos deixar o ensino mais rico e mais interessante, pois este é um dos principais desafios da educação atual: conectar o ensino da sala de aula com a realidade do aluno. Não devemos, portanto, minimizar a importância dos saberes científicos rebaixando-os a níveis culturais dos alunos, mas devemos promover uma melhoria dos conhecimentos que os alunos já possuem.

Ao integrarmos o conhecimento técnico com problemas reais, estamos promovendo uma importância dos conteúdos e valorizando o tempo que o aluno dedica a tal formação. Acreditamos que o uso do computador com a metodologia que contemple tais objetivos é um grande auxílio para se alcançar estes resultados.

### Capítulo 3: Metodologia

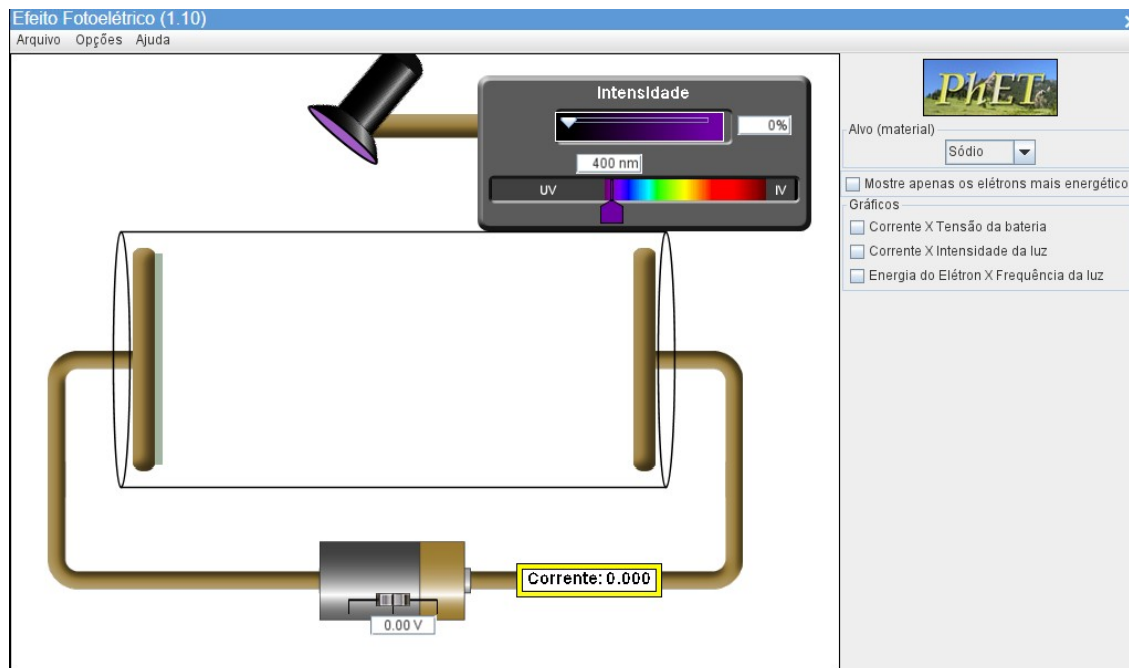
Para aplicar o projeto aqui proposto e atingir os objetivos desse trabalho, é aconselhável aplicá-lo em turmas do 3º ano do ensino médio pois espera-se que já tenham noção de movimento de partículas, de corrente elétrica, potencial, luz, ondas e eletricidade.

Esse projeto requer o uso de computadores com acesso à *internet*, porém, sabemos que essa não é a realidade de todas as escolas brasileiras. Uma sugestão, caso a escola não possua computadores disponíveis, é de o aluno utilizar o próprio aparelho celular, desde que conectado à *internet* e que contenha os requisitos do sistema para a execução da simulação.

