



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**ANA CAROLINA FERREIRA**

**SUSTENTABILIDADE NA FÍSICA COMO TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM  
DOS CONCEITOS DE ENERGIA E INTERAÇÃO RADIAÇÃO-MATÉRIA**

**MARINGÁ**

**2022**

ANA CAROLINA FERREIRA

**SUSTENTABILIDADE NA FÍSICA COMO TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM DOS  
CONCEITOS DE ENERGIA E INTERAÇÃO RADIAÇÃO-MATÉRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Ivair Aparecido dos Santos

MARINGÁ

2022

ANA CAROLINA FERREIRA

**SUSTENTABILIDADE NA FÍSICA COMO TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM DOS  
CONCEITOS DE ENERGIA E INTERAÇÃO RADIAÇÃO-MATÉRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Física da Universidade  
Estadual de Maringá como requisito parcial  
para obtenção do título de Licenciada em  
Física.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Dr. Ivair Aparecido dos Santos - Orientador  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Dr. Eduardo Augusto Castelli Astrath  
Instituto Federal do Paraná - IFPR

---

Dr. Luciano Carvalhais Gomes  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

MARINGÁ

2022

**“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos”.**

**(Marie Curie)**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças para passar por todos os contratempos. A minha família, sobretudo meu pai Vicente e minha mãe Dalva, que me ofereceram todos os recursos para minha formação.

Agradeço a cada um dos amigos que fiz durante a trajetória na graduação e que contribuíram para o meu crescimento. A Luciane Ferreira e ao Mateus Tarozo, companheiros de graduação, que seguem nessa jornada comigo desde o primeiro ano. A Ms. Anna Laura F. Lucchi e ao Henrique dos Santos por toda ajuda e incentivo, os admiro muito, vocês são os melhores. Aos residentes do apartamento 14, por ouvirem todas as minhas reclamações e compartilharem as suas reclamações comigo. Ao Bruno Martins, Daniel Ricardo e Marcos Willian, os amigos que agradeço ao curso por ter me dado a oportunidade de conhecer. Agradeço ao meu companheiro, Adalto, por tornar meus dias melhores, ficar ao meu lado e me incentivar diariamente.

Agradeço a Universidade Estadual de Maringá, bem como ao Departamento de Física por todas as lições e oportunidades.

Agradeço aos programas de iniciação científica que tive a oportunidade de participar (PIBIC e PIBITI), cada um contribuiu de forma grandiosa para minha formação.

Agradeço a todos os professores da graduação que se preocuparam com o aprendizado de seus alunos e compartilharam de seu conhecimento.

Agradeço por ter tido a oportunidade de conhecer a professora Cremilde Aparecida Trindade Radovanovic e demais membros do DEN.

Em especial agradeço ao meu orientador, professor Ivair Aparecido dos Santos, que me deu a oportunidade de realizar três projetos sob sua orientação, além do presente trabalho de conclusão de curso. Sou grata pelas oportunidades e por todos os ensinamentos. Agradeço igualmente ao professor Eduardo Augusto Castelli Astrath, que me ensinou pacientemente a prática em laboratório, prestou ajuda em todas as ocasiões necessárias, por ter ouvido minhas idéias e por ter aceitado participar da banca deste trabalho.

Agradeço a todos que fazem parte do GDDM, por terem acolhido minhas dúvidas e ajudado sempre que foi preciso.

Agradeço ao professor Luciano Carvalhais Gomes, por ter aceitado fazer parte desta banca e a professora Hatsumi Mukai, por toda organização e prestação de ajuda aos alunos nesse último ano para o desenvolvimento dos trabalhos de conclusão.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que me ajudaram nessa jornada e contribuíram para a minha formação. Obrigada.

## RESUMO

Dada a importância de repensar como a disciplina de Física é trabalhada nos colégios, novas propostas se fazem necessárias para compor o processo de ensino-aprendizagem. Pensando nisso, o presente trabalho apresenta uma proposta didática com o intuito de abordar a temática sustentabilidade como tema gerador para o aprendizado em Física, tendo como objetivo estudar a mesma (Física) com enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Neste contexto, os conteúdos de Física Moderna serão tratados em paralelo à abordagem sobre a sustentabilidade, explorando o conceito de energia dentro dessa temática. Para contemplar esse objetivo, a finalidade será ressaltar a importância de trabalhar questões que envolvam o desenvolvimento sustentável como forma de abranger o cotidiano do aluno, contribuir para a formação de um cidadão consciente, além de possibilitar uma visão mais abrangente sobre a aplicabilidade dos conteúdos da disciplina em outras linguagens (social, matemática, ambiental etc.) visando a possibilidade de tornar o Ensino de Física mais cativante, contextualizado e, ainda, vincular o aprendizado às relações da Ciência com a Tecnologia, Sociedade e com o Ambiente, que por fim colabora para um aprendizado mais significativo, ou seja, utilizar de situações relevantes para o aluno e, que se relacionem com seu conhecimento prévio.

**PALAVRAS-CHAVE:** CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), Efeito fotovoltaico. Energia, Física Moderna. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

Given the importance of rethinking how Physics' classes are treated and worked in schools, new proposals are necessary to compose the teaching-learning process. Taking this in mind, this manuscript proposes a didactic approach aiming to present the sustainability as a generating theme for learning in Physics, with the objective of studying it (Physics) with a focus on ETSA (Environment, Science, Technology, Society). In this context, the contents of Modern Physics will be treated in parallel with the sustainability theme, exploring the concept of energy within this theme. To contemplate this objective, the purpose emphasizes the importance of working on issues that involve the sustainable development as a way of covering the student's daily life, contributing to the formation of a conscious citizen, in addition to enabling a more comprehensive view of the applicability of the Physics discipline's contents in other languages (social, mathematical, environmental, etc.) aiming at the possibility of making Physics Teaching more captivating, contextualized and, still, linking learning to the relations of Science with Technology, Society and the Environment, which finally contributes to a more meaningful learning, that is, to use situations that are relevant to the student and are related with their previous knowledge.

**KEYWORDS:** ESTS (Environment, Science, Technology, Society), Photovoltaic Effect, Energy, Modern Physics, Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Ciclo da crise ambiental, representação do fragmento do texto .....	18
<b>Figura 2-</b> Grupos derivados do enfoque CTSA + Física .....	22
<b>Figura 3-</b> Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável .....	28
<b>Figura 4-</b> Sequências didáticas nas visões de Bini e Zabala .....	39
<b>Figura 5-</b> Simulador “Efeito Fotoelétrico” do grupo Phet Colorado.....	47
<b>Figura 6-</b> Simulador “Formas de energia e transformações” do grupo Phet Colorado .....	49



## LISTA DE SIGLAS

AC: Alfabetização Científica

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

BNE: Balanço Energético Nacional

C&T: Ciência e Tecnologia

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DCE: Diretrizes Curriculares Estaduais

EA: Educação Ambiental

EE: Educação Escolar

FM: Física Moderna

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

LBD: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

LC: Letramento Científico

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação

ODS: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PCN+EM: Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

RCP: Referencial Curricular do Paraná

SD: Sequência Didática

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO 1 .....	14
1.1 CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: UMA REVISÃO SOBRE A BNCC E O ENSINO DE FÍSICA.....	14
1.2 FUNDAMENTOS DA CTSA (CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE).....	17
1.3 BASES DO ENSINO EM UM CONTEXTO CTSA: PORQUE ENTÃO UTILIZAR DESSE ENFOQUE? .....	21
CAPÍTULO 2 .....	23
2.1 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: ONDE O TEMA SUSTENTABILIDADE SE ENCAIXA? .....	23
2.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE SUSTENTABILIDADE: UM TEMA GERADOR PARA O APRENDIZADO .....	27
CAPÍTULO 3 .....	30
3.1 ENERGIA NO ENSINO MÉDIO PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA .....	30
CAPÍTULO 4 .....	32
4.1 EFEITO FOTOELÉTRICO, EFEITO FOTOVOLTAICO E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA.....	34
4.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES (PREPARAÇÃO PARA A SEQUÊNCIA).....	38
CAPÍTULO 5 .....	39
5.1 O QUE É UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA?.....	39
5.2 PROPOSTA PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	41
CAPÍTULO 6 .....	53
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
6.2 REFERÊNCIAS .....	55
APÊNDICE A – MAPA CONCEITUAL: FONTES DE ENERGIA .....	59
APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	56
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO.....	56
ANEXO A – MAPA CONCEITUAL DE REFERÊNCIA .....	56
ANEXO B – REFERÊNCIAS PARA A ATIVIDADE 2 .....	56
ANEXO C – EXERCÍCIOS PARA A ATIVIDADE 3 .....	56

## INTRODUÇÃO

É importante que um currículo escolar voltado para a formação de um cidadão consciente tenha como intuito a discussão de conteúdos que estejam ligados diretamente à vivência do aluno. Com isso, um caminho rumo aos objetivos normativos deveria ser construído visando a problematização de casos e propostas de solução já desde o ambiente escolar, estabelecendo uma relação entre o meio social (comunidade) e a escola. Esse caminho, por sua vez, contribuiria para minimizar o tradicionalismo da sala de aula, de forma que ainda prevalece no ensino o tratamento descontextualizado dos conteúdos ministrados para os alunos, assim como o excesso de exercícios/problemas e o clássico objetivo focado em aplicação de testes/avaliações (MOZENA; OSTERMANN, 2016). Essa estrutura de trabalho é bem comum da disciplina de Física (mas não somente), em especial na Física Clássica, que usualmente dispensa a participação do aluno e a possibilidade de diálogo com todo o corpo pedagógico envolvido no ambiente de ensino. Assim, mergulhar na realidade vivenciada pelo aluno é fundamental para contribuir com sua formação de forma a possibilitar o desenvolvimento de uma consciência mais crítica acerca do que está à sua volta.

Seguindo os objetivos propostos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e tendo em mente a necessidade de contribuir para a formação de um aluno consciente por meio da educação, a interdisciplinaridade segue como uma alternativa para trabalhar conteúdos empregando um agente ligante (SILVA *et al.*, 2017 e MORAIS; GUERRA, 2013) que possibilite determinado conteúdo ser abordado de uma forma mais ampla, atingindo outras áreas ao ser empregado sob diferentes pontos de vista, possibilitando que o aluno desenvolva o pensamento crítico ao refletir sobre a comunidade em que vive.

Para este trabalho, o agente ligante utilizado para abordar o conteúdo proposto foi a Sustentabilidade, que será utilizada como temática para o estudo do conceito de energia, em especial a energia solar fotovoltaica, atrelado aos processos de conversão e coleta de energia a partir de uma fonte renovável. Trabalhar com questões ambientais no ensino de ciências, em especial a inserção da sustentabilidade no Ensino de Física, é mostrá-la como fundamental no dia-a-dia dos estudantes, pois ao ser inserida no currículo escolar colabora para a formação de um cidadão ambientalmente mais consciente (MEDEIROS *et al.*, 2011). Para que isso aconteça é necessário recuperar a fragmentação que os alunos recebem sobre os conteúdos da disciplina de Física. Assim, utilizaremos da sustentabilidade como um caminho interdisciplinar para a aprendizagem de conteúdos relacionados à área da Física Moderna na educação básica.

A Física Moderna (FM) surge a partir de um conjunto de concepções teóricas que manifestaram-se no início do século XX, que possibilitaram a difusão de estudos nas áreas da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade, e permitiram ampliar as percepções físicas que permeavam a Física Clássica (fenômenos em escala macroscópicos). Essa “nova” Física permitiu, por exemplo, explicar fenômenos que ocorrem em escalas muito pequenas (atômicas e subatômicas) (ROCHA; COSTA, 2019). Devido ao tempo de integralização dos componentes curriculares, muitas vezes não há a possibilidade de chegar aos conteúdos referentes à Física Moderna. Trabalhar com conceitos dessa área no ensino médio é um assunto recorrente, pois, no geral, no que compete ao ensino básico dos anos finais, que trabalham com a disciplina de Física, há um maior foco voltado para a Física Clássica, com maior ênfase nos conceitos de mecânica (newtoniana), calor e eletricidade (ROCHA; COSTA, 2019; MACHADO; NARDI, 2006). Como consequência, os alunos não têm a possibilidade de aprender conteúdos atuais e diferentes que podem contribuir com o processo de aprendizagem, além de favorecer, de forma negativa, a perpetuação sobre o excesso da matematização que as disciplinas da área de exatas carregam. É importante a incorporação das ferramentas matemáticas (CARVALHO et al., 2010) mas não que essas sejam o único caminho. Para trabalhar com a Física Moderna no ensino médio é preciso ter em mente os objetivos de aprendizagem, de forma que o conteúdo tenha finalidade educativa significativa, resultando em aprendizagem + formação do cidadão. Neste trabalho, é apresentada uma proposta de inserção de conceitos de Física Moderna empregando como tema gerador a sustentabilidade. Trabalhar com esse tema, como citado, vai ao encontro da importância da formação do aluno como cidadão consciente, o que envolve a tomada de decisão sobre questões sociais, econômicas e ambientais.

Tratar de questões ambientais no ensino leva à educação dos indivíduos para o uso mais consciente dos recursos naturais (REIS, 2002) e, ainda, lança luz sobre os problemas ambientais causados pelo mau uso desses recursos. Podemos definir a sustentabilidade como um equilíbrio entre os recursos naturais que são essenciais para suprir as necessidades humanas e o que concedemos em troca à natureza (MEDEIROS et al., 2011). Quando tratamos de questões ambientais estamos considerando um assunto de interesse global, ou seja, é uma questão que afeta qualquer comunidade/sociedade. Por ser um tema/discussão recorrente espera-se que a educação reconheça a necessidade de sua abordagem em todas as disciplinas (ciências humanas, exatas, biológicas etc.), em outras palavras, incorporar a “educação ambiental como dimensão da educação” (REIS, 2002). Para isso, diferentes

enfoques podem ser trabalhados no que se refere à educação ambiental frente a um determinado objetivo. Pensando na problematização acerca desse tema, e da importância de trabalhá-lo no contexto das ciências da natureza com foco na formação de alunos/cidadãos conscientes dentro da perspectiva da Física, o enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) irá subsidiar a orientação do presente trabalho ao tratar da dimensão científica, tecnológica, social e ambiental da temática escolhida.

Considerando o tratamento aqui apresentado, será desenvolvida, então, uma sequência didática que utilizará de alguns aspectos da temática sustentabilidade para abordar o conceito de energia. A pretensão é tornar os conteúdos mais contextualizados (MEDEIROS et al., 2011) e que cooperem para a formação dos alunos como cidadãos, cientes do cenário em que vivemos e dispostos a discutir a necessidade de possíveis transformações para as gerações futuras.

Com a finalidade de alcançar os objetivos aqui propostos, este trabalho foi dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo serão abordados alguns fragmentos referentes aos documentos normativos que configuram o ensino de Física no Brasil, o enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e sua contribuição para um aprendizado significativo.

No segundo capítulo, discutimos sobre os parâmetros da Educação Ambiental e sua contribuição para o ensino.

No terceiro capítulo, comentamos, de forma sucinta, o conceito de energia no Ensino Médio.

No quarto capítulo, abordamos, brevemente, sobre o efeito fotovoltaico e algumas perspectivas sobre o uso da energia solar.

No quinto capítulo, discutimos o que é uma sequência didática, apresentando, também, a que foi desenvolvida neste trabalho.

E por fim, no sexto capítulo apresentamos as considerações finais à respeito do assunto abordado.

## CAPÍTULO 1

Neste primeiro capítulo iremos abordar alguns fragmentos referentes aos documentos normativos que configuram o ensino de Física no Brasil, o enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e sua contribuição para um aprendizado significativo.

### **1.1 CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: UMA REVISÃO SOBRE A BNCC E O ENSINO DE FÍSICA**

Conforme determinado pela LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394/1996), a BNCC surge como um suporte para regularizar os currículos do ensino básico, que comporta a Educação Infantil o Ensino Fundamental e o Ensino Médio (BRASIL, 1996).

A BNCC exerce um papel normativo ao oferecer um direcionamento para o processo de ensino-aprendizagem, com o intuito de nortear o desenvolvimento dos currículos escolares (incluindo escolas públicas e privadas de todo o Brasil) ao estabelecer os conhecimentos e competências de aprendizagem acompanhando cada etapa da educação básica (BRASIL, 2018). No Brasil, por ser um país de dimensões continentais, há regiões que possuem realidades diversificadas no que compete a geografia do lugar, história e contexto social (como exemplo Sul-Sudeste em comparação ao Centro-Oeste, Nordeste e Norte). Com isso, cada estado<sup>1</sup> tem autonomia para desenvolver o seu currículo com base nos currículos comuns estabelecidos nacionalmente (BRASIL, 2002, pág. 28). No Estado do Paraná, por exemplo, possuímos o Referencial Curricular do Paraná, ou RCP (PARANÁ, 2018), que compreende os objetivos comuns associados e elaborados de acordo com realidade local e social dos indivíduos que compõem o ambiente escolar. A BNCC visa à necessidade de se ter um conteúdo curricular comum para todo o País, ou seja, um parâmetro educacional, para que, apoiados nessas diretrizes, os Estados, secretarias e núcleos de educação/delegacias de ensino possam formular a construção do seu próprio currículo.

