



**TÓPICOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA: CONFECÇÃO DE
CARREGADOR CASEIRO DE BAIXO CUSTO ACOPLADO À CÉLULA
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA *SMARTPHONES* E OUTROS
DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS**

Leandro Britto do Nascimento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Jaime Fernando Villas da Rocha

Rio de Janeiro
Maio de 2019

**TÓPICOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA: CONFECÇÃO DE
CARREGADOR CASEIRO DE BAIXO CUSTO ACOPLADO A CÉLULA
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA *SMARTPHONES* E OUTROS
DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS.**

Leandro Britto do Nascimento

Orientador:
Jaime Fernando Villas da Rocha

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dr.

Dr.

Rio de Janeiro
Maio de 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

*Código da obra (fornecido pela biblioteca)

N24	<p>Nascimento, Leandro Britto do Tópicos no ensino de física moderna: confecção de carregador caseiro de baixo custo acoplado a célula solar fotovoltaica para Smartphones e outros dispositivos eletrônicos / Leandro Britto do Nascimento. -- Rio de Janeiro, 2019. 141 f.</p> <p>Orientador: Jaime Fernando Villas da Rocha. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.</p> <p>1. Tópicos no ensino de física moderna. 2. Confecção de carregador caseiro. 3. Carregador de baixo custo acoplado a célula solar fotovoltaica. I. Rocha, Jaime Fernando Villas da, orient. II.</p>
-----	---

Dedico esta dissertação ao Deus único, eterno e imutável. A ti, SENHOR, um único parágrafo e toda a gratidão do meu ser embevecido de completa emoção! Tua presença se deu do segundo inicial até esta conclusão deste trabalho e perdurará pra sempre cobrindo meu ser de bondade e suprimento, com tua mercê e cuidado perfeito realizado graças às muitas misericórdias que só meu coração discerne profunda e abundantemente... Um parágrafo é muito, muito pouco pra dizer o quanto até aqui me ajudaste...

À minha família, em especial à minha esposa Fernanda Gama, aos meus filhos Felipe e Davi, a minha mãe Aurea Lúcia Britto, avó Maria Lúcia Britto e Pai Ubirajara Souza; mãe: deu tudo certo graças à senhora também! Além da minha irmã Carina Diniz, tias Elizabeth e Edilene Britto e prima Jasmin Melcher. A caminhada sem vocês não teria sabor nem cor!

Aos amigos colaboradores Gislene Aparecida Borges, Vinícius Vilela Rêgo, Edinei Ferreira da Silva, os mestres André Tato, Anderson Silva e Luiz Roberto com o enorme incentivo, acesso e fornecimento de informações essenciais para o sucesso da missão. Na motivação da realização deste curso é imprescindível ressaltar a pessoa de Bruno Espírito Santo Batista.

Especial e carinhosamente também destaco toda minha amiga turma de 2016 e ao meu orientador, bem como aos docentes da equipe MNPEF polo UNIRIO, com a proximidade revigorante e solene dos Doutores Rosana Bulos e Helayel Abdala.

Agradecimentos

Minha gratidão a todos os docentes do curso envolvidos e comprometidos com a realização deste sonho, em especial ao meu orientador Jaime Fernando Villas da Rocha, principalmente no que tange aos rumos preponderantes na capacitação técnica ao longo da confecção deste trabalho.

À minha amada esposa Fernanda Gama Rodrigues do Nascimento, com seu constante incentivo, fundamental à conclusão da dissertação.

Aos meus pais Aurea Lúcia e Ubirajara Souza, por sempre investirem nos ensinamentos valiosos que me tornaram um cidadão sensível às demandas sociais na contribuição de se transmitir o conhecimento de forma caridosa, o que inexoravelmente tornou-me um professor! Aos queridos irmãos Carina Diniz e Gabriel Souza, o encorajamento e parceria que se mostrou presente em todos os encontros vividos!