Esse trabalho foi pensado para ser executado em pelo menos 9 aulas de 50 minutos conforme detalhadas no roteiro presente nesse produto educacional da dissertação intitulada “*Aprendizagem Baseada em Problemas e o uso de simulações computacionais no ensino de Física: uma aplicação do Efeito Fotoelétrico em placas fotovoltaicas*”. Essa quantidade de aulas pode sofrer variação dependendo do número de alunos que irão participar de todo o processo.

#### 3.1 A simulação

Como o foco desse trabalho é de analisar o aprendizado dos alunos por meio de tecnologias da informação e comunicação e ainda propor a metodologia da ABP, separamos a metodologia em duas partes: a simulação com o questionário e o desenvolvimento do projeto. Mas antes de explaná-las, apresentamos a simulação que utilizamos no projeto. Trata-se da simulação Efeito fotoelétrico presente no site Phet Colorado ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)). A figura 1 mostra a tela principal da simulação.



**Figura 1:** Simulação Phet Colorado para manipulação das variáveis do efeito fotoelétrico.

Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR)

Nessa simulação os alunos podem alterar a intensidade da luz incidente no alvo, o comprimento de onda da luz e o material do alvo. Além disso, pode-se verificar o gráfico da corrente em função da tensão da bateria ou da intensidade da luz e da energia do elétron em função da frequência da luz. O amperímetro mostra o valor instantâneo da corrente e a bateria pode ter o valor da tensão variado e até mesmo a sua polaridade pode ser invertida.

Nesse experimento podemos visualizar os seguintes elementos:

- uma fonte de luz com ajuste de intensidade (que se traduz na quantidade de fótons que ela emite)
- placas por onde os elétrons são arrancados, acelerados e entram novamente no circuito
- bateria.

O principal objetivo é mostrar o efeito fotoelétrico acontecendo, no qual a incidência de luz em dada frequência provoca a emissão de cargas elétricas do material utilizado nas placas. Espera-se que nessa simulação o aluno descubra que a intensidade da luz influencia na quantidade de elétrons arrancados da placa e o comprimento de onda da luz interfere na retirada ou não de elétrons do material utilizado. Ao manipular a simulação o aluno será capaz de entender que trocando-se o material, altera-se o comprimento de onda da luz capaz de arrancar elétrons da placa.

O fato de escolhermos o tema de efeito fotoelétrico, foi devido a grande presença na aplicação desse fenômeno nos dias de hoje, principalmente nas placas fotovoltaicas utilizadas para geração de energia elétrica, de maneira limpa. Podemos perceber que há uma grande adesão das famílias à geração desse tipo de energia em vista da facilidade que as concessionárias de energia elétrica e o governo oferecem. A energia elétrica gerada por meio de hidrelétricas é um recurso escasso e limitado. Quando a sociedade opta por gerar sua energia a partir de placas fotovoltaicas, esse recurso passa a ser renovável e mais abundante.

Outro fator que nos motivou a tratar desse tema é por ser parte da chamada Física Moderna e Contemporânea (FMC). Geralmente os alunos possuem pouco acesso a FMC devido a dois fatores: falta de formação e atualização dos professores e pouco tempo dedicado ao ensino desse tema, já que é um dos últimos tópicos a ser tratado no ensino médio.

Dessa maneira, queremos apresentar uma proposta de ensino em que o aluno é coparticipante e ativo no processo ensino aprendizagem e o mantém atualizado e pronto para entender como as novas tecnologias funcionam baseadas no fenômeno físico estudado.