A disciplina de Física, no que compete a BNCC, está estabelecida dentro das Ciências da Natureza (comportando também às disciplinas de Biologia e Química) (BRASIL, 2018) em

---

<sup>1</sup> Parâmetros Curriculares Nacionais: TÍTULO IV (Da Organização da Educação Nacional) Art. 10 (I ao VI) dispõe das obrigações do estado (BRASIL, pág. 28, 2002). Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf> >.

que há competências e habilidades estabelecidas para cada área que visam, como objetivo final, a formação do aluno como cidadão. Uma das competências que a BNCC define como um de seus objetivos é que a educação deve contribuir para a transformação da sociedade, incluindo ações que visem a melhoria da comunidade e a preservação do meio ambiente. De acordo com a BNCC.

...competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018, pág. 10).

Essas competências são gerais para toda a educação básica e estão divididas em dez momentos

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (BRASIL, 2018, pág. 11-12).

### Para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

...define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, pág. 549).

### E ainda

Para que os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito dos contextos de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, as competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema envolvendo melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade étnica e cultural, entre outras (BRASIL, 2018, pág. 550).

As competências específicas para essa área estão divididas de três formas, mas em particular iremos citar a primeira,

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, pág. 553).

De forma geral, a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias têm grande propósito no entendimento de “fenômenos e problemas sociais” (BRASIL, 2018, pág. 552), que possuem relação direta com o enfoque escolhido chamado de CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).

Ainda, destacando as competências, mas pensando agora na disciplina Física, o conteúdo que recai sobre o Ensino Médio é denominado pela BNCC como Matéria e Energia (e está citado na competência 1, acima) e nela busca-se, por exemplo:

...analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde (BRASIL pág 551, 2018).



Cada competência prescreve um conjunto próprio de habilidades. Dentro da competência 1, citada acima, existem ainda sete habilidades (EM13CNT101<sup>2</sup> até EM13CNT107) que podem ser desenvolvidas pelos alunos ao longo do Ensino Médio e possuem validade para todas as áreas das Ciências da Natureza. Resumidamente, essas competências indicam o que deve ser assimilado e com que propósito. No que compete à Física (mas não somente), cabe utilizar do conhecimento desenvolvido ao longo da aprendizagem com a finalidade de cooperar com a sociedade ao deliberar sobre problemas, formular recursos e apresentar alternativas para resolvê-los, o que envolve a capacidade de criticidade, que deve ser exercitada já desde o ambiente escolar (PINHEIRO et al., 2007).

Algumas questões sobre as habilidades incluem a análise de transformações e conservação relacionadas à “quantidade de matéria, de energia e de movimento” (BRASIL, 2018, pág. 557), e que proporcionem o envolvimento com situações cotidianas e sociais visando a melhoria e participação nos processos de produção e conscientização sobre o uso dos recursos naturais e a compreensão sobre as radiações, com a finalidade de entender suas potencialidades e possíveis ameaças no “cotidiano, saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica” (BRASIL, 2018, pág. 557).

De modo geral, nas Ciências da Natureza, a sustentabilidade é um tópico bem acentuado e de caráter interdisciplinar que pode ser entendido com um elo entre inúmeras disciplinas, o que inclui a discussão de questões como a geração, formas e distribuição de energia limpa e tecnologias que podem ser aplicadas e desenvolvidas. Isso dá espaço para serem abordados problemas que acontecem no nosso país (inserção do cotidiano), como também mundialmente, expondo os problemas, questões e impactos ambientais que influenciam a sociedade, economia, saúde, fauna e flora etc.

## **1.2 FUNDAMENTOS DA CTSA (CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE)**

Durante a segunda metade do século XX, por volta das décadas de 1960 e 1970 (CAMPOS, 2010, pág. 28 e PINHEIRO et al., 2007), surge o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) como uma posição a cerca do desdobramento científico e

---

<sup>2</sup>A codificação da habilidade é separada por quatro grupos: 1º - EM se refere à etapa Ensino Médio, 2º - o número 13 indica que a habilidade pode ser desenvolvida em qualquer série do Ensino Médio, 3º - CNT indica a área (Ciências da Natureza e suas Tecnologias) e 4º - os números finais 101 indicam que a habilidade pertence a competência um (1) e que equivale a habilidade um (01) da mesma.

tecnológico (C&T) que possuía como pressuposto apenas beneficiar a sociedade desconsiderando possíveis consequências, ou seja, o que antes era conhecido apenas como C&T passou a tratar de questões em dimensão política, econômica, social e demais temas baseados em uma crítica à perspectiva inicial C&T.

Como citado por Campos (2010), alguns temas que podem ser associados às relações entre CTS são: economia, produção industrial, tecnologia, emprego e desemprego, meios de comunicação e afins. Ou seja, as relações CTS possuem inúmeras interpretações. Aqui vamos nos ater à que se refere ao Ensino. Além da inserção do reflexo social nesse enfoque, um outro agravante são os problemas ambientais que enfatizaram a necessidade de um olhar mais crítico sobre a natureza. Com isso, pensemos na adesão de um último conceito às relações CTS, que é a questão ambiental.

A corrida desenfreada pela expansão econômica originou um conflito com questões ambientais, pois ambas divergiam em questão de interesse. Os causos que exprimem essa relação divergente vão desde o aquecimento global, poluição, chuvas ácidas e outras mais (CAMPOS, 2010, pág. 51). Como abordado por Campos (2010), “A origem da crise ambiental está no desequilíbrio entre os elementos população, recursos naturais e poluição, de forma que sua solução depende de seu reequilíbrio”. De acordo com Omnès<sup>3</sup> (1996) e citado por Campos (pág 52, 2010), os três elementos citados (ilustrados na Figura 1) são colocados como vértices de um triângulo e seus lados correspondem às relações existentes entre esses três termos que configuram, por fim, as relações CTS.

**Figura 1:** Ciclo da crise ambiental, representação do fragmento do texto de Campos (2010, pág. 51).



**Fonte:** Ilustração da autora (2022).

<sup>3</sup> OMNÈS, Roland. Filosofia da ciência contemporânea. São Paulo: Editora da UNESP, 1996.

Ao longo das décadas muito tem sido discutido sobre a Alfabetização científica (AC)/Letramento científico (LC). Chassot<sup>4</sup> (2003) considera a alfabetização científica como o “domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para o cidadão desenvolver-se na vida diária” (apud SANTOS, 2007). Millar<sup>5</sup> (1996) descreve cinco grupos que perfazem as justificativas para tais ensinamentos

a) argumento econômico, que conecta o nível de conhecimento público da ciência com o desenvolvimento econômico do país; b) utilitário, que justifica o letramento por razões práticas e úteis; c) democrático, que ajuda os cidadãos a participar das discussões, do debate e da tomada de decisão sobre questões científicas; d) social, que vincula a ciência à cultura, fazendo com que as pessoas fiquem mais simpáticas à ciência e à tecnologia; e e) cultural, que tem como meta fornecer aos alunos o conhecimento científico como produto cultura (apud SANTOS, 2007).

De modo geral, a alfabetização científica expõe a necessidade de incluir a participação da sociedade para o aperfeiçoamento científico e tecnológico, a fim de que compreendam sobre a construção do conhecimento e sejam capazes de formular idéias de acordo com o contexto. De acordo com Chassot<sup>6</sup> (2008) citado por Campos (2010, pág.70): “há uma tendência nas últimas décadas de se trazer o cotidiano para a sala de aula, de se partir da realidade do aluno, de valorizar os saberes primevos, etc” (apud CAMPOS, 2010, pág. 70).

Para Santos (2007) “a alfabetização científica (AC) se refere ao domínio da linguagem científica, enquanto o letramento científico (LC) está ligado à prática social (aplicação dos conhecimentos científicos em contexto escolar e não escolar)” (apud CAMPOS, 2010, pág.70). É importante que o contexto social seja analisado quando tratamos do enfoque a ser trabalhado visto que o ensino acompanha as necessidades sociais, sendo válido para qualquer região/cultura. Um exemplo são os acontecimentos decorrentes da Guerra Fria (1947 - 1989) (CAMPOS, 2010, pág.39) que inspiraram o espírito científico na busca por avanços na ciência. Em meio à acontecimentos como o citado, a crise ambiental avançou de modo preocupante, o que leva os educadores a pensarem o ensino como uma forma de estabelecer ligações entre a ciência, tecnologia e os problemas socioambientais.

Em decorrência dessa necessidade, começam a surgir propostas para o currículo da educação básica voltadas para o ensino que tratasse da questão ciência-tecnologia-sociedade (CTS), porém, considerando que se tornava inevitável debater sobre questões ambientais (mesmo que para alguns autores ela esteja implícita dentro do parâmetro social) a correlação

---

<sup>4</sup> CHASSOT, Ático. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2000.

<sup>5</sup> MILLAR, Robin. Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, v. 77, n. 280, p. 7-18, 1996

<sup>6</sup> CHASSOT, Ático. Sete escritos sobre educação e ciência. São Paulo: Cortez, 2008.

acima passou então a ser identificada como ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA) (SANTOS, 2007). Por fim, sendo o objetivo final formar cidadãos conscientes, o enfoque busca apresentar a função social da escola no ensino de ciências, e ainda como expresso por Santos (2007): “auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões”.

Segundo Roberts<sup>7</sup> (1991), “currículos de ciências com ênfase em CTS são aqueles que tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social” (apud SANTOS, 2007). Ou seja, a proposta envolvendo a inserção do enfoque CTS, ou CTSA, no ensino, está relacionada com a incorporação de temáticas que extrapolem os conceitos ensinados em sala de aula considerando questões tecnológicas, sociais, políticas, históricas etc. De acordo com Leal & Gouvêa<sup>8</sup> (2002), conforme citado por Santos (2007), a abordagem CTS no ensino tem se manifestado desde a década de 1980. No entanto, no Brasil, esse enfoque transcorreu apenas dez anos depois.

A função do ensino CTS é sistematizar o conteúdo e organizá-lo de acordo com as unidades temáticas a serem trabalhadas de forma que, a CTS possa ser adequada de duas maneiras, ou seja, como unidade específica ou como abordagem transversal (CAMPOS, 2010, pág.77). A primeira seria considerar o CTS como uma unidade de ensino e trabalhar questões ambientais do ponto de vista da CTS. A segunda maneira seria a abordagem transversal, de forma que a interdisciplinaridade funcionaria como um recurso para que unidades diferentes (física, biologia ou química) tocassem um ponto em comum. Esse ponto em comum será desenvolvido com base no Ensino CTS (recurso motivacional), tendo como objetivo realizar uma abordagem ampla sobre conteúdos que já permeiam o currículo escolar. De modo sucinto, o Ensino CTS traz inúmeras possibilidades de tratar questões abrangentes tornando-se um caminho para o processo de ensino-aprendizagem.

De fato, os problemas recorrentes do meio ambiente estão fortemente ligados ao desequilíbrio que permeia as relações entre CTS, o que culmina na necessidade de uma educação CTS + A (questão Ambiental). Desse modo, nosso foco é o ensino sobre energia abordado na forma CTSA. Ou seja, o processo de ensino-aprendizagem sobre esse conceito

---

<sup>7</sup> ROBERTS, Douglas A. What counts as science education? In: FENSHAM, Peter J. (Ed.). Development and dilemmas in science education. Barcombe: The Falmer Press, p. 27-55, 1991.

<sup>8</sup> LEAL, Maria Cristina; GOUVÊA, Guaracira. Narrativa, mito, ciência e tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. Ensaio: pesquisa em educação em ciências, v. 2, n. 1, p. 5-36, 2002.

irá culminar numa discussão sobre questões socioambientais relativas ao uso de energia além do científico-tecnológico.

### **1.3 BASES DO ENSINO EM UM CONTEXTO CTSA: PORQUE ENTÃO UTILIZAR DESSE ENFOQUE?**

Partindo de um componente comum curricular, e da possibilidade de utilizar um tema tão abrangente com foco na formação do cidadão, a Física se torna grande aliada no processo de aprendizagem quando abordada a partir de um tema que seja cotidiano. Isso é essencial para que os conceitos sejam assimilados pelo aluno e compreendidos em sua essência (MEDEIROS et al., 2011). O conceito de energia presente na Física está em todos os conteúdos da disciplina. No entanto, a relação desse conceito com temas interdisciplinares tem sido pouco explorada (RAMOS, 2011, pág. 27).

Além de trabalhar com ideias que não estão presentes no cotidiano do aluno, as atividades em sala de aula apresentam-se restritas ao formalismo matemático, enfatizando a aplicação de equações e inúmeros exercícios e, por consequência, permanecem em segundo plano conteúdos que abordam essa interação necessária entre sala de aula e cotidiano. Processos como o de transformação/conservação de energia relacionados ao meio ambiente são exemplos desse problema recorrente.

Assim, é importante possibilitar o exercício da cidadania ao trazer para a sala de aula conteúdos ligados e contextualizados com a necessidade do aluno (MEDEIROS et al., 2011), e que direta ou indiretamente estejam ligados aos objetivos normativos do ensino. Ao trazer um conteúdo próximo da vivência do educando a aprendizagem tende a se tornar mais significativa para o mesmo, pois é um conhecimento próximo e “palpável” para esse aluno. Nesse ponto é importante pensar que alternativas os educadores podem buscar para sanar esse problema que é contextualizar o conteúdo a ser trabalhado com o cotidiano do aluno usando uma linguagem adequada à série a ser trabalhada. Do contrário, permanece o aprendizado mecânico fundamentado na memorização da informação. Ou seja, o aluno adquire a ideia, mas não enxerga a utilidade para essa ideia.

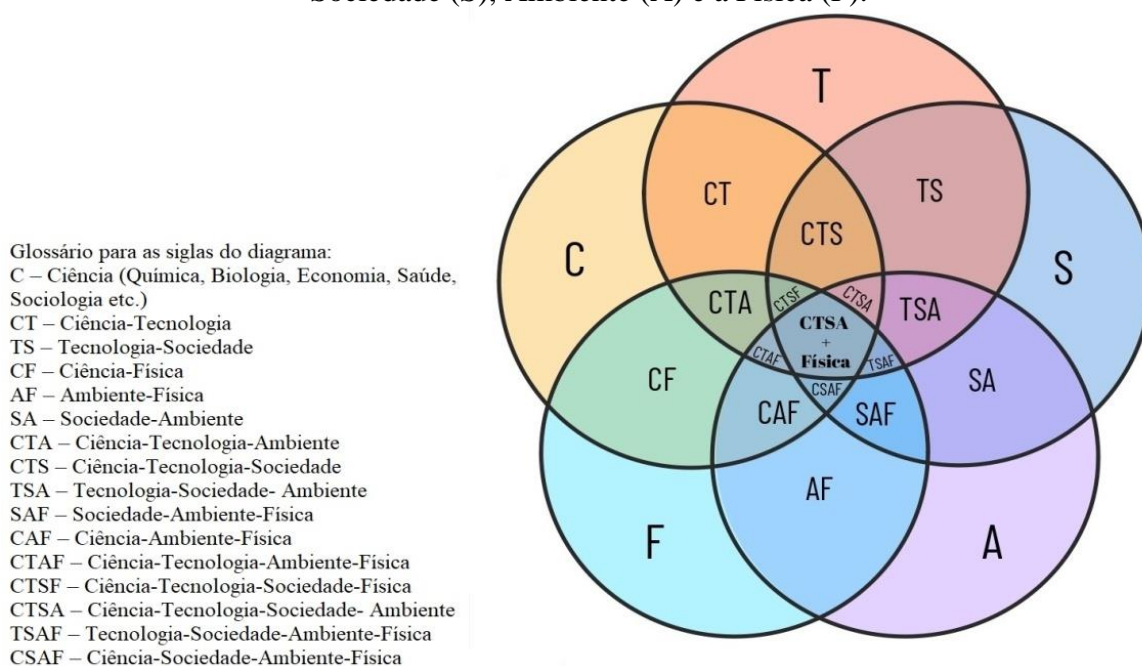
Pensando na importância e no foco do trabalho, que é abordar sobre a temática sustentabilidade como tema gerador para o aprendizado em Física, seguiremos uma perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), em que a construção e a produção do conhecimento têm como intuito a formação de um cidadão consciente apto a utilizar do conhecimento científico para resolver problemas sociais, tecnológicos etc. O CTSA

é um movimento de caráter interdisciplinar, e manifesta uma preocupação central com os aspectos Sociais e Ambientais relativos às aplicações da Ciência e da Tecnologia, pois tem como objetivo principal possibilitar o conhecimento científico vinculado à formação da cidadania (PINHEIRO et al., 2007).