Aos prezados Prof. Dr. João e Prof. Dr. Leonardo Mondaini, que com muita dedicação e entusiasmo pela Física cumpriram ao longo desta jornada da turma 2016, com muita maestria, a jornada de coordenação conosco!

RESUMO

TÓPICOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA: CONFEÇÃO DE CARREGADOR CASEIRO DE BAIXO CUSTO ACOPLADO A CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA *SMARTPHONES* E OUTROS DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS.

Leandro Britto do Nascimento

Orientador:

Jaime Fernando Villas da Rocha

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Propomos a criação de um roteiro de atividades laboratoriais para a confecção de um conjunto de células solares de Silício de baixo custo, bem como o reaproveitamento de baterias íon-lítio 3,7v. A partir da aquisição de alguns componentes, aplicarão os conceitos da Física Moderna aliado a expectativa de uma efetiva contribuição ao Ensino de Física. O público-alvo serão os alunos das escolas de ensino médio de nosso país. Permitindo métodos e processos de origem interdisciplinar, buscam-se resultados sustentáveis no campo que delinea o fenômeno de transformação energética da radiação solar em energia elétrica, no processo conhecido nas práticas de engenharia como conversão direta.

Palavras-chave: Ensino de Física. Sustentabilidade. Sociointeratividade. Física Moderna.

Rio de Janeiro
Maio de 2019

ABSTRACT

EDUCATIONAL TOPICS IN MODERN PHYSICS TEACHING: MAKING A LOW COST HOMEMADE POWERBANK COUPLED TO FV SOLAR CELLS FOR SMARTPHONES AND OTHER ELETRONICS DEVICES.

Leandro Britto do Nascimento

Supervisor:

Jaime Fernando Villas da Rocha

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

We propose the creation of a roadmap of laboratory activities for making a set of solar cells low cost service as well as the reuse of battery without the lithium 3,7 v and from some components apply concepts of Modern Physics, allied to the expectation of an effective contribution of physics teaching to the students of the high schools of the country converging methods and process of interdisciplinary origin in the search for sustainable results in the field delineates the energy transformation of solar radiation electrical energy in the process known in the engineering practices as direct conversion.

Keywords: Physics Education. Sustainability. Modern Physics.

Rio de Janeiro
May, 2019

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Panorama da pesquisa	1
1.2 Apresentação da dissertação	2
1.3 Justificativa	3
2 MOTIVAÇÃO	6
2.1 Uso sustentável dos recursos naturais e energia renovável: uma urgência global...6	
2.1.1 Sustentabilidade, uso racional dos recursos naturais e o panorama nacional ...7	
2.2 Órgãos de monitoramento do clima mundial: relatórios de avaliação emitidos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) da Organização das Nações Unidas (UN)	10
2.3 Pontuação das consequências ambientais destacadas no quinto relatório de avaliação IPCC (AR5)	11
2.4 Efeito estufa e desequilíbrio do balanço energético	14
2.5 Consequências nas desenfreadas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).....	15
3 ABORDAGEM TEÓRICA, PRÁXIS EDUCACIONAL E ASPECTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS UTILIZADOS	17
3.1 Escola e mediação num enfoque interacionista: métodos estimulantes para uma educação sustentável	17
3.1.1 A contribuição de Vygotsky para a educação	19
3.1.2 O professor como mediador: seu papel na adoção das dinâmicas interpessoais e na interação com o objeto a ser conhecido.....	21
3.2 Interdisciplinaridade: elemento integrador e potencializador no processo ensino-aprendizagem	23
4 O ENSINO DE FÍSICA COMO TÓPICO	25
4.1 Compreendendo o fenômeno da conversão direta em temas mediados aos alunos pelo Ensino de Física	25
4.1.1 Primeiro tema: radiação solar, nossa fonte primária de energia	26
4.1.2 Segundo tema: o efeito fotoelétrico	29
4.1.3 Terceiro tema: o efeito fotovoltaico.....	30
4.1.4 Quarto tema: metais, isolantes e semicondutores	31
4.1.5 Quinto tema: semicondutores dopados e junção p-n.....	33
5 PASSOS E ETAPAS ADVINDAS DA MONTAGEM DO PRODUTO EDUCACIONAL: A TERCEIRA ETAPA DA TRÍADE.....	35
5.1 Características técnicas acerca do produto educacional	35