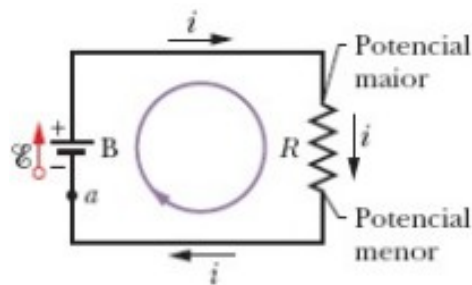
### **3.3 Etapas da metodologia**

#### **3.3.1 Noções de ligação em série e em paralelo de geradores elétricos**

É útil que inicialmente o professor dê aos alunos uma noção de ligação em série e em paralelo de geradores, pois as placas fotovoltaicas serão ligadas dessa maneira e também para que o aluno se familiarize com as propriedades de cada tipo de ligação. Nessa etapa o professor já insere os conceitos de corrente, potencial e potência elétrica dando ao aluno condições de entender o que ocorre no nível microscópico dos materiais.

O professor deve ressaltar que na ligação em série de geradores, todos eles são percorridos pela mesma corrente elétrica e a força eletromotriz (fem) total é dada pela soma das forças eletromotrizes de cada gerador. Na ligação em paralelo, os geradores são submetidos a mesma diferença de potencial desde que sejam idênticos e fornecem uma fem que equivale a fem individual.

O professor pode, por meio de um circuito simples, como o da figura 2, mostrar como a corrente circula no circuito e como a análise do circuito é feita tendo em vista a lei de Kirchhoff.



**Figura 2:** Circuito simples contendo gerador ideal e resistor. Fonte: Halliday, 2016, p. 377.

Desse modo, quando percorremos um determinado circuito e atravessamos uma fonte de tensão do terminal positivo (+) para o negativo (-), a fem deve ser considerada negativa. Se percorrida ao contrário, a fem deve ser positiva (YOUNG, 2009). É recomendável que se observe que, na fem, a corrente vai do - para + e no resistor, vai do + para o -. Isso pelo fato de que a fem funciona como uma “bomba” colocando as cargas em movimento a cada novo ciclo. Aqui é importante dizer que a fem é um gerador e o resistor um receptor transformando a energia elétrica em térmica.

O professor dará ao aluno oportunidade de conhecer alguns elementos presentes nos circuitos elétricos e ao fim da aula propor questões, que estão no apêndice A, que envolvam esses conteúdos.

### 3.3.2 Simulação e questionário

Após o professor apresentar aos alunos o tema do efeito fotoelétrico, eles serão convidados a manipular a simulação a partir das variáveis disponíveis, isto é, intensidade da luz, comprimento de onda da luz e tensão da bateria. Com isso eles terão mais uma oportunidade de entender que a frequência e o comprimento de onda estão intimamente relacionados à emissão de elétrons e a intensidade da luz contribui para a quantidade de elétrons que são retirados do material. Para guiar os alunos na exploração dessa simulação, será disponibilizado a eles um questionário que deverá ser respondido ao mesmo tempo que executam a simulação. Esse questionário está presente no apêndice B.

A intenção de responder esse questionário por meio da simulação é de analisar como o ensino pode acontecer por meio do uso do computador. Será que a aprendizagem realmente é facilitada e o aluno consegue atingir os conhecimentos e objetivos desejados?

### **3.3.3 Projeto de placas fotovoltaicas**

Tendo como base a teoria da aprendizagem baseada em problemas, pretendemos propor aos alunos a construção de um projeto de placas fotovoltaicas, já que o problema de geração, distribuição e consumo de eletricidade é um tema frequente nas mídias e discussões da comunidade.

Assim, a segunda etapa da atividade será calcular a quantidade de placas fotovoltaicas para o abastecimento de uma residência. Cada grupo irá eleger a residência de um integrante para fazer o projeto. Ao ter acesso às faturas dos meses anteriores, o aluno calculará a média de consumo de energia elétrica e com base em valores comerciais de potência das placas fotovoltaicas pesquisados pelo grupo, o aluno conseguirá obter a quantidade mínima de placas para a necessidade da sua residência.