As ciências exatas não estão distante de tratar de assuntos de natureza diversa como questões econômicas, políticas e afins. A Física, integrante desse grupo, pode contribuir de maneira direta com a implementação de políticas de ensino que cooperem para a formação do pensamento do aluno. É importante que o docente investigue onde essa abordagem pode ser desenvolvida (em que conteúdo e de que forma). Neste ponto, o enfoque escolhido para esse trabalho contribui para que possamos enxergar os diversos grupos que podem ser trabalhados, partindo do enfoque principal mais a adição de um fator participativo (a saber, a Física).

Uma forma de ilustrar de que forma determinados grupos se associam é por meio do uso de um diagrama, como exemplificado na forma de um círculo (Diagrama de Venn) que tem por finalidade representar os tais grupos. O diagrama abaixo, por exemplo, foi utilizado como forma de representar visualmente os elementos do CTSA e da Física, e os grupos formados por meio dessa relação, culminando na união do enfoque CTSA + Física, de forma que podemos perceber as inúmeras combinações formadas dados os conjuntos principais (Figura 2). O termo Ciência (C), nesse caso, está abrangendo as demais ciências além da Física e que podem ser tratadas de maneira conjunta com a mesma.

**Figura 2:** Grupos derivados do enfoque CTSA + Física, dado a Ciência (C), Tecnologia (T), Sociedade (S), Ambiente (A) e a Física (F).



**Fonte:** Ilustração da autora (2022).

Utilizar as relações CTSA e incorporar o contexto social do aluno, com base no tratamento e inserção de problemas, tem como finalidade tornar o conhecimento mais significativo, motivando o conflito cognitivo, além de estabelecer uma relação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos (MORAIS; GUERRA, 2013). O conflito cognitivo acontece quando o conhecimento pré-existente do aluno não é capaz de responder a um problema que lhe é apresentado. Ou seja, o conflito existe a partir do momento que o conceito que o aluno tem conhecimento não é suficiente para o problema proposto a ser resolvido (SASAKI; JESUS, 2017). Esse conflito, por sua vez, cria a possibilidade da construção de um novo conhecimento, sendo uma condição necessária, mas não suficiente, de modo que o aluno passa a analisar suas concepções acerca do assunto/conceito que está sendo trabalhado ao rever seus conhecimentos.

Os parâmetros que envolvem a CTS estão ligados à reflexão sobre como utilizar dos conhecimentos científicos e as tecnologias existentes na sociedade, que precisam ser discutidos em todos os setores da mesma. A escolha do conceito de energia para ser trabalhado no enfoque CTSA é um conteúdo potencial, visto que argumentar sobre as fontes de energia (renováveis e não-renováveis), por exemplo, permeiam aspectos sociais, econômicos e políticos, além de outras questões. Ou seja, é um tema relevante e crescente. Para isso, propomos estudar esse conteúdo dentro do contexto da Física Moderna (MORAIS; GUERRA, 2013).

## **CAPÍTULO 2**

Neste capítulo iremos discutir sobre os parâmetros da Educação Ambiental (EA) e a contribuição da sustentabilidade como tema gerador no processo de ensino-aprendizagem, construindo os encaminhamentos que formalizam a ligação direta entre estes dois campos. Consideramos também, a abrangência deste tema e as possibilidades de discussão sobre questões ambientais em todos os campos da Ciência.

### **2.1 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: ONDE O TEMA SUSTENTABILIDADE SE ENCAIXA?**

Devido à inconstante exploração dos recursos naturais, que vem causando inúmeros danos ao meio ambiente, surge a preocupação em desenvolver medidas que possam contornar esse problema, visto que é um fator que interfere diretamente na economia, meio ambiente,

sociedade e qualidade de vida das pessoas. O crescimento populacional, as mudanças climáticas e a demanda crescente dos recursos energéticos, como citado por Silva *et al.*, (2017), são algumas das causas geradoras dos impactos ambientais. Tendo isso em mente, é necessária a promoção de medidas que possam auxiliar no desenvolvimento de uma sociedade com uma consciência mais sustentável (PILISSÃO *et al.*, 2020).

De certa forma, a educação ambiental (EA) tem se popularizado nos últimos anos visto a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de encontrar formas de recuperar/manter o equilíbrio natural, como expresso por Medeiros *et al.*, (2011).

A cada dia que passa a questão ambiental tem sido considerada como um fato que precisa ser trabalhado com toda sociedade e principalmente nas escolas, pois as crianças bem informadas sobre os problemas ambientais vão ser adultos mais preocupados com o meio ambiente, além do que elas vão ser transmissoras dos conhecimentos que obtiveram na escola sobre as questões ambientais em sua casa, família e vizinhos (MEDEIROS *et al.*, 2011).

Esse fragmento retrata a importância da questão ambiental ser trabalhada começando já desde a escola. Isso se justifica visto que a mesma, como instituição formadora, forma os alunos para/e são o futuro da sociedade. Disciplinas como a Geografia, Biologia e Química, por exemplo, tratam da questão ambiental (sustentabilidade, ecologia e afins) de uma forma mais natural (MEDEIROS *et al.*, 2011). Mas e a Física? Que caminho esta poderia utilizar para tratar do assunto?

Para além da necessidade de ter acesso à energia renovável, o esgotamento dos recursos naturais e as questões ambientais decorrentes disso são temas circundantes em debates entre ambientalistas e no cenário político, econômico e nas pesquisas acadêmicas, revelando a necessidade de expandir a informação para áreas de vulnerabilidade social de forma acessível buscando alcançar o desenvolvimento sustentável (PILISSÃO *et al.*, 2020).

A educação, como base para a formação social, científica, humana e assim por diante tem grande responsabilidade ao ser um espaço voltado para a construção do conhecimento. Ou seja, o ensino deve promover mecanismos/ferramentas didático-pedagógicas (SILVA *et al.*, 2017) que auxiliem os alunos a se desenvolverem e serem capazes de olhar para os problema à volta de forma crítica e estarem preparados para discutirem sobre, ou até mesmo, propor soluções iniciais para a resolução do problema. O intuito da educação ambiental é, então, disseminar a importância de se pensar sobre o desenvolvimento sustentável e a importância deste para a qualidade da vida no nosso planeta (MEDEIROS *et al.*, 2011), além de enxergar a relação do ser humano com esse contexto, envolvendo “toda ação educativa que



contribui para a formação de cidadãos conscientes da preservação do meio ambiente e aptos a tomarem decisões coletivas sobre questões ambientais necessárias para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável” (SÁ et al., 2015). Nesse ponto é importante questionar o papel da ciência, nesse caso, a Física, e qual a contribuição que esta pode oferecer para a sociedade do ponto de vista educacional. Desta forma, sendo a Física uma Ciência tão vasta, unir a problemática em torno desse tema com os conceitos físicos torna possível trabalhar a educação ambiental vinculada à uma matéria da grade escolar.

O intuito de utilizar um tema gerador (SILVA *et al.*, 2017) para tratar do conteúdo é diversificar o aprendizado em Física ao demonstrar a possibilidade de trabalhar com questões cotidianas ao transpor para o ensino de Ciências o que pode ser tratado não apenas como inclusão do cotidiano, mas também a ambientação de outras linguagens que permeiam a Ciência em diálogo com a Física (CARVALHO et al., 2010).

Inicialmente, para não tratar somente da Física, podemos designar um conceito que fará ligação com a disciplina e que pode ser transposto para um determinado conteúdo. Aqui, escolhemos trabalhar com a temática da Sustentabilidade. A primeira coisa a ser feita é mostrar que a Física tem tudo a ver com esse tema e que esta, como Ciência, não está isenta de ter responsabilidade sobre isso, ou seja, evidenciar a relação Física + Educação Ambiental (EA). Medeiros et al., (2011) destaca a necessidade do diálogo entre a: “Educação Escolar (EE) e a Educação Ambiental (EA)”, pois uma forma de alcançar e melhorar a qualidade de vida em nosso planeta é por meio do ensino via Educação Ambiental. De acordo com Medeiros et al. (2011)

Entende-se que a Educação Ambiental pode mudar hábitos, transformar a situação do planeta Terra e proporcionar uma melhor qualidade de vida para as pessoas. E isso, só se fará com uma prática de educação ambiental, onde cada indivíduo sinta-se responsável em fazer algo para conter o avanço da degradação ambiental (MEDEIROS et al., 2011).

Ou seja, a utilização de um tema de ligação pode auxiliar no entendimento sobre conceitos físicos (em nosso caso). A educação ambiental vem como um tema transversal<sup>9</sup> (MEDEIROS et al., 2011), ou seja, ela pode ser tratada como uma ideia ligada a um conteúdo de uma disciplina, mas não traz a questão da obrigatoriedade, visto não ser uma imposição e sim uma sugestão (BRASIL, 2002).

---

<sup>9</sup> Os temas transversais são pautados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) e foram elaborados pelo Ministério da Educação em 1997 no currículo do ensino fundamental, e estão associados a temas importantes/urgentes ligados à vida. Nesses estão inclusos: Ética, Saúde, Meio Ambiente, Temas Locais, entre outros (BRASIL, 2002).

Medeiros et al. (2011) relembra

O professor têm o papel de ser o mediador das questões ambientais, mas isso não significa que ele deva saber tudo sobre o meio ambiente para desenvolver um trabalho de qualidade com seus alunos, mas que ele esteja preparado e disposto a ir à busca de conhecimentos e informações e transmitir aos alunos a noção de que o processo de construção de conhecimentos é constante (MEDEIROS et al., 2011).

Isso nos relembra a questão sobre os papéis em sala de aula. Esses papéis devem ser igualmente balanceados de forma que não somente o professor exponha suas idéias, mas os alunos também, ambos, em conjunto, buscando estruturar o conteúdo proposto (MEDEIROS et al., (2011). É importante que um Ensino que tenha por objetivo a alfabetização e o letramento científico em conjunto com a prática social (como explicado anteriormente na seção 1.2) venha a incentivar a promoção de novos aprendizados vinculados à conhecimentos anteriores e à práticas do cotidiano, abrangendo aspectos diversos da construção do conhecimento científico (CARVALHO et al., 2010). Aqui entra bem a questão de inserir o cotidiano no dia a dia no processo de ensino-aprendizagem, trazendo questões que permeiam a ciência, a tecnologia e a sociedade como forma de ampliar aquele conhecimento que está sendo passado para o aluno. Ou seja, é relacionar as questões envolvidas no meio do qual ele está inserido em paralelo ao processo de aprendizagem (CARVALHO et al., 2010).

Podemos citar outros documentos que também dão base para o tratamento da educação ambiental. Não somente a BNCC, mas a própria Lei Federal nº 9.795<sup>10</sup> de 27 de abril de 1999 reivindica a abordagem de questões ambientais no ensino, como designado no Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, que serve como base para a Lei referida. Aqui citamos dois artigos referentes a essa lei e que amparam o tratamento do assunto. De acordo com o Artigo 1º

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

E ainda, de acordo com o Artigo 2º

A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e

---

<sup>10</sup> LEI Nº 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999: Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm)>.

modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (BRASIL, 1999).

A escola, como instituição formadora, tem papel fundamental ao adotar medidas como a Educação Ambiental, pois contribui com a adoção de práticas pedagógicas que visem a formação do aluno como cidadão responsável perante a sociedade (SÁ et al., 2015). Dessa forma, a EA tem como intuito aproximar a relação entre os seres humanos e a natureza e o equilíbrio entre ambos (MEDEIROS et al., 2011) visando a importância sobre o desenvolvimento sustentável para a cooperação entre essas relações.

## **2.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE SUSTENTABILIDADE: UM TEMA GERADOR PARA O APRENDIZADO**

Neste último momento do presente capítulo, vamos pautar como o tema sustentabilidade pode ser um auxiliar na construção de um conteúdo/conhecimento frente à necessidade de discussão acerca da utilização de recursos renováveis e não renováveis para a produção de energia.

A sustentabilidade, ou o desenvolvimento sustentável (CAMPOS, 2010, pág. 42), visa atender à demanda das gerações presentes e futuras sem comprometer seus recursos naturais. Como apontado por Ramos (2011), a fala sobre sustentabilidade tem crescido à medida que questões como o crescimento populacional, tragédias climáticas e afins vêm ganhando espaço na mídia e no dia-a-dia. Percebemos igualmente que muitas empresas e projetos de empreendedorismo vêm se preocupando com o desenvolvimento sustentável.

Segundo Leff<sup>11</sup> (2008), e citado por Sá et al. (2015), a instauração da sustentabilidade

...surge no contexto da globalização como a marca de um limite e o sinal que reorienta o processo civilizatório da humanidade. A crise ambiental veio questionar a racionalidade e os paradigmas teóricos que impulsionaram e legitimaram o crescimento econômico, negando a natureza. A sustentabilidade ecológica é um suporte eficaz para se chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases de produção (apud SÁ et al., 2015).

A sustentabilidade tornou-se uma palavra de ordem e de grande repercussão em todo o cenário mundial. Para o cumprimento e a prática do pensamento sustentável podemos citar alguns objetivos que permeiam essa questão, e que são designados a partir de encontros sediados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Essa organização, por sua vez, tem o

---

<sup>11</sup> LEFF, H. Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder. 3. Ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

papel de promover a cooperação internacional discutindo ações globais e de importância relevante para todas as nações. No ano de 2015 (ROMA, 2019), líderes mundiais se reuniram na sede da ONU para criar um plano de ação global intitulado Agenda 2030 (que visa ser cumprido até esse ano em questão), e que tem por finalidade melhorar a saúde, a educação, erradicar a pobreza, promover o desenvolvimento sustentável entre outras questões. Dessa reunião, foram organizados 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ROMA, 2019), ilustrados na Figura 3, que vêm norteando as ações de inúmeros países para que esses objetivos sejam cumpridos.

As metas que envolvem o cumprimento dos ODS podem aproximar as disciplinas do currículo escolar, ou seja, podem ser utilizados como ponto de partida para a interdisciplinaridade. Por isso, os destacamos aqui como assuntos essenciais para discussão em sala de aula visto serem temas de interesse para todas as áreas. De modo geral, as reflexões em torno dos ODS vão ao encontro do aprimoramento de políticas públicas que tenham por objetivo o desenvolvimento humano e sustentável e que sejam vistos como desafios diários para um futuro próspero. Desafios esses que são pertinentes à sala de aula.

**Figura 3:** Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável (Agenda 2030).



**Fonte:** ONU, 2015 (Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/>>).

Percebemos na ilustração acima que alguns objetivos se encaixam na ideia desse trabalho (7, 12 e 13, por exemplo). Para o cumprimento desses objetivos a utilização de fontes

alternativas de energia, como as Energias Renováveis (proveniente de fontes como o sol, a água ou os ventos, por exemplo), tornou-se um caminho potencial. Nacionalmente, a matriz elétrica têm apontado um crescimento positivo para o uso de fontes provenientes de Energias Renováveis (cerca de 84,8%), adverso ao uso em nível mundial do qual apenas 27% da matriz elétrica é proveniente de fontes renováveis (EPE, 2021, pág. 16 e 17).

Considerando que o ODS 7 visa o acesso à energia limpa para todos, o destacamos aqui em função do objetivo do presente trabalho, alinhado a ideia de que esse “acesso” se inicie no processo de ensino. Dessa forma, considerando que o consumo mundial de energia tem aumentado gradativamente devido à elevação da demanda em países em desenvolvimento, estudos sobre a sustentabilidade se aplicam em inúmeras áreas, pois em âmbito geral é um fator que atinge a sociedade, a economia, a tecnologia e o meio ambiente (BONSIGNORE et al., 2020).

Artigos como o de Bonsignore et al. (2020) trazem a ideia da utilização da energia solar como alternativa sustentável para a alta demanda de energia em países em desenvolvimento, que tem aumentado significativamente e principalmente em relação às fontes não renováveis (EPE, 2021). Considerar o uso da energia solar vai ao encontro do fato dessa ser uma fonte renovável e de maior abundância (BONSIGNORE et al., 2020). Para incorporar a sustentabilidade no ensino, podemos tomá-la como uma visão prefacial de elementos da FM (como a quantização e interação radiação matéria, por exemplo) (BONSIGNORE et al., 2020).

O estudo sobre a sustentabilidade é fundamental uma vez que um dos principais desafios da ciência contemporânea é o desenvolvimento de tecnologias que explorem opções de conversão de energia à partir de fontes renováveis em virtude da inconsequente exploração dos recursos naturais, que tem causado inúmeros danos ao meio ambiente (DRESSELHAUS; THOMAS, 2001). A energia solar, em especial, é a maior fonte de energia renovável (portanto, sustentável) do planeta, e é algo presente diretamente no cotidiano do aluno que pode então ser utilizada como recurso para exemplificar a importância de aprender sobre sustentabilidade. A partir da energia solar podemos explorar inúmeros conceitos em sala de aula, tais como o efeito fotovoltaico/fotoelétrico, quantização, materiais semicondutores, corrente elétrica, circuitos, processos de conversão de energia etc.

## CAPÍTULO 3

Neste capítulo discutiremos brevemente sobre a presença do conceito de energia no ensino de Física e as dificuldades envolvidas ao trabalhar com a Física Moderna.

### 3.1 ENERGIA NO ENSINO MÉDIO PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA

O conceito de energia na Física está presente em todos os conteúdos da disciplina. No entanto, a relação desse conceito com temas interdisciplinares (MORAIS; GUERRA, 2013) tem sido pouco explorada. Então, levando em consideração a importância dessa contextualização, nosso principal objetivo é trabalhar o conceito de energia e as possibilidades de desenvolver a ideia sobre o uso da energia de modo sustentável, aplicando uma temática geral no ensino (a saber, sustentabilidade).

Como manifestado no parágrafo inicial, energia é um tema que aparece frequentemente nos conteúdos da disciplina de Física (mas não somente). A Tabela 1 (Paraná, 2008) a seguir, exhibe a divisão desse conceito no currículo da disciplina de acordo com o que consta nas Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE) sobre a Física, como exemplo para observarmos a estruturação dos conteúdos em cada ano no ensino médio.

**Tabela 1:** Conteúdos básicos para a disciplina de Física considerando o conceito de energia.

Conteúdo Estruturante	Conteúdo Básico	Ano
Mecânica	Energia e o Princípio da Conservação da energia	1°
Termodinâmica	Energia Térmica	2°
Eletr magnetismo	Carga, corrente elétrica, campo e ondas eletromagnéticas Força eletromagnética, Equações de Maxwell: Lei de Gauss para eletrostática/Lei de Coulomb, Lei de Ampère, Lei de Gauss magnética, Lei de Faraday A natureza da luz e suas propriedades	3°

Fonte: Paraná, 2008 (Diretrizes Curriculares Estaduais - Física).

Percebemos que esse conceito de fato é diversificado dentro da disciplina. Com base nisso é necessário pensar em formas de abordá-lo. Consideremos alguns trabalhos como aporte para o assunto, que tratam da temática ambiental para o ensino do conceito de energia. Bonsignore et al. (2020), por exemplo, evidencia o uso da sustentabilidade como uma visão para tratamento de conteúdos da área de Física Moderna, o que já sugere uma mudança em como entender o objetivo do conteúdo além do ponto de vista matemático. Friman et al. (2018) traz uma proposta de educação ambiental já desde os primeiros anos de ensino, focada na promoção de informações sobre a situação energética do país. Isso implementa uma

problematização acerca do ambiente que os alunos vivem e de que forma isso vai interferir na qualidade de vida dos mesmos.

Este é o momento em que os alunos podem a começar com os: Por que? Como? O que fazer sobre? Moraes e Guerra (2013) discutem uma proposta fundamentada no trabalho sobre a história do conceito de energia mecânica, trazendo pontos sobre o tratamento do assunto ao estabelecer a importância da contextualização histórica e filosófica da ciência. Além disso, os autores também ressaltam algumas preocupações sobre a complexidade em se trabalhar com a totalidade dos conteúdos da área da FM visto que ocorre a

i) falta de preparo dos professores; ii) falta de material didático disponível; iii) carga horária insuficiente para a inserção de mais conteúdo; iv) lista de conteúdo extensa a ser cumprida; v) necessidade de conhecimento prévio e, vi) dificuldade matemática (MORAIS; GUERRA, 2013).

Ou seja, existe uma dificuldade, um currículo de conteúdos extensos e a necessidade de desenvolver um planejamento para contornar esses empecilhos. Quando nos referimos à disciplina de Física e colocamos o conceito de energia na “mesa”, o que comumente percebemos é que tal conceito é tratado de forma indiferente à educação com foco na formação do cidadão (o que vai em desencontro ao que os documentos oficiais defendem!). Comumente, os conteúdos básicos dispostos na Tabela 1 anteriormente ficam a cargo da demonstração matemática. Como expresso por Sousa<sup>12</sup> (2005) e mencionado por Ramos (2011)

A preocupação da Física está centrada em discutir o significado conceitual da energia que, em geral, inicia-se a partir do conceito de trabalho, na Mecânica. A energia comparece também na termodinâmica, nos processos de fluxo de calor e na primeira lei. É tratada também como energia elétrica, na eletrodinâmica. Ou seja, de forma diversificada e com pouca ou nenhuma relação entre si. Há também ênfase no uso das unidades, distinguindo potência de energia, além de reconhecer os múltiplos e submúltiplos das unidades padrão (apud RAMOS, 2011, pág.12).

De forma sucinta, em resumo ao fragmento acima, o conceito está restrito a própria disciplina, ou seja, a explicação em torno do fenômeno sem explicações sobre seu uso socioambiental ou tecnológico. Como exemplo geral, sobre a temática deste trabalho, as questões comumente citadas nos livros didáticos são sobre: *Quais são os tipos de fonte de energia?* Porém, ficam para trás questões como a econômica, geográfica e social associada à utilização dessas fontes.

---

<sup>12</sup> Sousa, P. F. F. Energia e Desenvolvimento sustentável: Perspectivas para o ensino de física. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Física - USP, 2005.

O que propomos é interpretar o conceito de energia a partir da FM (aspectos de conversão e transformação de energia) para concluir esse objetivo. A energia solar será o norte para a construção desse processo. Para que o assunto seja percebido numa perspectiva CTSA consideraremos a questão sobre o uso da energia solar e seus efeitos ambientais: Qual a contribuição da Física neste contexto?

Como optamos por trabalhar com o tema sustentabilidade, destacando a importância da energia solar (que será comentada novamente na Seção 4.2) nesse cenário, para não desconsiderar as outras fontes, que também são cabíveis de estudo e que irão aparecer na sequência didática em um determinado momento, iremos utilizar um Mapa Conceitual. Essa ferramenta é uma alternativa para estruturar os conceitos de um conteúdo como recurso para a representação de ideias de modo organizado (CORREIA, 2010). Como expresso por Moreira (2012): “Mapas conceituais são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa”. Ou seja, mapas conceituais podem ser utilizados tanto para representação de conceitos como para o levantamento de conhecimentos prévios.

No APÊNDICE A reunimos algumas anotações referentes às fontes de energia com base nas bibliografias que foram indicadas (ANEXO B) para a sequência didática. Como existe uma diversidade de modos de produção de energia, esse mapa conceitual foi construído como forma de esclarecer algumas características gerais de cada fonte e direcioná-las para estudo, já que o objetivo deste trabalho não é tratá-las de modo particular.

## **CAPÍTULO 4**

Neste quarto capítulo abordaremos sobre a ideia que os alunos, e pessoas no geral, carregam sobre o conceito de energia. Faremos também um tratamento histórico sobre o desenvolvimento da teoria que levou ao efeito fotovoltaico e algumas perspectivas sobre o uso da energia solar. De início esclarecemos que a ideia do trabalho, precisamente neste capítulo, não é explanar profundamente sobre o efeito fotovoltaico, mas sim construir o pensamento inicial sobre a importância das mudanças conceituais envolvendo a quantização de energia nos adventos da Física Moderna e delinear a importância do efeito fotovoltaico para utilização da energia solar.

A Física Moderna é uma área de ensino e pesquisa que trás conteúdos demasiado extensos possuindo suas dificuldades de aplicação, como descrito anteriormente (Capítulo 3 - Seção 3.1). Contudo, é importante destacar que descobertas que impulsionaram a Física Moderna corroboraram para uma nova visão sobre a energia a partir da interação entre



radiação e matéria que impulsionaram o desenvolvimento de tecnologias que foram, e são essenciais para contribuir com o meio ambiente. Dessa forma é importante trabalhar com conceitos como a quantização de energia, o efeito fotoelétrico e o fotovoltaico (DCE, 2008).

O conceito de energia está intimamente ligado ao seu contexto, mas qual a implicação disso para o ensino-aprendizagem em Ciências, mais especificamente em Física? As interações com o meio no qual estamos inseridos são imprescindíveis para que possamos estabelecer uma relação entre o contexto em que esse conceito está inserido. É importante considerar a ideia de que assim como qualquer grupo de pessoas os alunos também trazem para a sala de aula uma linguagem cotidiana para o entendimento sobre energia (“acabou a energia” ou “estou sem energia hoje”) o que muitas vezes pode dificultar o processo de aprendizagem por que tendem a associar naturalmente esse conceito com sensações ou acontecimento diversos do dia a dia. Muitas vezes a dificuldade sobre seu entendimento, além do contexto, está ligada a forma separada como os conteúdos qualitativos e quantitativos são ensinados.

A introdução da Física Moderna na história desencadeou mudanças conceituais que permitiram o desenvolvimento de tecnologias que se tornaram possíveis somente em consequência aos estudos sobre os fótons, como expresso por Machado e Nardi (2006)

A revolução desencadeada pela física moderna atingiu, por exemplo, as concepções de espaço, tempo, massa e energia, o entendimento quanto à estrutura do átomo e a compreensão sobre a própria origem e evolução do Universo. Com base em seus princípios, surgiram tecnologias cuja importância se destaca no dia-a-dia, tais quais o transistor, essencial nos computadores; o laser, utilizado nas telecomunicações e em tratamentos médicos [...] (MACHADO; NARDI, 2006).

Entre outras tecnologias, temos aquelas que proporcionaram um avanço importante para o desenvolvimento sustentável, que são as células/painéis solares. Ou seja, o entendimento sobre a composição e incidência da luz (radiação eletromagnéticas) em certos materiais proporcionou uma maneira de construir uma tecnologia que fosse capaz de utilizar a energia solar. Porém, não somente fatores científicos e tecnológicos (C&T) avançaram com esta “nova Física”, os impactos em nível social e ambiental também avançaram.

Os impactos sociais e ambientais produzidos pelos avanços científicos e tecnológicos são notáveis, tanto em seus aspectos positivos - representados pela maior eficiência nas áreas de transporte, comunicação e saúde, por exemplo - quanto em suas características criticáveis - incluindo a poluição e as armas de destruição em massa, dentre outras (MACHADO; NARDI, 2006).

Porém esses fatores não têm recebido tanta relevância nas práticas de ensino de Física (MACHADO; NARDI, 2006). Assim, para tratar do conteúdo dentro da Física Moderna alinhado a questão da educação ambiental (e demais pilares do enfoque CSTA), elencamos os seguintes conteúdos: a quantização de energia, o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. Esses tópicos foram escolhidos com base nos conteúdos presentes em quatro<sup>13</sup> livros didáticos e que comumente aparecem nos livros do PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) ano após ano. Mesmo com o advento das novas descobertas no início do século XX e “profundas transformações conceituais” (MACHADO; NARDI, 2006) a Física Clássica ainda permanece como ocupante integral dos conteúdos no ensino médio. Por isso, quando houver oportunidade, é importante tratar dos conteúdos da área de Física Moderna de forma problematizadora de temas relevantes, elencando as possibilidades do conhecimento científico dessa área para outras questões além da Ciência (MACHADO; NARDI, 2006), visto que algumas questões que permeiam nosso cotidiano são passivas de uma explicação moderna da ciência. Como exposto nos parágrafos anteriores, é importante estabelecer as relações sobre o conceito em um dado contexto, logo, iremos utilizar esses conceitos como essenciais para a promoção de uma nova visão sobre o uso das energias renováveis.

#### **4.1 EFEITO FOTOELÉTRICO, EFEITO FOTOVOLTAICO E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA**

Em muitos casos o efeito fotovoltaico (PV) é ensinado como efeito implícito na teoria do efeito fotoelétrico, mas existem algumas diferenças e é importante trabalhá-las com os alunos. Historicamente as primeiras ideias sobre o efeito fotovoltaico estão associadas ao físico francês Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891) (LIMA et al., 2019) que ao investigar um material semicondutor constatou o surgimento de uma diferença de potencial nesse material quando exposto a luz, destacando uma relação que tornara-se muito importante: a interação radiação-matéria. Esse estudo culminou no que conhecemos como

---

<sup>13</sup> Livros: SILVA, Djalma Nunes da. Física Série Novo Ensino Médio. vol. único. 6ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

SILVA, Claudio Xavier da. BARRETO FILHO, Benigno. Física aula por aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna – 1.ed. v.3 - São Paulo: FTD (2010).

GONÇALVES FILHO, Aurélio. TOSCANO, Carlos. Física: interação e tecnologia – 1.ed. v.3 - São Paulo: Leya (2013).

GUIMARÃES, Osvaldo. PIQUEIRA, José Roberto. CARRON, Wilson. Física (Ensino Médio) – 1.ed. v.3 - São Paulo: Ática (2013).

efeito fotovoltaico e tem impulsionado inúmeras pesquisas. Já os estudos referentes ao efeito fotoelétrico podem ser constatados em obras de pesquisadores como Heinrich Hertz (entre 1886 e 1887), e com Wilhelm Hallwachs e Philipp Lenard entre os anos de 1886 e 1902 (BELICH JUNIOR, 2012, pág. 18; STUDART, 2000) que em suas observações discutiam a divergência entre a o efeito fotoelétrico e a teoria eletromagnética clássica de James Clerk Maxwell (a luz explicada como um fenômeno eletromagnético ondulatório (LIMA et al., 2019).

Ambas as teorias (fotovoltaica e fotoelétrica) careciam de algumas explicações que só foram inicialmente respondidas com a proposição sobre a quantização de energia apresentada por Max Planck (em consequência aos seus estudos sobre a radiação de corpo negro) (STUDART, 2000). Albert Einstein utilizou da teoria formulada por Planck para dar forma à teoria do efeito fotoelétrico (o que lhe rendeu um prêmio Nobel em 1921 por tal feito). De forma sucinta, esse efeito é a emissão de elétrons quando um material é incidido pela luz (radiação eletromagnética) (EISBERG; RESNICK, 1979, pág. 51 e BONSIGNORE et al., 2020). Porém, experimentalmente, divergia da teoria eletromagnética clássica como exposto por Hallwachs e Lenard (BELICH JUNIOR, 2012, pág. 18). Na teoria eletromagnética clássica a transferência de energia da onda eletromagnética para o elétron é de forma contínua e a emissão do elétron ocorreria quando acumulasse energia suficiente, ou seja, essa energia ia sendo incidida continuamente até que o elétron recebesse a quantidade necessária. No entanto, experimentalmente, o efeito fotoelétrico era observado apenas em uma frequência específica da luz, o que corresponde, também, a uma energia específica.

Planck acreditava que energia eletromagnética, uma vez irradiada, se espalhava pelo espaço da mesma forma que ondas de água se espalhavam na água. Em vez disso, Einstein propôs que a energia radiante está quantizada em pacotes concentrados, que mais tarde vieram a ser chamados de *fótons* (EISBERG; RESNICK, pág 54, 1979).

Einstein conseguiu esclarecer as dúvidas que contornavam o efeito fotoelétrico explicando que a interação entre a radiação eletromagnética e o elétron ocorria de forma discreta e descontínua, de forma que a quantidade de energia é específica e não adquirida continuamente. Ou seja, a luz era composta por um *quantun* (STUDART, 2000) de luz, ou como conhecemos, um fóton (BONSIGNORE et al., 2020). Ou seja, o efeito fotoelétrico só será observado quando a energia dos fótons for maior ou igual do que a energia necessária para arrancar os elétrons do material, estando relacionada com a frequência de incidência da luz (VALADARES; MOREIRA, 1998). A intensidade da luz, por sua vez, está diretamente ligada à quantidade de fótons que chegam ao material e de elétrons que são emitidos

(FELDMAN, 2010). Em suma, pode-se afirmar que os fótons transportam certa quantidade de energia ( $h\nu$ ). Essa energia é absorvida pelos elétrons que, por consequência, se desprendem do material (BONSIGNORE et al., 2020). A equação de Planck (equação (1)) denota uma medida individual para a energia de cada fóton e estabelece que ela está associada com a frequência da radiação eletromagnética na forma:

$$E = \hbar \nu \quad (1)$$

sendo  $\hbar = 1,054 \times 10^{-34}$  J.s a constante de Planck ( $\hbar = h/2\pi$ ) e  $\nu$  a frequência de onda associada à luz (radiação eletromagnética), medida em hertz (Hz).