Aqui de fato a aprendizagem baseada em problemas irá acontecer, pois o grupo enfrentará problemas, dividirá as tarefas entre si e o professor mediará todo esse processo. Ao final, espera-se que cada grupo apresente um pequeno projeto como solução do problema apresentado. Esse projeto deve conter a quantidade de placas necessárias, a instalação de equipamentos indispensáveis ao funcionamento do sistema, a ocupação e localização das placas e o cálculo da economia gerada pela implementação do sistema. O professor deverá, então, analisar a participação dos integrantes do grupo, a solução apresentada por eles e verificar o envolvimento dos alunos no decorrer desse processo.

Apresentamos a seguir a sequência de aulas de acordo com a metodologia proposta para guiar o professor nessa jornada que coloca o aluno como protagonista no processo de aprendizagem.

## **Aula 1: Introdução à ligação de geradores em série e em paralelo**

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

**Tema:** corrente, potencial e potência elétrica e tipos de ligação de geradores e resistores

**Objetivo geral:** apresentar aos alunos os conceitos de corrente, potencial e potência elétrica e também os tipos de ligação de geradores e resistores existentes

**Objetivos específicos:**

- Conhecer os tipos de ligação de geradores e resistores
- Entender os conceitos de corrente, potencial e potência elétrica
- Conhecer as propriedades de cada ligação

### **Desenvolvimento e atividades**

Nessa primeira aula o professor dará uma noção aos alunos dos conceitos de corrente, potencial e potência elétrica. O aluno deverá ser capaz de perceber as condições para a existência de corrente elétrica. Além disso, será capaz de conhecer os tipos de ligação e compreender o comportamento das grandezas em cada situação.

Essa aula será importante para o entendimento de circuitos e alguns elementos essenciais ao seu funcionamento, como por exemplo, como é realizada a tomada de medida de corrente e tensão elétrica e quais equipamentos devem ser utilizados. É importante que o professor, caso possa, leve para a sala de aula alguns resistores e equipamento de medição (um multímetro) para que o aluno tenha mais percepção desses elementos.

Outro ponto importante a ser discutido em sala é o de calcular o consumo de energia de equipamentos eletroeletrônicos utilizando a potência e o tempo em que ficam ligados. O professor deve mostrar que a energia consumida é igual a potência vezes o tempo de utilização.

Ao término da aula, o professor pode sugerir aos alunos a resolução de questões (que estão na próxima página) envolvendo os conceitos vistos em aula. Essas questões exigirão do aluno identificar os diferentes tipos de ligação de geradores e resistores, o modo de realização de medidas e o cálculo de consumo energético de equipamentos elétricos.

## Questões sobre conceitos de eletricidade

Este questionário visa avaliar a compreensão dos fenômenos físicos de corrente, potencial e potência elétrica e as propriedades dessas grandezas em associações em série e em paralelo de geradores.

**1** – Uma pessoa deseja instalar lâmpadas na sala de tal maneira que elas brilhem com a máxima intensidade. Qual deve ser o tipo de ligação a ser utilizada?

**2** – Como o voltímetro deve ser ligado para realizar as medidas de um elemento do circuito?

**3** – Um resistor de  $50 \Omega$  é ligado a uma fonte de tensão contínua de  $20 \text{ V}$ . Calcule a corrente elétrica que passa por ele.

**4** – Um aparelho eletrônico de potência  $250 \text{ W}$  fica ligado por  $5 \text{ h}$  por dia durante  $30$  dias. Calcule a energia consumida por ele nesse período.

**5** – Duas pilhas ideais de  $1,5 \text{ V}$  são ligadas em série e em paralelo. Calcule a força eletromotriz total de cada associação.