Para que o elétron consiga escapar do material, de fato, é necessária uma quantidade de energia que chamamos de função trabalho ( $\Phi$ ) (EISBERG; RESNICK, 1979, pág. 51), e é dependente do tipo de material. Quando  $h\nu > \Phi$  o elétron consegue escapar da superfície do material, e adquire energia cinética ( $E_c$ ). A energia cinética adquirida pelo elétron é a diferença entre a energia fornecida pelo fóton ( $h\nu$ ) e a função trabalho ( $\Phi$ ), dada pela equação (2)

$$E_c = h.\nu - \Phi \quad (2)$$

Para a emissão do elétron da superfície do material, temos a equação (3) característica do efeito fotoelétrico

$$h.\nu = \Phi + E_c \quad (3)$$

Até esse ponto, tratamos diretamente do efeito fotoelétrico, ou seja, a emissão de elétrons em um material quando submetido à incidência de radiação eletromagnética em uma frequência mínima. O efeito fotovoltaico, por sua vez, não está relacionado a emissão desses elétrons, mas sim com o que corre internamente no material que interage com a radiação eletromagnética.

Quando tomamos como exemplo alguns materiais, como aqueles utilizados em células solares fotovoltaicas, entre uma região chamada banda de energia existe um intervalo denominado de lacuna de energia<sup>14</sup>. Quando o elétron absorve a energia do fóton, esse elétron,

---

<sup>14</sup> Ou “gap” de energia, que não pode ser ocupado pelos elétrons do material. Essa região de energia, por sua vez, também recebe o nome de “banda proibida” (banda, neste caso, denota um certo intervalo de energia).

que ocupa um nível mais baixo de energia (na chamada camada de valência) só vai conseguir “saltar” de uma região para outra de maior energia se o elétron ganhar energia em uma quantidade específica para superar essa lacuna (*gap*). Se a energia fornecida pelo fóton for apropriada o elétron irá “saltar” para o estado de mais alta energia (saltará da camada de valência para a camada de condução do material), em que os elétrons ficam livres (VALADARES; MOREIRA, 1998) e então podem “viajar” através do material de maneira independente.

Como sabemos, o deslocamento de cargas elétricas gera uma corrente elétrica (VALADARES; MOREIRA, 1998) dando origem a uma diferença de potencial (*ddp*), que é causada porque o deslocamento dos elétrons faz com que se tenha um acúmulo de cargas negativas em um ponto do material enquanto que a região que perdeu os elétrons fica com carga positiva devido à ausência de elétrons, essa diferença entre cargas positivas e negativas em pontos diferentes é a diferença de potencial (*ddp*) (HALLIDAY, 2016, pág. 266). Ou seja, “na essência, o efeito fotovoltaico corresponde à geração de uma diferença de potencial elétrico entre dois terminais de uma malha” (LIMA et al., 2019).

De forma geral, esses dois efeitos (fotoelétrico e fotovoltaico) são tomados como similares (apesar de serem distintos) visto que a quantização de energia (LIMA et al., 2019) fornece a explicação para ambos efeitos. Em resumo as explicações acima descritas:

- Efeito fotoelétrico: resulta na emissão de elétrons do material ao receber uma energia específica devido à incidência de radiação eletromagnética.
- Efeito fotovoltaico: não há a emissão do elétron do material, mas sim o “salto” do elétron do estado de mais baixa energia para um estado de mais alta energia no qual o elétron pode percorrer o material livremente.

Como dito no início da seção 4.1, as primeiras descobertas sobre o efeito fotovoltaico são atribuídas a Becquerel. Desde então o estudo sobre esse efeito tem sido de grande importância para o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento de energia solar, visto que a conversão fotovoltaica tem papel fundamental do uso de energias renováveis em nível global (LIMA et al., 2019). O estudo sobre a quantização no ensino médio em muito se torna abstrato ao olhares dos alunos, pois como todo conceito não observável é algo que torna-se difícil de ser compreendido. Como estamos propondo o tema gerador Sustentabilidade indo em direção à ideia do uso de fontes de energia limpa, a energia solar pode ser uma ponte para o entendimento desse conteúdo, pois é algo que tem significado cotidiano para os alunos.

## 4.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES (PREPARAÇÃO PARA A SEQUÊNCIA)

Quando tratamos das fontes de energia disponíveis podemos escolher uma delas e trabalhar os conceitos físicos que estão envolvidos. Inicialmente, pensamos na problemática envolvendo o mau uso dos recursos naturais no tocante ao consumo de energia e esgotamento dos recursos disponíveis, e então pensamos em fontes alternativas de energia que são provenientes de fontes renováveis. Neste ponto, destaca-se a energia solar por ser uma fonte limpa e renovável (ROCHA; COSTA, 2019). Mas por que escolher essa fonte de energia em específico? Existe uma diversidade de fontes para a produção de energia, como a Biomassa, Combustíveis Fósseis, Nuclear, Eólica etc. (DRESSELHAUS; THOMAS, 2001). A Energia Solar, em especial, contribui diretamente para a promoção da vida, é a maior fonte de energia renovável do planeta e pode ser convertida diretamente em energia elétrica (energia solar fotovoltaica). Neste caso, a radiação proveniente da luz solar é convertida em energia elétrica devido ao surgimento de uma diferença de potencial em materiais semicondutores submetidos à incidência de luz solar. Esse efeito é o que caracteriza o efeito fotovoltaico (ROCHA; COSTA, 2019).

Ou seja, a Energia Solar possui um potencial de importância ambiental em todo o cenário mundial e tem sido estudada como possível caminho/solução para sanar os problemas de impacto ambiental causados por outras fontes, além de poder ser considerada como a fonte primária para toda forma de vida (fauna, flora e humana) (RAMOS, 2011). As linhas de pesquisa na área de estudo sobre energia solar têm crescido de forma positiva. O Brasil possui grande “uniformidade do potencial energético solar” (MOREIRA, 2020) em vista dos países europeus como Alemanha, França e Espanha em que os menores índices de irradiação<sup>15</sup> apresentados no território nacional equivalem aos maiores índices na Europa (apud MOREIRA, 2020).

Quando tratamos do efeito fotovoltaico, além de explicar os conceitos físicos do ponto de vista da Física Moderna podemos abordar também as tecnologias que podem/são utilizadas com base nesse efeito. Como citado na seção anterior (4.1), podemos citar uma tecnologia que vem avançando cada vez mais no mercado e que comumente ouvimos sobre, que são as células solares fotovoltaicas. De acordo com a ANEEL (2002), as células solares (construídas a partir de materiais semicondutores) fazem o papel de captar os fótons provenientes da incidência da radiação solar e convertê-los em energia elétrica. Esse é um exemplo de

---

<sup>15</sup> Os dados sobre a irradiação solar média no território brasileiro podem ser obtidos no Atlas Brasileiro de Energia Solar, disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html).

tecnologia que foi desenvolvido com os adventos da Física Moderna. Ou seja, com essa forma de energia podemos estudar a importância da energia na Física Moderna como avanço para a energia produzida de forma renovável.

## CAPÍTULO 5

Neste capítulo iremos discutir sobre o que é uma sequência didática, lembrando brevemente a visão de Antoni Zabala que argumenta em seu trabalho sobre a importância de uma reestruturação na organização do ensino com o objetivo de orientar os alunos no processo de aprendizagem. Além disso, apresentaremos a sequência que foi desenvolvida neste trabalho.

### 5.1 O QUE É UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA?

As sequências didáticas (SD) surgem como uma forma de organizar o trabalho a ser desenvolvido em sala de aula de forma planejada ao estabelecer alguns procedimentos, visando como produto final a aprendizagem dos alunos sobre um determinado tema. As SD são definidas por Zabala (1998) como sendo “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...)” (ZABALA, 1998, pág. 18). Segundo Bini (1977) apud Zabala (1998), no modelo tradicional as sequências didáticas são formadas por quatro fases, da mesma forma Zabala propõe algumas fases (Figura 4) com o intuito de avaliar se uma “sequência é mais ou menos apropriada” (ZABALA, 1998, pág. 54-55) em um dado contexto de aplicação.

**Figura 4** – Sequências didáticas nas visões de Bini e Zabala.

Bini	Zabala
Fases que compõe uma sequência Tradicional	Fases que indicam a adequação de uma sequência
(A) Comunicação do conteúdo;	(A) atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos;
(B) Estudo individual baseado no livro didático;	(B) Explicação das perguntas ou problemas que esta situação coloca;
(C) Repetição do conteúdo aprendido, sem discussão nem ajuda recíproca;	(C) respostas intuitivas ou “hipóteses”;
(D) Julgamento ou sanção administrativa (nota) do professor ou da professora.	(D) Seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação;
	(E) coleta, seleção e classificação dos dados;
	(F) generalização das conclusões tiradas;
	(G) expressão e comunicação.

**Fonte:** ZABALA – A Prática Educativa (1998, pág. 54-55).

Para construir esse processo didático, ao explorar as referências ligadas ao assunto (como BONSIGNORE et al (2020), FRIMAN et al (2018), MORAIS; GUERRA (2013), FELDMAN (2010), BUCKLEY (1992), DRESSELHAUS; THOMAS (2001) entre outros), de como os conceitos de Física Moderna, em especial a energia, são tratados, o presente trabalho apresenta uma sequência didática voltada para professores da educação básica que discorre como o conceito de energia, que pode ser trabalhado no ensino médio a partir da temática sustentabilidade, com foco no processo físico de conversão de energia (solar) por meio da exploração do efeito fotovoltaico, destacando a ligação da Física com questões envolvendo o meio ambiente. A presente sequência tem como objetivo contribuir para um pensamento consciente já desde o ambiente escolar, dando o subsídio necessário aos alunos (conceitos da Física Moderna, no caso) de forma a contribuir com um conteúdo significativo.

É importante correlacionar a teoria ensinada em sala de aula com outros elementos didáticos para contribuir com o aprendizado. Ou seja, o uso de metodologias ativas, o emprego de tecnologias no ensino (simulações, por exemplo), experimentação (real ou virtual), utilização de situações cotidianas, repensar a abordagem das tendências pedagógicas e afins. A metodologia a ser utilizada será o enfoque CSTA, que permitirá a contextualização dos conteúdos e, ainda, com o intuito de cooperar para o desenvolvimento da criticidade no aluno, para que o mesmo seja capaz de usar dos conhecimentos adquiridos para resolver problemas e propor soluções (SANTOS, 2007).

Os conteúdos da sequência seguirão o objetivo de estudar: *O processo de conversão da energia solar em energia elétrica*, considerando as relações CTSA e motivar o aluno a realizar questionamentos que se aproximem do contexto em que vive ou está inserido. Como o tema gerador para esse trabalho é a *Sustentabilidade*, pensamos em elaborar uma SD que colocasse foco em um conteúdo presente na disciplina, o *efeito fotovoltaico*, visto este ser um fenômeno que permeia no uso da Energia Solar. Dessa forma, esse encaixe foi pensado na seguinte sequência: *Sustentabilidade – Energias Renováveis – Energia Solar – Efeito Fotovoltaico*, de modo que escolhemos um Conceito Geral para chegar a um Conceito Específico. Lembramos também que o tratamento físico do conteúdo não é o único objetivo. É necessário relacionar as questões socioambientais que tornam a abordagem desse tema relevante para o ensino. Portanto, o enfoque CTSA surge como uma alternativa pedagógica cuja função tem como fundamento a preocupação com a formação do indivíduo, de forma a condicionar o ensino de forma contextualizado à vivência do aluno interligando temas como a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente no conteúdo a ser estudado em sala de aula. Comumente os currículos buscam pouca reflexão dos conteúdos em relação à vivência do



aluno. Essa vivência vai de encontro com a *curiosidade epistemológica*, termo utilizado por Freire (1992) como algo que se opõe ao senso comum e é construído a partir do exercício crítico da aprendizagem. Esperamos que o enfoque CTSA seja capaz de contribuir com essa questão.

Antes de iniciar a proposta didática, consideramos esclarecer algumas questões. Como essa temática possui um viés interdisciplinar, é interessante que a aplicação desse conteúdo possa ser unida a outras disciplinas como: a Geografia ao trabalhar questões como o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e o consumo de energia elétrica em países desenvolvidos, na Biologia ao discutir sobre o efeito estufa e o aquecimento global provocado pelo uso de fontes não-renováveis e sua interferência na qualidade da vida, na Química ao analisar a composição dos gases que provocam o efeito estufa e até mesmo na Língua Portuguesa tendo em vista a atividade avaliativa que foi proposta. Logo, nesta avaliação, ou até mesmo nos seminários da sequência didática, é interessante expressar a possibilidade de trabalhar em conjunto com outro professor do corpo docente da escola.

É relevante termos em mente que uma sequência didática depende, por outro lado, do público a qual a sequência será aplicada, que vai desde crianças e adolescentes no Fundamental I e II até o Ensino Médio, como também o público indígena e o de educação para jovens e adultos (EJA). Ou seja, como já discutido neste trabalho, e lembrando que os conteúdos de Física são demasiado extensos no ensino médio, muitas vezes não há o tempo necessário para a aplicação de metodologias diferentes. Contudo, em nosso caso, poderia ser um tema atrativo/curioso para o EJA, por exemplo. Entendemos que é importante destacarmos que para que a sequência didática proposta seja coerente, em termos de tempo de aplicação e conteúdo, ela deve ser orientada com base no contexto da escola e dos alunos, e ser adaptada conforme necessário. Não obstante, este trabalho não colheu resultados práticos, de forma que as atividades foram pensadas para proporcionar um direcionamento de como o tema escolhido poderia ser abordado dentro do conteúdo.

## **5.2 PROPOSTA PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A sequência didática apresentada na abaixo será composta por seis aulas (considerando 50 minutos cada) sendo a última (aula 6) reservada para a avaliação do conteúdo, em que, espera-se que os alunos:

- Percebam a Física do ponto de vista do enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), além de estabelecer uma relação entre os pilares desse enfoque;

- Reflitam a cerca do meio em que estão inseridos social e ambientalmente;
- Reflitam sobre a contribuição da Física para questões sócio-ambientais;
- Realizem trabalhos manuais (experimentos) e teóricos (pesquisa);
- Participem ativamente das dinâmicas em grupos com o propósito de expor suas críticas e argumentos;
- Relacionem os conhecimentos vistos na disciplina em situações cotidianas e de forma global,
- Sejam capazes de interpretar matematicamente os fenômenos por meio de equações e gráficos.

A ideia aqui não é formular um “tutorial”, mas construir uma forma complementar de abordar qualquer conteúdo, unindo um enfoque que tem como intuito a educação científica e a formação de cidadãos com base em um tema gerador (cotidiano) para promover o aprendizado. Espera-se que ao final da sequência (quando houver oportunidade de aplicação) os alunos entendam a relação da Física com o meio ambiente e que as Ciências, no geral, sirvam como um alicerce para solução de problemas e para o exercício da cidadania plena. No APÊNDICE B deste trabalho está anexado uma tabela que tem por finalidade resumir os temas e objetivos de cada aula.

De modo geral, as aulas foram pensadas para contemplar quatro momentos: o 1º é entender a ideia que os alunos possuem sobre o conceito de energia para situar o contexto no qual queremos trabalhar; 2º trabalhar com os alunos o fato de o efeito fotovoltaico ser um estudo importante para o desenvolvimento sustentável; 3º apresentar a célula solar como tecnologia para conversão de energia solar e 4º a importância da Física para o meio ambiente.

## **Sequência Didática - Introdução aos conceitos básicos sobre a Física Moderna com enfoque CTSA**

Nível de Ensino:  
3º ano do Ensino Médio

Duração das atividades:  
6 aulas de 50 min

Componente Curricular:  
Física

Tema: Quantização e Efeitos Fotoelétrico-Fotovoltaico

Objetivo: Espera-se que os alunos compreendam o conceito de energia na Física Moderna como significante para os processos de produção de energia de forma limpa.

Conhecimentos Prévios: Energia cinética, energia potencial, trabalho, conservação de momento, interpretação de gráficos, frequência, comprimento de onda e fenômenos eletromagnéticos.