## Aula 2: Introdução ao efeito fotoelétrico

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

**Tema:** efeito fotoelétrico

**Objetivo geral:** apresentar aos alunos o efeito fotoelétrico e ressaltar a importância desse efeito para o desenvolvimento de novos produtos

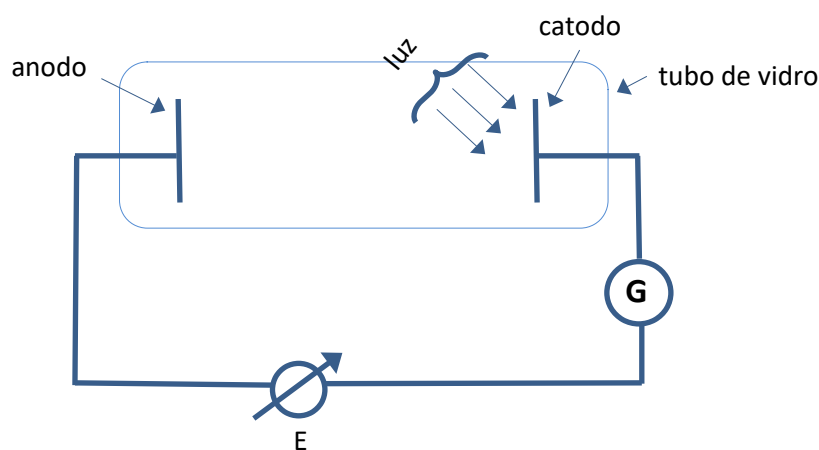
**Objetivos específicos:**

- Conhecer o efeito fotoelétrico
- Verificar a relação entre frequência da luz e corrente elétrica
- Estudar algumas aplicações do efeito fotoelétrico

### Desenvolvimento e atividades

Nessa aula o professor deve mostrar sucintamente ao aluno como ocorre o efeito fotoelétrico dando ênfase aos aspectos históricos que levaram a essa descoberta, citando nomes e dificuldades que os cientistas enfrentaram.

Nessa aula o professor deve ressaltar que a frequência da luz e o material da placa indicam se haverá ou não o surgimento de corrente elétrica e que o aumento da intensidade da luz incidente provoca um aumento na quantidade de elétrons arrancados da placa. O professor pode, inclusive, utilizar a figura 3 abaixo para ilustrar o fenômeno.



**Figura 3:** Demonstração do efeito fotoelétrico. Fonte: autor.

Nessa figura, E representa a fonte de tensão contínua variável e G o galvanômetro medidor de corrente elétrica. No fim da aula, o professor deve citar algumas aplicações que fazem uso desse efeito a fim de trazer para mais perto do aluno essas aplicações.

### **Aula 3: Exploração da simulação do efeito fotoelétrico pelos alunos e resposta ao questionário sugerido**

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

**Tema:** Efeito fotoelétrico

**Objetivo geral:** mostrar, por meio de simulação computacional, a ocorrência do efeito fotoelétrico

**Objetivos específicos:**

- Explorar a simulação
- Tirar conclusões sobre a frequência e intensidade da luz
- Responder ao questionário

#### **Desenvolvimento e atividades**

Nessa aula o professor, de posse de um computador com projetor, deve acessar o link: [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR), abrir a simulação e mostrar aos alunos como ocorre o efeito fotoelétrico. Para isso, apresente os parâmetros que podem ser alterados e verifique como a simulação se comporta com a alteração dos dados e informações.

A seguir, o professor deve fornecer o link do formulário aos alunos ou imprimir e entregar a cada aluno (as questões estão na próxima página). Nesse link consta o acesso à simulação. A partir desse momento, cada aluno deve manusear a simulação e responder as questões presentes no formulário. São questões abertas e subjetivas que guiarão a utilização da simulação pelos alunos.

**Questionário aplicado aos alunos durante a execução da simulação Efeito fotoelétrico disponível no site *Phet Colorado*.**

1 – Ao manipular o comprimento de onda e intensidade da luz, qual o valor máximo do comprimento de onda para a ocorrência do efeito fotoelétrico para o material Sódio?

2 – Quando se muda a intensidade da luz, o que ocorre com os elétrons que são retirados do material?

3 – Quando se muda o comprimento de onda da luz, o que ocorre com os elétrons que são retirados do material?

4 – Alterando o valor da diferença de potencial da bateria para valores positivos, o que ocorre com a corrente elétrica?

5 - Ao manipular o comprimento de onda e intensidade da luz, qual o valor máximo do comprimento de onda para a ocorrência do efeito fotoelétrico para o material Platina?

6 – O que podemos concluir sobre a diferença do comprimento de onda para ocorrência do efeito fotoelétrico quando comparamos o sódio com a platina?

## **Aula 4: Explicação aos alunos da metodologia, exposição do problema e divisão dos grupos**

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

**Tema:** Aprendizagem Baseada em Problemas

**Objetivo geral:** apresentar aos alunos o problema de geração e consumo de energia elétrica e propor a eles a formação de grupos para a construção de projetos de placas fotovoltaicas

**Objetivos específicos:**

- Formar grupos entre os alunos
- Fazer o levantamento do consumo de eletricidade da residência de um dos componentes do grupo
- Conhecer os tipos de placas fotovoltaicas
- Pesquisar informações técnicas de placas fotovoltaicas
- Calcular a quantidade de placas necessárias para atender a demanda
- Apresentar um pequeno projeto com a solução encontrada

### **Desenvolvimento e atividades**

Nesta aula o professor deve formar grupos de alunos com a turma. Sugere-se formar grupos com 3 ou 4 alunos, mas esse número pode variar de acordo com o tamanho da turma e com a quantidade de aulas disponíveis. O professor também deve orientar os alunos a respeito da condução do trabalho, isto é, cada grupo escolhe um integrante para fazer o projeto de instalação de placas fotovoltaicas em sua residência. A partir desse momento, as tarefas são divididas dentro do grupo de tal forma que um aluno pesquise os tipos de placas e os fornecedores, outro pense em maneiras de dispor essas placas dentro do terreno a ser instalado (se em cima do telhado ou no chão, por exemplo); outro aluno fica responsável por reunir essas informações e colocá-las em um projeto.

Ressalta-se que nessa parte a maior das atividades pode ser feita fora da escola, ficando os alunos incumbidos de levar o projeto pronto em uma aula posterior. Essa aula também é propícia para o professor avaliar a integração dos alunos dentro do grupo, o desenvolvimento do projeto e a busca por soluções em problemas enfrentados ao longo do processo.

## **Aula 5: Acompanhamento, pelo professor, das discussões em grupo, do desenvolvimento do tema e momento tira dúvidas dos alunos**

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

**Tema:** Aprendizagem Baseada em Problemas – tira dúvidas

**Objetivo geral:** atender as dúvidas dos alunos e acompanhar as soluções por eles apresentadas

**Objetivos específicos:**

- Orientar os alunos na elaboração do projeto final
- Tirar as dúvidas dos grupos
- Mediar a interação entre os alunos dentro do grupo

### **Desenvolvimento e atividades**

Nessa aula o professor será observador do trabalho dos grupos e ficará a disposição para solucionar algumas dúvidas da elaboração do projeto e dos componentes indispensáveis para a realização do projeto. É importante que o professor saiba que, para esse projeto, é necessário ter alguns elementos que serão descritos logo abaixo.

**Inversor:** responsável por inverter a energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA).

**Dispositivo de proteção CA:** dispositivo utilizado para proteger contra condições transitórias de sobretensão.

**Dispositivo de proteção CC:** é colocado em ação quando houver surto de tensão, desviando a descarga elétrica para a haste de aterramento.

Caso o aluno não demonstre esses dispositivos na elaboração do projeto, o professor pode sugerir que eles pesquisem sobre esses elementos a fim de tornar o projeto mais completo e, se necessário, o professor pode reservar um tempo da aula para explicar alguns conceitos de materiais condutores e dispositivos de proteção.