Justificativas para a sequência: Em detrimento das referências bibliográficas que foram utilizados para estruturar este trabalho, a justificativa que torna os apontamentos aqui feitos relevantes estão situadas na importância de reestruturar as aulas tradicionais. A contextualização com o cotidiano do aluno é de extrema importância para que os conteúdos em sala se tornem significativos. Os critérios para montar a sequência didática foram pensados de forma que as aulas tratassem dos conceitos físicos, mas que também tratassem de questões ambientais. O objetivo é que os alunos tomem consciência de que a disciplina de Física não é uma Ciência isolada de questões ligadas ao desenvolvimento sustentável e que os desdobramentos da Física Moderna foram essenciais para isso. A organização das aulas foi pensada de forma que os conteúdos fossem significativos para os alunos e contribuíssem positivamente.

Habilidades previstas pela BNCC (BRASIL, 2017, pág. 555-560) para o tema sustentabilidade.

**(EM13CNT101)** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas;

**(EM13CNT309)** Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade

de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

## **Desenvolvimento das atividades da sequência didática**

### **AULA 01**

**Tema:** Apresentação do conteúdo e metodologia a ser utilizada.

**Objetivos:** Situar os alunos sobre o que será trabalhado ao longo das aulas e o enfoque que será utilizado, e ainda, promover o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos como instrumento de organização do conteúdo (Atividade 1).

**Duração:** 50 min

**(10 min) Momento um** - A fim de situar os alunos a cerca do que foi preparado para as aulas, todo o procedimento descrito na Tabela 2 (APÊNDICE B) deve ser repassado aos alunos, para que os mesmos fiquem cientes da prática da qual serão inseridos, descrevendo todo o conteúdo que será tratado: Tratamento histórico que levou aos estudos sobre o efeito fotovoltaico, o enfoque CTSA, Energias Renováveis e Não-Renováveis, conversão e transformação de energia elétrica. Além dos conteúdos, as atividades que serão propostas também deverão ser esclarecidas: seminários, construção de mapas conceituais, discussões, entre outros. Nesse momento contestações e dúvidas são bem vindas para que os alunos tirem todas as dúvidas sobre esses procedimentos.

**(40 min) Momento dois - Explicação sobre a Atividade 1 (terá valor 2,0 pontos e será somada a Avaliação 1 que terá valor 8,0 pontos):** Mapa Conceitual: Considerações sobre o conhecimento prévio dos alunos - *O que é Energia no contexto cotidiano e no contexto da Física?*.

- Após as considerações sobre a estrutura da sequência, será explicado para os alunos sobre a atividade proposta que envolve a produção de um Mapa conceitual.
- Como suporte para o entendimento do que é um Mapa Conceitual, é necessário que o professor faça uma explicação prévia sobre o mesmo, e como funciona sua organização. Indicamos que o professor utilize o ANEXO A (MARTINS et al., 2019) como exemplo de explicação. Neste exemplo o conceito de energia é explorado dentro das Ciências da Natureza. Ou seja, além da Física temos o conceito dentro da Química e da Biologia, o que favorece lembrarmos sobre a ligação interdisciplinar existentes entre conceitos comuns

sobre diferentes disciplinas. Indicamos também duas referências para o professor, de forma a auxiliar no conhecimento sobre essa ferramenta.

- MOREIRA, M. A., **Mapas conceituais e aprendizagem significativa** (concept maps and meaningful learning). Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas, v. 41, 2012.
- MARTINS, R. L. C., et al. **Mapas conceituais em aulas de biologia, física e química: uma abordagem integrada do conceito energia**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - Florianópolis. ISSN: 21766940 - 2009.
- Seguindo dessa explicação inicial, o professor irá desenrolar a ideia do tema central do mapa que os alunos terão de confeccionar, que será a palavra Energia, que é utilizada com muita frequência para descrever situações no dia a dia, mas também tem seu significado dentro dos conteúdos de Física. O intuito é dar espaço para que os alunos possam falar tudo a que essa palavra remete e ajudá-los a aperfeiçoar e “desenrolar” o conhecimento prévio que possuem. Em dado momento é importante que o docente direcione a construção do mapa para o questionamento: *O que é Energia no contexto da Física?* sendo esta uma forma de ajudar os alunos a lembrarem/conhecer esse termo dentro da disciplina. No mapa deverá se incluindo o estudo sobre a energia solar fotovoltaica, por se tratar de um assunto relevante para as aulas seguintes.
- O professor irá utilizar das respostas sobre o conhecimento dos alunos sobre o que é energia no cotidiano e na Física para questioná-los se a Física possui alguma relação com a sustentabilidade e que contribuição a Física pode oferecer para um desenvolvimento sustentável, de forma a inserir o contexto pretendido para as aulas que é a importância do estudo sobre energia na Física Moderna para o desenvolvimento sustentável.
- O mapa conceitual pode ser utilizado como uma ferramenta de aprendizado visando à relação de determinados conceitos e sua organização, inclusive para outros estudos. Esses mapas são recursos que podem ser utilizados para a representação de alguma ideia (CORREIA, 2010) organizada de modo esquematizado (rede de conexão) à partir de temas chave.
- O papel do professor é ser o mediador nessa troca de informações, deixando claro que o objetivo não é dizer se os alunos estão certos ou errados e sim entender como aquele conhecimento foi construído e ter um retorno do que os alunos entendem sobre esse conceito.

## AULA 02

**Tema:** Explorar sobre a quantização de energia no contexto do efeito fotovoltaico e fotoelétrico.

**Objetivos:** Utilizar simulação computacional como forma de visualizar o fenômeno para o efeito fotoelétrico e explicar considerações sobre sua diferença em relação ao efeito fotovoltaico, além de explorar sobre a quantização.

**Duração:** 50 min

**(30 min)** Para contemplar o entendimento sobre este conteúdo é indicado o uso de um Simulador. Esclarecemos três opções para o caso do uso da simulação.

1°. **Sala de informática:** O professor poderá levar os alunos ao laboratório de informática da escola e separá-los em grupos para que possam ter um computador a sua disposição. Os grupos irão interagir com o simulador do “Efeito Fotoelétrico” do grupo *Phet Colorado* (Figura 5) em que há a possibilidade de alterarmos a intensidade do feixe de luz e a frequência que atinge o material metálico e observarmos o que acontece. É importante que o professor tenha algo em que possa realizar anotações (quadro, por exemplo) ao trocar idéias com os alunos durante a manipulação do simulador.

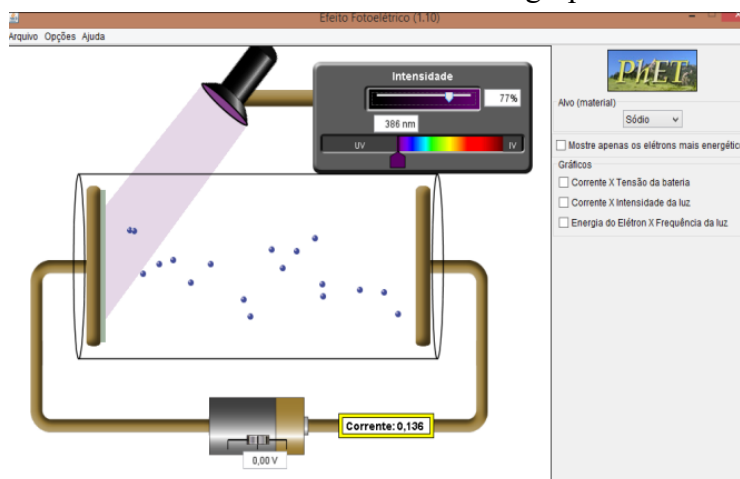
2°. **Celular:** Na ausência de um laboratório de informática ou computadores disponíveis, se for possível o professor pode, mediante autorização da escola, o uso do celular, que também pode ser utilizado com aplicativos que façam o mesmo papel do simulador. Entendemos que cada aluno e escola estão inseridos em um contexto social que muitas vezes não tem a oportunidade de usufruir desta tecnologia. O mesmo foi indicado caso seja o modo mais pertinente de desenvolver a atividade proposta. Caso seja possível utilizar do aparelho não há necessidade que cada aluno da turma tenha um, é possível separá-los em grupos em que um aparelho é suficiente para que todos observem a simulação.

3°. **Projektor:** O professor pode utilizar um projetor na sala de aula para que os alunos observem como funciona o simulador e façam as anotações sobre o que conseguiram observar.

- O Capítulo 4 do presente trabalho pode ser utilizado como base para explicação sobre esses dois efeitos (fotoelétrico e fotovoltaico), além do apoio do livro didático e multimídias. É importante trabalhar com os alunos as diferenças entre estes dois efeitos e a importância do efeito fotovoltaico para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis que colaborem para o uso de energia limpa.

- Com o efeito fotoelétrico é algo não observável o simulador pode ajudar os alunos a compreenderem como o efeito funciona de maneira mais didática ao interagir com as variáveis presentes no simulador, observar a relação entre a intensidade luminosa e os fotoelétrons e a dependência da energia cinética com a frequência (SILVA et al., 2017).

**Figura 5** - Simulador “Efeito Fotoelétrico” do grupo *Phet Colorado*.



**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).

- Ao explicar para os alunos sobre o simulador é importante informá-los que o experimento no simulador faz referência ao aparato utilizado por Lenard ao investigar sobre o efeito fotoelétrico (SILVA et al., 2017). Nesta simulação constam duas placas metálicas submetidas a uma diferença de potencial contidas em um tubo de vidro. O objetivo de utilizar o simulador é contribuir para a aprendizagem dos alunos visto ser um artifício em que o efeito é observável.
- Caso seja necessário existem vídeos que podem explicar passo a passo sua utilização, indicamos aqui o vídeo que pode ser acessado pelo link: <https://www.youtube.com/watch?v=bnR1syXU5dU>.

**(20 min)** O professor deverá aproveitar dos estudos sobre esses dois efeitos para explorar sobre a quantização de energia ao introduzir sobre Planck e a Física Quântica. É importante que o professor destaque que a contribuição de suas pesquisas foram essenciais para o desenvolvimento de tecnologias que corroboram para o uso de energia de forma renovável.

- Nesta aula o professor irá passar para os alunos o vídeo (8min) intitulado O Efeito Fotoelétrico Explicado (O Nobel de Einstein) do canal do YouTube - Ciência todo dia

<<https://www.youtube.com/watch?v=USGENeYkBd4>> que traz algumas considerações sobre a quantização e pedir que os alunos façam anotações sobre o que acharam interessante ou que não tenham entendido.

- Após essa exposição, ao final da Aula 02, o docente irá entregar um questionário (APÊNDICE C) para os alunos responderem em casa e entregarem na Aula 03. O questionário está direcionado para o uso de energia no dia a dia e tem o intuito de identificar como os alunos irão responder as questões, sem esperar certo ou errado.

### AULA 03

**Tema:** O uso da Energia Solar e o papel das células solares.

**Objetivos:** Explorar o tema Energia Solar para revisar sobre o Efeito Fotovoltaico destacando-a como fonte importante para toda forma de vida, para questões socioambientais, econômicas e etc. apresentando um exemplo de aplicação tecnológica cotidiana: as células solares. Apresentar as explicações sobre a Atividade 2.

**Duração:** 50 min

**(20 min) Momento um:** A proposta dessa aula é de que o professor explore o tema Energia Solar. É importante ressaltar a importância do sol como fonte limpa de energia e suas contribuições para a promoção da vida de modo sustentável e trabalhar com os alunos que estudar a utilização de fontes renováveis tem como intuito tomar consciência sobre a importância científica, tecnológica e socioambiental desse tema para manter o equilíbrio da vida na Terra.

**(20 min)** Como o assunto é Energia Solar o professor pode utilizar a célula solar para relembrar o conteúdo da aula anterior além de ressaltar sua importância como tecnologia de aproveitamento de energia (além de outros exemplos como o uso da energia solar para o aquecimento das casas). Se for possível utilizar um conjunto de LEDs para simular o funcionamento de células fotovoltaicas e questionar os alunos sobre qual a relação entre esses dois materiais (célula e LED).

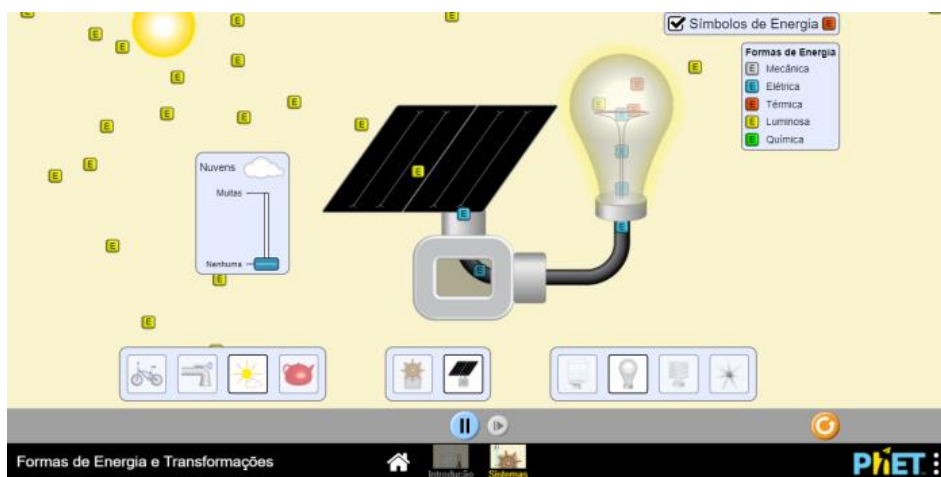
- O site: <https://www.pveducation.org/> possui uma gama de explicações sobre energia solar e traz um índice sobre as células solares explicando todo seu funcionamento, pode ser utilizado como material complementar para tirar possíveis dúvidas.
- Com isso o professor pode explicar como funciona um painel fotovoltaico e como é feita a conversão de energia em uma residência. Um dos exercícios do ANEXO C podem ser utilizados para ensinar aos alunos como é feito o cálculo de consumo dos aparelhos de casa. É



importante destacar também sobre as implicações socioambientais sobre a conversão de energia solar em energia elétrica e não deixar de problematizar ao longo das aulas sobre esse assunto, destacando sua contribuição para o meio ambiente.

- Indicação para os alunos: Como um simulador já foi apresentado para os alunos em aula anterior, é possível indicar um outro simulador para os alunos poderem estudá-lo em casa e tentar manuseá-lo (caso tenham meios para isso). O simulador se chama “Formas de energia e transformações” (Figura 6). Nessa simulação é possível observar como ocorre a transformação de várias formas de energia (mecânica, elétrica, térmica, luminosa, química) de acordo com os objetos selecionados, inclusive a conversão da energia solar em energia elétrica por uma placa solar para ascender uma lâmpada, além de outros casos cotidianos.

**Figura 6** - Simulador “Formas de energia e transformações” do grupo Phet Colorado.



**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html).

**(10 min) Momento dois:** Esse tempo será dedicado a explicar a Atividade 2 (valor 10,0 pontos) para que os alunos pesquisem sobre o assunto e apresentem na aula seguinte.

- O docente deverá explicar como será feita a Atividade 2. Os alunos serão divididos em oito grupos e cada um ficará responsável por criar um informativo sobre uma fonte de energia (Petróleo, Carvão Mineral, Gás Natural, Nuclear, Biomassa, Eólica, Hídrica, Geotérmica). Nesse trabalho devem constar informações como: as características da fonte, seu funcionamento básico, impactos ambientais, países que a utilizam e questões econômicas sobre a utilização da mesma (a atividade deve ser feita em uma única folha sulfite A4).
- Os alunos terão que defender, ou não, a fonte pesquisada explicitando os pontos negativos e positivos que conseguiram entender durante suas pesquisas (os grupos terão de

evidenciar um voto a favor ou contra a utilização dessa fonte de energia). O intuito não é dizer se os alunos estão certos ou errados, mas que os mesmos expressem sua opinião e se envolvam no processo de desenvolvimento do trabalho.

- Posteriormente a turma e o docente irão discutir sobre os trabalhos em uma roda de conversa visando esclarecer a importância de debates sobre o uso consciente das fontes de energia e as consequências sobre sua utilização.
- Como fontes de pesquisa, no ANEXO B, indicamos algumas referências entre textos, artigos e sites para que os alunos tenham um direcionamento para a escrita e apresentação dos trabalhos.

### **AULAS 04 e 05**

**Tema:** Seminário Alunos (Atividade 2): Apresentação de trabalhos na estrutura de um informativo sobre a temática *Fontes de Energia*.

**Objetivos:** Promover a participação dos alunos ao discutir sobre o uso consciente das fontes de energia e as consequências sobre sua utilização do ponto de vista CTSA, além de discutir a contribuição dos estudos em Física para questões de meio ambiente como o uso de energias renováveis e no combate as mudanças climáticas e ao efeito estufa, por exemplo.