## **Aula 6: Apresentação, pelos grupos, das soluções dadas ao problema**

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

**Tema:** apresentação dos projetos

**Objetivo geral:** apresentar o projeto de placas fotovoltaicas da residência de um dos integrantes do grupo

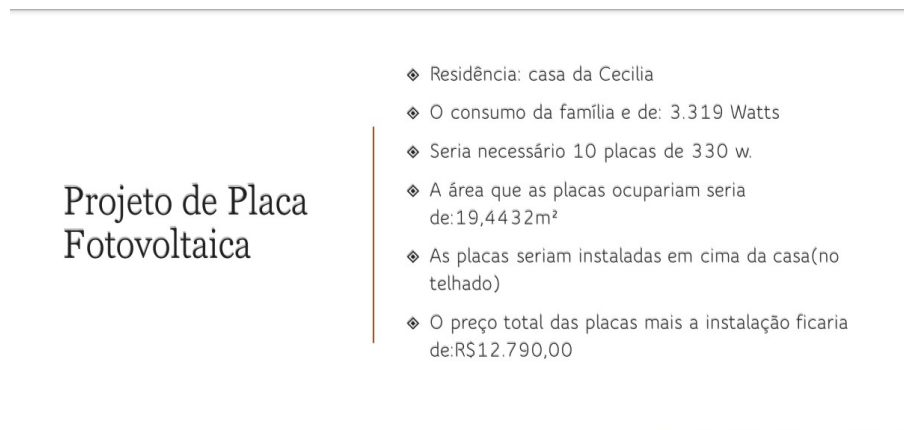
**Objetivos específicos:**

- Avaliar a trajetória dos alunos nesse projeto
- Avaliar as soluções propostas pelos grupos

### **Desenvolvimento e atividades**

Nessa aula o professor fará uma última análise do progresso do grupo avaliando os resultados apresentados por cada um. É importante verificar a viabilidade do projeto, se o grupo informou as informações e itens básicos, se as tarefas foram bem distribuídas e desempenhadas por cada integrante do grupo e quais as dificuldades que eles enfrentaram.

Caro professor, segue abaixo alguns exemplos dos trabalhos apresentados pelos alunos em forma de slide para a implementação das placas fotovoltaicas. Ressalta-se aqui as informações pertinentes para o projeto e que devem ser buscadas pelos alunos.



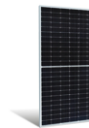
**Projeto de Placa Fotovoltaica**

- ◆ Residência: casa da Cecilia
- ◆ O consumo da família é de: 3.319 Watts
- ◆ Seria necessário 10 placas de 330 w.
- ◆ A área que as placas ocupariam seria de:19,4432m<sup>2</sup>
- ◆ As placas seriam instaladas em cima da casa(no telhado)
- ◆ O preço total das placas mais a instalação ficaria de:R\$12.790,00

**Figura 4:** Apresentação do projeto de placas fotovoltaicas pelo grupo 1.

### Solução para a casa

- Maior consumo registrado em um mês: 343 kWh
- Modelo de placa escolhido: **Painel Solar Fotovoltaico 550W - Sunova SS-550-72-MDH - NeoSolar - R\$1500,00**
- Dimensões: 2,3 x 1,1 m
- Eficiência energética: 21,7%
- Geração em um mês: 64,5 kWh. Para ser gerada a quantidade de energia para cobrir o consumo mensal, são necessários 6 painéis de 550 Wp, totalizando 387 kWh.
- Área total de 6 painéis: 15,18 m<sup>2</sup>
- Preço total: R\$9000,00
- Seriam instaladas na parte de cima da casa por conta da maior incidência solar e por não haver espaço no quintal.



**Figura 5:** Apresentação do projeto de placas fotovoltaicas pelo grupo 2.



**MARCAS E TIPOS DE PLACAS QUE PODERIAM SER USADAS.**

- Painel Solar Fotovoltaico 550W - Sunova SS-550-72-MDH
- Painel Solar Fotovoltaico 400W - OSDA ODA400-36-MH
- Gerador Solar Elgin Micro Inversor 600w Com 2 Painéis 330w

**Figura 6:** Apresentação do projeto de placas fotovoltaicas pelo grupo 3.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional pretende oferecer ao professor um guia de aulas para aplicar a ABP no ensino básico acompanhado da utilização do computador no ensino de Física. A metodologia ABP não é tanto explorada nesse nível de ensino, mas pode aumentar a participação dos estudantes tornando-os mais ativos no processo de ensino-aprendizagem. A metodologia aqui proposta e a sequência didática tenta levar o professor a guiar o aluno nesse caminho e dar condições para que o aluno reflita sobre suas ações e atitudes.

Ao mesmo tempo, sabemos que o Brasil vive diversas realidades e o professor, ao ter acesso a esse material, também pode – e deve – fazer as alterações que lhe couber. A sequência de aulas pode sofrer alteração de quantidade dependendo do número de alunos que cursam a disciplina. O nosso intuito é de dar ao professor mais uma possibilidade de ensinar o tema do efeito fotoelétrico sob uma perspectiva mais ativa e participante do aluno.

O produto aplicado pelo autor do presente trabalho mostrou que os alunos realmente foram atrás de informações, pesquisaram, levantaram dados e ponderaram condições e opções para se chegar ao melhor resultado. A interação entre os grupos formados também mostrou que a troca de informações entre eles é essencial para a organização e a resolução de problemas.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Mariana Aparecida Bologna Soares de. **Possibilidades e limites da aprendizagem baseada em problemas no ensino médio**. 2007. 181 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90926>>.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

COSTA, Luciano A. C. da; FRANCO, Sérgio R. K. Ambientes virtuais de aprendizagem e suas possibilidades construtivistas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 1, mai. 2005. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/13781>>. Acesso em: 07 mai. 2012.

FILHO, Edmundo Escrivão; RIBEIRO, Luís Roberto de Camargo. **Aprendendo com PBL: aprendizagem baseada em problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESCUSP**. **Rev. Minerva**, São Carlos, v. 6. n. 1, p. 23-30, jan./abr. 2009. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/Minerva%2006\(01\)%2003.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(01)%2003.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2021.

GLEISER, M. "Por que ensinar física?". In: **Revista física na escola**. vol.1, n.1, 2000.

GOMES, Rolfi Cintas, et al. **Teorias de aprendizagem: pré-concepções de alunos da área de exatas do ensino superior privado da cidade de São Paulo**. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 3, 2010. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132010000300013#not3](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000300013#not3)>. Acesso em: 07 jan. 2021.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física**, vol. 4: óptica e Física Moderna. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução Carlos Irineu da Costa. 2. ed. São Paulo: Ed. 34, 2008. 264 p.

MARTINS, Janae Gonçalves. **Aprendizagem Baseada em Problemas aplicada a Ambiente Virtual de Aprendizagem**. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma experiência no ensino superior**. São Paulo: EdUFSCar, 2010. 151 p.

SANTOS, Crizélia Gislane Bezerra. **Explorando a aprendizagem baseada em problemas no ensino médio para tratar de temas interdisciplinares a partir das aulas de química**. 2010. 104 p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, 2010. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-23042013-120646/pt-br.php>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

VALENTE, J. A. Informática na educação no Brasil: Análise e contextualização histórica. In: \_\_\_\_\_. **O computador na sociedade do conhecimento**. OEA\_NIED/UNICAMP, Campinas, 1999.

YOUNG, Hugh D. **Física III: eletromagnetismo**. Tradução Sonia Midori Yamamoto. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ZANONE, Adelino. **Aprendizagem Baseada em Problema Aplicada no Ensino de Astronomia para o Ensino Fundamental - Séries Finais**. 2018. Dissertação de mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós graduação em Ensino de Física, 2018.