**Duração:** 100 min

**(90 min)** Nesta aula os alunos irão apresentar as considerações sobre seus trabalhos relacionados às fontes de geração de energia. O professor será o mediador das apresentações, controlando tempo e possíveis manifestações dos colegas. A turma será organizada em um círculo na sala de aula. Cada grupo terá em média 10 min para explanação do trabalho apresentando o informativo criado (e que deverá ser entregue). Se for possível e houver a disposição da turma um projetor, o mesmo pode ser utilizado pelo professor para apresentar o arquivo dos informativos para facilitar a visualização.

- É importante que os alunos tomem nota sobre as características de cada fonte que estão sendo apresentadas para que possam utilizar para estudo. O professor irá solicitar que os alunos tentem construir um mapa conceitual em casa (como o que foi proposto ser feito na Aula 01) com o tema das apresentações, para que eles possam registrar os conceitos que foram assimilados. Caso seja necessário o professor poderá compartilhar o Mapa Conceitual do APÊNDICE A com a turma para fonte de estudo.

**(10 min)** Nos minutos finais da AULA 07 o professor deve comentar os trabalhos de um modo geral e buscar saber o que os alunos acharam da proposta de trabalho e entregar a Atividade 3.

- **Aplicação da Atividade 3 (terá valor 10,0 pontos):** Será composta pela Resolução dos Exercícios **(5,0 pontos)** do Anexo C e do Questionário final no APÊNDICE C **(5,0 pontos)**. Os alunos farão em casa e entregarão na aula seguinte.
- Os exercícios estão relacionados aos temas discutidos ao longo das aulas e estão ordenadas em: Transformação de energia, Desenvolvimento Sustentável, Efeito Fotoelétrico, Energia Solar Fotovoltaica e Consumo de Energia Elétrica. É importante que os alunos tenham as anotações das aulas anteriores e uma calculadora, pois será necessária para resolver alguns exercícios.
- O Questionário é mesmo aplicado na Aula 02 e será reaplicado novamente para ser observada a argumentação dos alunos a fim de verificar se a sequência contribuiu de forma positiva para o desenvolvimento das respostas. Nesse momento o Questionário terá o valor de 5,0 pontos para compor a nota final.

## **AULA 06**

**Tema:** O papel da Física como Ciência para a transformação socioambiental

**Objetivos:** Aplicar a Avaliação final

**Duração:** 50 min

**(50 min) Aplicação da Avaliação 1 (valor 8,0 pontos):** Nesta aula os alunos irão realizar a avaliação do conteúdo podendo cada aluno escolher entre a temática da proposta 1 ou 2. Ambas as propostas devem ser escritas em uma folha de almaço fornecida pelo professor e ter no mínimo 15 linhas e no máximo 25.

- Proposta 1: Carta ao professor - Os alunos terão de escrever uma carta em que descrevam uma proposta de política pública que possa contribuir para o consumo ou geração consciente de energia em seu bairro ou cidade.
- Proposta 2: Intervenção - Os alunos deverão propor uma intervenção na escola para que ambiente escolar se torne mais sustentável (em relação ao consumo de energia, consumo de água, reciclagem etc).

### **Avaliação**

A nota final referente ao conteúdo proposto será a média das notas atribuídas ao Informativo (Avaliação 1 + Atividade 1) + Atividade 2 + Atividade 3.

## CAPÍTULO 6

Neste capítulo esclarecemos as considerações finais sobre este trabalho e as referências utilizadas para contemplar o conteúdo apresentado.

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel das ciências no ensino deve estar vinculado à necessidade de que o processo de ensino-aprendizagem contribua para a formação do aluno para além do conhecimento conceitual da disciplina. Para isso, estudos sobre como reestruturar o ensino tradicional são algo que vem sendo discutido visto à necessidade de torná-lo menos mecânico e proporcionar um ensino mais significativo, que possa dar ênfase na importância dos conteúdos para o entendimento do mundo a nossa volta. Nesse sentido, este trabalho foi pensando como uma forma de proporcionar uma visão sobre a importância do conceito de energia para além do conceito físico de forma que contemplasse o tema sustentabilidade. Além de que, isso mostra a Ciência de maneira contextualizada ao trazer o cotidiano (problemas ou inovações) para a sala de aula.

O caminho utilizado para alcançar este objetivo utiliza o enfoque CTSA, que serviu como base para a organização dos conteúdos da sequência didática. Ainda, a temática escolhida, a Sustentabilidade, foi pensada em razão ao cenário atual e as demandas socioambientais e elencada como tema gerador/problematizador para dar base aos conteúdos propostos. Eleger esse tema vai ao encontro da real necessidade de formar futuros cidadãos conscientes de seu papel na sociedade, visto que o desequilíbrio do ser humano com o ambiente provoca inúmeros danos a qualidade da vida. O enfoque CTSA é um recurso didático para o aprendizado de questões que estão além do entendimento interno da disciplina, é algo que transpõe, que auxilia, na transposição do conteúdo visando a progressão do aprendizado para outras áreas. É importante salientar que a sequência didática proposta pode ser utilizada apenas como um norteador, e não necessariamente ser utilizada da forma como fora apresentada, dando espaço para novas elaborações em paralelo ao contexto a ser inserido.

Com isso, volto à pergunta destacada em capítulos anteriores: *Qual a contribuição da Física nos estudos sobre a Energia Solar?* A Física tem papel fundamental nas relações entre seres humanos e planeta, ou seja, onde há a presença humana (agente transformador), natureza e demais interações a Física está ali. Tudo que foi tratado neste trabalho vem como forma de mostrar o quanto as relações envolvendo energia estão presentes em questões econômicas, ambientais, sociais, tecnológicas e outras mais que são pertinentes de tratamento

físico. Da mesma forma, gasto e produção de energia, fontes renováveis e não-renováveis e tecnologias de conversão de energia são questões que podem ser analisadas dentro de uma educação ambiental realizada desde os anos iniciais de ensino, adequada à série escolar.

Ressalto por fim, a necessidade de tratar de questões conceituais na disciplina para além do tratamento formal para contribuir com a formação do aluno como cidadão consciente e transformador. De modo geral, o intuito é enxergar a Física, além da escola, como um instrumento de mudança social. O trabalho não foi aplicado em sala de aula, porém esperamos que esse material possa contribuir de alguma maneira com a visão sobre a importância dos estudos ambientais na disciplina de Física nos aspectos da CTSA.

## 6.2 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília. ANEEL, 2002.

BELICH JUNIOR, H. **Física Moderna**. Universidade Federal do Espírito Santo - Física Licenciatura. Disponível em: < <https://acervo.sead.ufes.br/arquivos/fisica-moderna.pdf>> 2012.

BONSIGNORE, G., AGNELLO, S., CANNAS, M., GELARDI, F., GALLITTO, A. A. **High-Efficiency Multi-Junction Photovoltaic Cells in School Physics Laboratory** - The Physics Teacher, v. 58, n. 2, p. 126-129, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.5144798>.

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

BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 abr. 1999.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BUCKLEY, R. W. **School photovoltaics**. Physics Education. 27, n. 6, p. 323, 1992.

CAMPOS, F. R. G. **Ciência, tecnologia e sociedade. Curso de Especialização em Ensino de Ciências** - Florianópolis: Publicações do IF-SC, 2010. 85 p. ISBN 978-85-62798-32-0.

CARVALHO, A. M. P. D., RICARDO, E. C. SASSERON, L. H. ABIB, M. Lúcia. V. D. S., PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. 2010, p.158. ISBN 9788522110629.

CORREIA, E.S.; DANTAS, J.M.; ANDRADE, J.E. **Considerações acerca dos conceitos de condutores, isolantes e semicondutores nos livros de Ensino Médio sob um olhar da teoria de bandas de energia**. Scientia Plena. v 13, n. 1 (2017). DOI: 10.14808/sci.plena.2017.012716.

CORREIA, P. R. M., SILVA, A. C. D., ROMANO JUNIOR, J. G. **Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 4, p. 4402-1-4402-8, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172010000400009>.

DRESSELHAUS, M., THOMAS, I. **Alternative energy technologies**. Nature v. 414, n.

6861, p.332–337, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1038/35104599>.

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física Quântica**, 8ª. edição, Editora Campus Cap. 2, Fótons – Propriedades Corpusculares da Radiação. p. 51, 1979.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético nacional 2021: Ano base 2020**. Rio de Janeiro, 268p, 2021.

FELDMAN, B. J. **An Introduction to Solar Cells**. The Physics Teacher. v. 48, n. 5. p. 306-308, 2010. DOI: 10.1119/1.3393060.

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: um encontro com a Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1992.

FRIMAN, H., BANNER, I., TUCHIN, B. S., EINAV, Y. **Students Teach Pupils Environmental Issues and Renewable Energy**. Conf. Series: Earth and Environmental Science. v. 150, n. 1, p. 012025, 2018. DOI :10.1088/1755-1315/150/1/012025.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de Física - Vol. 3 - Eletromagnetismo**, 10ª edição. LTC, 2016.

LIMA, A. A., MENEZES, N. P., SANTOS, S., AMORIM, B., THOMAZI, F., ZANELLA, F., HEILMANN, A., BURKARTER, E., DARTORA, C. A. **Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0191>.

MACHADO, D.I. e NARDI, R. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172006000400010>.

MARTINS, R. L. C., SANTOS SOUZA, N. D, PAMPLONA, M. H., de Paula Bastos Filho, R., da Costa Peixoto, K. C. Q., & Linhares, M. P. **Mapas conceituais em aulas de biologia, física e química: uma abordagem integrada do conceito energia**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - Florianópolis, 2009. ISSN 21766940.

MEDEIROS, A. B. D., MENDONÇA, M. J. D. S. L. SOUSA, G. L. D.; OLIVEIRA, I. P. D. **A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais**. Revista Faculdade Montes Belos, v. 4, n. 1, set. 2011.

MORAIS, A., GUERRA, A. **História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 1, P. 1-9, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100018>.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning)**. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas, v. 41, 2012.



MOREIRA JÚNIOR, O., SOUZA, C. C. D. **Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha.** Interações (Campo Grande), v. 21, p. 379-387, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v21i2.1760>..

MOZENA, E. R. OSTERMANN, F. Editorial. **Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.33, n.2, p.327- 332, ago. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n2p327>.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares Estaduais - Física.** Curitiba, PR: SEED/PR, 2008.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Referencial curricular do Paraná: princípios, direitos e orientações.** Curitiba, PR: SEED/PR, 2018.

PILISSÃO, Y. L., PASSINI, A. F. C. BORBA, W. F. D., SANTOS, C. E., RODRIGUES, A. C. **Energia limpa e renovável: Soluções sócio ambientais para o acesso à energia solar de baixo custo.** 3º Congresso Sul – Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado, RS, setembro, 2020.

PINHEIRO, N. A. M., SILVEIRA, R. M. C. F., BAZZO, W. A. **Science, Technology and Society: the importance of the STS view to high school context.** Ciência & Educação, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

RAMOS, F. A. **Energia e sustentabilidade no ensino de física: leituras de matriz energética brasileira.** São Paulo: instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2011. 192 p. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Física, 2011.

REIS, M. F. D. C. T. **Formação dos Educadores Ambientais e Paradigmas em Transição.** Ciência & Educação, v.8, n. 1, p.83 – 96, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100007>

ROCHA, F. L. M., COSTA, F. E. M. **Energia Solar Fotovoltaica como Temática Facilitadora da Aprendizagem de Física Quântica na Educação Básica.** Educação & Linguagem.), ano 6, n 3, p.110-120, 2019. ISSN 2359-277X

ROMA, J. C.. **Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável.** Ciência e cultura, v. 71, n. 1, p. 33-39, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602019000100011>.

SÁ, M.A.; OLIVEIRA, M.A.; NOVAES, A.S.R. **A importância da Educação Ambiental para o ensino médio.** Revista Brasileira de Educação Ambiental. São Paulo, v. 10, n. 3, p. 60-68, 2015. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2015.v10.1876>

SANTOS, W. L. P. D. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista Brasileira de Educação v. 12 n. 36, p. 474-492, 2007.

SASAKI, D. G. G. JESUS, V. L. B. de. **Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das relações dos alunos**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 2, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0232>.

SILVA, J.A. da., GOMES, L.M., JUNIOR, J.G.S.L., LEAL, L. S., CHAGAS, M. L. D., GOMES JÚNIOR, L.M. **Energia Solar Fotovoltaica: Um tema gerador para o aprendizado de Física**. Scientia Plena v. 13, n. 01, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.012719>.

SILVA, M. G. D. GUIMARÃES, L. D. S. **Uso do Índice de Desenvolvimento Humano como Instrumento de Projeção de Demanda de Energia Elétrica**. Economia e Energia – e&e. n. 86, 2012.

STUDART, N. **A Invenção do Conceito de Quantum de Energia segundo Planck**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 4, p. 523-535, 2000.

VALADARES, E. D. C., MOREIRA, A. M. **Ensinando Física Moderna no Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão De Corpo Negro**. Cad.Cat.Ens.Fís., v. 15, n. 2: p. 121-135, ago. 1998. DOI: <https://doi.org/10.5007/%25x>.

ZABALA, A. **Prática Educativa: Como Ensinar**, 224p. Porto Alegre, RS: Artemed, 1998.



## APÊNDICE B – Sequência Didática

Sequência de ensino desenvolvida para este trabalho			
Aulas	Dimensão	Tema	Objetivos
1 <sup>a</sup>	Apresentação	Apresentação do conteúdo e metodologia a ser utilizada (10 min)	Situar os alunos sobre o que será trabalhado ao longo das aulas e o enfoque que será utilizado.
	Conhecimento Prévio	Levantamento dos conhecimentos prévios como instrumento de organização do conteúdo (40 min).	<b>Atividade 1 (terá valor 2,0 pontos somados à Avaliação 1):</b> Mapa Conceitual: Considerações sobre o conhecimento prévio dos alunos - <i>O que é Energia no contexto cotidiano e no contexto da Física?</i> .
2 <sup>a</sup>	Teórica e Científica	Explorar sobre a quantização de energia no contexto do efeito fotovoltaico e fotoelétrico (50 min)	Utilizar simulação computacional como forma de visualizar o fenômeno para o efeito fotoelétrico e explanar considerações sobre sua diferença em relação ao efeito fotovoltaico além de explorar sobre a quantização.
3 <sup>a</sup>	Teórica – Científica - Tecnológica - Social - Ambiental	O uso da Energia Solar e o papel das células solares (50 min)	Explorar o tema Energia Solar Fotovoltaica aproveitando para revisar sobre o Efeito Fotovoltaico apresentando um exemplo de aplicação tecnológica cotidiana: As Células Solares.  <b>Atividade 2 – Explicação (valor 10,0 pontos):</b> Fontes de Energia (Petróleo, Carvão Mineral, Gás Natural, Nuclear, Biomassa, Eólica, Hídrica, Geotérmica) (10 min).
4 <sup>a</sup>	Social e Participativa	Seminário Alunos (Atividade 2): Apresentação de trabalhos na estrutura de um informativo sobre a temática <i>Fontes de Energia</i> (o tempo de aplicação será de duas aulas: 100 min totais)	<b>Atividade 2 – Apresentação:</b> Promover a participação dos alunos ao discutir sobre o uso consciente das fontes de energia e as consequências sobre sua utilização do ponto de vista CTSA, além de discutir a contribuição dos estudos em Física para questões de meio ambiente como o uso de energias renováveis e no combate as mudanças climáticas e ao efeito estufa, por exemplo.
5 <sup>a</sup>			<b>Atividade 3 (terá valor 10,0 pontos):</b> Resolução de exercícios (5,0 pontos) e do Questionário final (5,0 pontos) sobre o conteúdo, para que os alunos façam em casa.
6 <sup>a</sup>	Científica - Tecnológica - Social - Ambiental	O papel da Física como Ciência para a transformação social (50 min)	<b>Avaliação 1 (valor 8,0 pontos):</b> Carta ao professor e Proposta de Intervenção (os alunos terão de escrever uma carta em que descrevam uma proposta de política pública que possam contribuir para o consumo ou geração consciente de energia, seja em sua casa, bairro, cidade ou escola).
A nota final referente ao conteúdo proposto será a média das notas atribuídas ao Informativo feito para o Seminário (Atividade 2) e a Avaliação 1 + Atividade 1 e Atividade 3.			

## APÊNDICE C - Questionário

**Nota para a banca: este quadro é um guia para o professor, no caso de aplicação deve ser retirado.**

Justificativa para aplicação do Questionário inicial e final: As questões propostas abaixo foram sugeridas como forma de entender o conhecimento prévio e posterior dos alunos sobre questões diárias envolvendo o uso de energia. Em um primeiro momento é esperado que as respostas não sejam elaboradas, mas que ao decorrer das aulas os conteúdos sejam significativos para os alunos e que estes consigam entender e responder estas questões com maior desenvoltura.

**Para o professor:** O objetivo do questionário é apresentar em forma de pergunta algumas situações que tenham ligação com o cotidiano e vivenciadas pelos alunos. A atividade pode ser feita em casa e deverá ser entregue para os alunos ao final das Aulas 02 e 05 e recolhidas nas aulas subsequentes.

1) O custo de energia na sua residência tem aumentado ou diminuído nos últimos anos? Em sua opinião, o que pode ter causado esse aumento ou diminuição?

---

---

---

2) Quais as principais fontes de energia renovável e não-renovável? Alguma dessas é utilizada em sua residência?

---

---

---

3) Em consequência ao aumento do consumo de energia elétrica, quais impactos são percebidos no meio ambiente, no meio social e econômico?

---

---

---

4) Quais atitudes podemos tomar para contribuir com o consumo consciente de energia?

---

---

---

5) Dentro da sua casa quais são os aparelhos que consomem mais energia? Você sabe por que?

---

---

---

6) Você tem conhecimento sobre qual fonte de energia o Brasil mais utiliza para a produção de energia elétrica? Se sim, qual?

---

---

---

7) Cite um exemplo de impacto ambiental que você acha que esteja relacionado de alguma maneira com o uso de fontes não-renováveis de energia. Argumente sobre sua resposta.

---

---

---

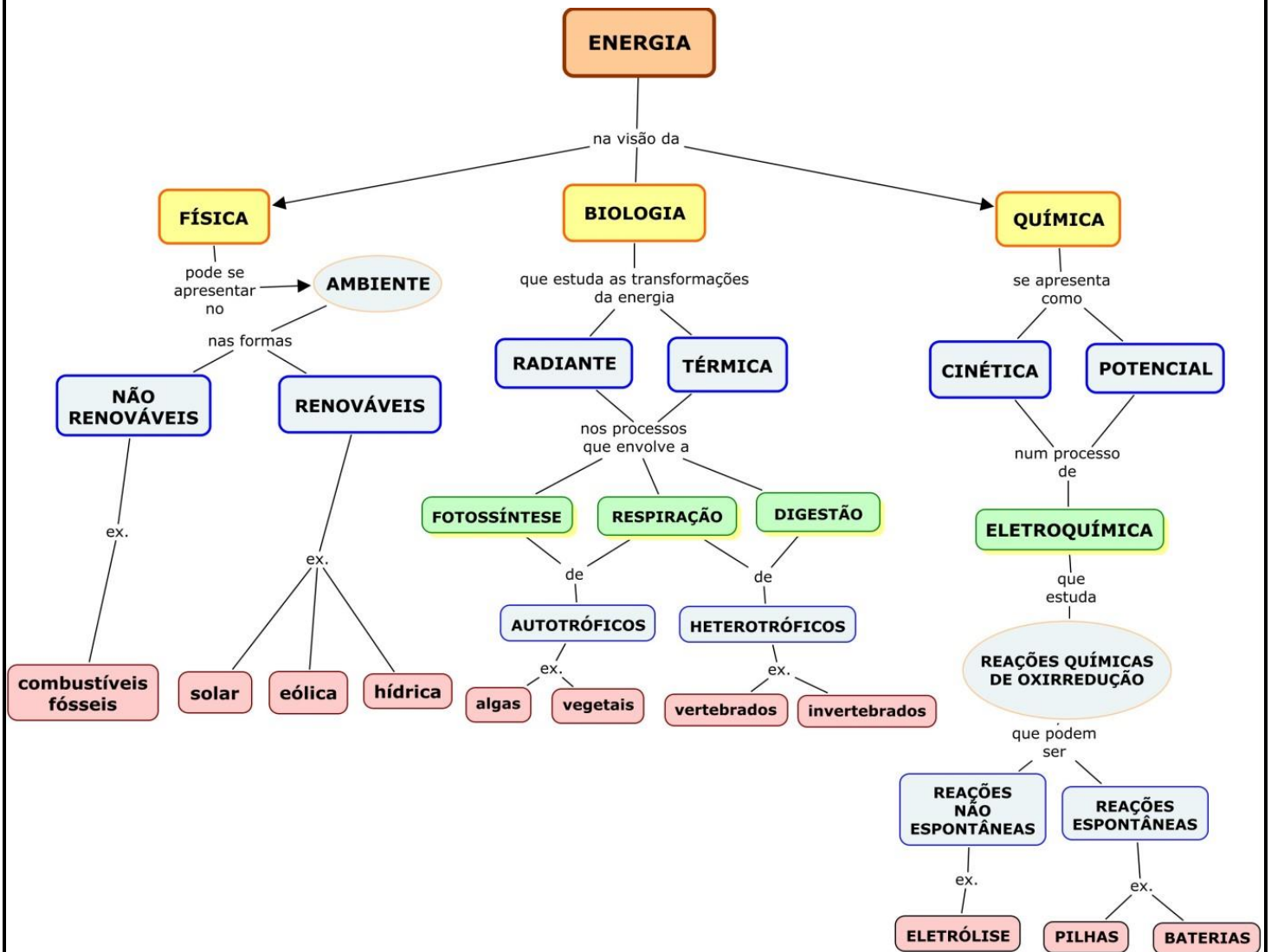
8) Cerca de apenas 27% da produção de energia mundial é proveniente de fontes renováveis. Com base no seu conhecimento sobre o tema, cite uma proposta de intervenção que você considera importante para que esse cenário comece a mudar para um cenário mais sustentável

---

---

---

**ANEXO A – Um mapa conceitual de referência elaborado pelos professores de física, química e biologia (MARTINS et al., 2009).**



**Fonte:** Mapas conceituais em aulas de biologia, física e química: uma abordagem integrada do conceito energia de Martins et al. (2009).

## ANEXO B – Referências para a Atividade 2.

Referências para as pesquisas das Fontes de Energia Renováveis e Não-Renováveis: Petróleo, Carvão Mineral, Gás Natural, Nuclear, Biomassa, Eólica, Hídrica, Geotérmica e Solar.

1º. Empresa de Pesquisa Energética (EPE): Vinculada ao Ministério de Minas e Energia realiza estudos e pesquisas sobre o planejamento energético. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>> e <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>.

2º. Caderno Temático - Mudanças Ambientais Globais: Pensar + agir na escola e na comunidade. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/cadernos\\_tematicos/fogo.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/cadernos_tematicos/fogo.pdf)>.

3º. Ministério do Meio Ambiente: Energias renováveis em debate. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/energias-renovaveis-em-debate>>.

4º. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações: Energias Renováveis. Disponível em: <<https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/SETEC/paginas/energia/Energias-Renovaveis.html?searchRef=solo&tipoBusca=expressaoExata>>.

5º. GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos avançados, v. 21, p. 7-20, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/tk9tsKdqdSy3CzMf58V9bw/?format=pdf&lang=pt>>.

6º. Documentário: O Mundo Sem Petróleo - Parte 1, 2 e 3. Disponível em: <<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=9683>>.

7º. Pequenas Centrais Hidrelétricas – Alternativa para Produzir Energia. Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2008\\_uufp\\_qui\\_md\\_john\\_kennedy\\_gaspar\\_de\\_abreu.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2008_uufp_qui_md_john_kennedy_gaspar_de_abreu.pdf)>.

8º. O uso de textos de divulgação científica para a promoção da alfabetização científica Autor - Ana Maria Teixeira (UTFPR). Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2013/201\\_utfpr\\_cien\\_pdp\\_ana\\_maria\\_teixeira.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/201_utfpr_cien_pdp_ana_maria_teixeira.pdf)>.

9º. Brasil. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030/Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Termel%C3%A9trica%20\(Carv%C3%A3o%20Mineral\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Termel%C3%A9trica%20(Carv%C3%A3o%20Mineral).pdf)>.

10º. Caderno: Geologia, Mineração e o Estado do Paraná (MINEROPAR - Minerais do Paraná S/A) Elaboração: Maria Elizabeth Eastwood Vaine (Geóloga). Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/cadernos\\_pedagogicos/caderno\\_geol.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/cadernos_pedagogicos/caderno_geol.pdf)>.

11°. Eureka - Energia Alternativa. Disponível em:  
<<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=17906>>.

12°. Eletricidade e Tecnologia: Abordagens de Fontes Alternativas. Disponível em:  
<[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2016/2016\\_artigo\\_fis\\_unicentro\\_vanessacristinahorstch.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_fis_unicentro_vanessacristinahorstch.pdf)> (págs. 6-14).

13°. Estudo das Fontes de Energia Hidrelétrica, Eólica e Solar por meio de atividades experimentais. Disponível em:  
<[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2016/2016\\_pdp\\_fis\\_utfpr\\_mauromalinowski.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_fis_utfpr_mauromalinowski.pdf)>.

14°. O uso das tecnologias na organização e implementação do trabalho pedagógico. Disponível em:  
<[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2010/2010\\_ufpr\\_ped\\_pdp\\_marilucia\\_mocelin\\_gueno\\_lunardon.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2010/2010_ufpr_ped_pdp_marilucia_mocelin_gueno_lunardon.pdf)>.

15°. MARAFON, Anderson Carlos et al. Uso da biomassa para a geração de energia – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 28 p., ISSN 1678-1953; 211. Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155329/1/Doc-211.pdf>>.

16°. Carvão Mineral. Disponível em:  
<<https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/582/9/08%20-%20Carv%C3%92o%282%29.pdf>>.

17°. TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear.– EPE: Rio de Janeiro, ISBN 978-85-60025-05-3, 2016. Disponível em:  
<<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-173/Energia%20Termel%C3%A9trica%20-%20Online%2013maio2016.pdf>>

18°. Energia Hidrelétrica. Disponível em:  
<<https://www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/energia-hidreletrica>>.

19°. Bibliografias sobre as fontes de energia. Disponível em:  
<<https://sites.google.com/site/huedersonbotura/eferencias-bibliograficas-fontes-de-energia-eletrica>> e  
<[https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/582/13/12%20-%20Ref\\_bibliogr%C3%9Fficas.pdf](https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/582/13/12%20-%20Ref_bibliogr%C3%9Fficas.pdf)>.

20°. Cartilha: Energia Renováveis - o que você sabe sobre esse assunto?. Disponível em:  
<[https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/GO/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/Cartilha\\_Energia\\_Renovavel\\_GO.pdf](https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/GO/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/Cartilha_Energia_Renovavel_GO.pdf)>.



## ANEXO C – Exercícios para a Atividade 3

### Transformação de energia

1. (ENEM 2005) Observe a situação descrita na tirinha abaixo.



(Francisco Caruso & Luisa Daou, *Tirinhas de Física*, vol. 2, CBPF, Rio de Janeiro, 2000.)

Assim que o menino lança a flecha, há transformação de um tipo de energia em outra. A transformação, nesse caso, é de energia

- (A) potencial elástica em energia gravitacional.
- (B) gravitacional em energia potencial.
- (C) potencial elástica em energia cinética.
- (D) cinética em energia potencial elástica.
- (E) gravitacional em energia cinética.

### Desenvolvimento Sustentável

2. (Adaptado ENEM 2007) Qual das seguintes fontes de produção de energia é a mais recomendável para a diminuição dos gases causadores do aquecimento global? Qual dessas fontes é sustentável?

- (A) Óleo diesel.
- (B) Gasolina.
- (C) Carvão mineral.
- (D) Gás natural.
- (E) Vento.

3. (IDECAN 2017) A energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa (não emite poluente). Apesar de todos os aspectos positivos da energia solar (abundante, renovável, limpa etc.), ela é pouco utilizada no Brasil devido à (ao)

Alternativas

- A) Alto custo econômico.
- B) Pequena incidência solar.
- C) Existência de muito barulho produzido.
- D) Causa de erosão de solos que pode ter impacto na vegetação do local.

### Efeito Fotoelétrico

4. (Vestibular de Inverno - UEM 2018) Em seu trabalho inicial sobre a hipótese da existência dos quanta de energia, Einstein escreveu: “De fato, parece-me que as observações da ‘radiação de corpo negro’, fotoluminescência, produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos associados à emissão ou transformação da luz podem ser facilmente entendidas se admitirmos que a energia da luz é distribuída de forma descontínua no espaço.

De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais.” (EINSTEIN, A. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz. *Annalen der Physik*, v. 17, p. 132-148, 1905. In: STACHEL, J. (org.). O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001, p. 202). Em relação ao conceito de quantum de energia apresentado, assinale o que for correto.

- (01) Ao empregar o conceito de quantum de energia, Einstein foi capaz de entender melhor apenas o fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico.
- (02) O quantum de energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz emitida por uma fonte puntiforme.
- (04) A constante de proporcionalidade entre a energia e a frequência correspondentes a um quantum de luz é a constante de Planck.
- (08) Para que no efeito fotoelétrico ocorra a remoção de um elétron de condução, a energia transferida pelo quantum de luz ao elétron do material atingido deve ser maior do que a função trabalho desse material.
- (16) A explicação fornecida por Einstein para o efeito fotoelétrico levou cientistas a reverem o modelo ondulatório da luz vigente até então.

5. (ENEM) O efeito fotoelétrico contrariou as previsões teóricas da física clássica porque mostrou que a energia cinética máxima dos elétrons, emitidos por uma placa metálica iluminada, depende:

- A) exclusivamente da amplitude da radiação incidente.
- B) do comprimento de onda da radiação incidente.
- C) da amplitude da onda da radiação incidente.
- D) da frequência e não da amplitude da radiação incidente.
- E) nenhuma das anteriores

### **Energia Solar Fotovoltaica<sup>17</sup>**

6. Os painéis fotovoltaicos são utilizados para produzir energia elétrica a partir da energia solar. Ao pretender-se instalar painéis fotovoltaicos para abastecer uma casa que consome 3600 kW h de energia por ano. A casa está numa zona em que a insolação é, em média, 5 horas por dia.

- A) Qual é o consumo de energia da casa, por dia?
- B) Que potência é fornecida aos painéis, sabendo que o seu rendimento é de 15%?
- C) Se cada célula tiver uma potência de 1,5 W, quantos painéis de 36 células serão necessários?

7. Numa localidade, a potência solar média que incide na superfície terrestre por cada metro quadrado é de 350 W. Pretende-se instalar painéis fotovoltaicos, com um rendimento de 18%, numa habitação dessa localidade.

A área de painéis a instalar é de 30 m<sup>2</sup>, e pretende-se colocar em funcionamento os seguintes equipamentos:

- Uma máquina de lavar roupa de 1200W;

<sup>17</sup> Fonte dos exercícios 6 e 7: [http://www.av.it.pt/laboratoriosremotos/?page\\_id=304](http://www.av.it.pt/laboratoriosremotos/?page_id=304).

- Um frigorífico de 900 W;
- Uma torradeira de 500 W.

Para um período em que a incidência da radiação solar é significativa:

A) podemos colocar em funcionamento os três aparelhos em simultâneo?

B) quais os aparelhos que podem funcionar ao mesmo tempo?

C) qual a área mínima de painéis a instalar para colocar os três aparelhos a funcionar em simultâneo?

### Consumo de Energia Elétrica

8. (ENEM 2005) Podemos estimar o consumo de energia elétrica de uma casa considerando as principais fontes desse consumo. Pense na situação em que apenas os aparelhos que constam da tabela abaixo fossem utilizados diariamente da mesma forma.

Tabela: A tabela fornece a potência e o tempo efetivo de uso diário de cada aparelho doméstico.

Aparelho	Potência (KW)	Tempo de uso diário (horas)
Ar condicionado	1,5	8
Chuveiro elétrico	3,3	1/3
Freezer	0,2	10
Geladeira	0,35	10
Lâmpadas	0,10	6

Supondo que o mês tenha 30 dias e que o custo de 1 KWh é de R\$ 0,40, o consumo de energia elétrica mensal nessa casa, é de aproximadamente:

- A) R\$ 135.
- B) R\$ 165.
- C) R\$ 190.
- D) R\$ 210.
- E) R\$ 230.

#### GABARITO

1. C    2. E    3. A    4. 02+04+08+16    5. D    6. A) 10 kW h/dia    B) 13,3 kW    C) 37 painéis    7. A) Não  
 B) Máquina de lavar roupa + torradeira ou a torradeira + o frigorífico    C) 41,3 m<sup>2</sup>    8. E