5.2	Objetos de aprendizagem: ferramentas e recursos adotados na aplicação do produto educacional	36
5.3	Componentes e ferramentas utilizadas na confecção do aparato	36
5.3.1	Lista de ferramentas (quantidades estimadas por projeto)	40
5.3.2	Lista de material para montagem do aparato	41
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS VOLTADOS A APLICAÇÃO DA PESQUISA: CONSIDERAÇÃO ACERCA DO PRODUTO DA DISSERTAÇÃO – APLICAÇÃO PRÁTICA DO CURRÍCULO EDS	45
6.1	Fase pós-construção do aparato	45
6.2	Formulário virtual: o indicador analítico essencial nos resultados da pesquisa	46
7	CONCLUSÕES ACERCA DA APLICAÇÃO DO PRODUTO	71
7.1	Considerações finais	71
7.2	Observações acerca da aplicação do produto e sugestões de aperfeiçoamento	72
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A	79
	APÊNDICE B	80
	APÊNDICE C	82
	ANEXO 1	8

1 Introdução

1.1 Panorama da pesquisa

A motivação deste trabalho baseia-se em propor o desenvolvimento de competências e habilidades numa provocação ao uso racional dos recursos disponíveis (naturais ou não), buscando realizar a conexão da tríade Ciência teórico-experimental – práticas sustentáveis – instrumentação para o ensino-aprendizagem. Na base dessa proposta busca-se: “O pluralismo metodológico é uma atitude amplamente adotada nos dias de hoje, seja por filósofos, seja por cientistas.” (VIDEIRA, 2013, p. 21).

O trabalho ora apresentado terá como fundamentação teórica o aspecto sociointeracionista mediado pelos conceitos tecnocientíficos baseados em propostas interdisciplinares.

Segundo NEDER (2013, p. 22):

A educação científica é dotada de um horizonte de interdisciplinaridade mais generoso, pois envolve um forte diálogo entre Ciências Físicas, Naturais, sociais e Humanidades, com a vocação de ampliar processos de integração de pesquisa e ensino. Seu objetivo não é formar cientistas, mas criar uma base social razoavelmente alargada composta por cidadãos cientificamente educados.

Consolidando tal argumentação, educação científica propõe de maneira objetiva: “[...] pressupõe que uma pessoa cientificamente educada ‘sabe que o conhecimento científico é coletivamente construído, historicamente situado’[...].” [FERRARI; SCHEID, 2013 p.22].

Já o Ensino de Ciências, tratado numa abordagem ontológica:

[...] tem sido praticada como um ensino orientado pedagogicamente para um enfoque mais indutivo dos conteúdos de teorias e práticas de ciências (biologia, Química, Física, Matemática), a partir do qual se formam estratégias de

enlace do alunado com o grupo social e seu contexto societário[...]. (NEDER, 2013, p. 22).

Em sua proposta original, este trabalho sugere expandir o ensino em formato de tópico contemplando em primeira análise a busca da aprendizagem ativa do alunado, abordando materiais semicondutores com base no efeito fotoelétrico. Aliado ao exposto acima, o trabalho visa embrionariamente contribuir no esforço de expansão estratégica do ensino de Física Moderna nas escolas de nosso país, bem como o estímulo na adoção contido nas práticas sustentáveis com a participação e constituição efetiva do aluno do ensino médio brasileiro, tornando-o autor e colaborador efetivo na contribuição desta natureza.

1.2 Apresentação da dissertação

A aplicação do produto dissertativo, como exposto acima, propõe o Ensino de Física Moderna instrumentalizada por dispositivos eletrônicos baseados em materiais semicondutores, em aspecto introdutório.

A prática buscará ampliar a sociointeração mediada pelo professor devidamente capacitado, numa atividade muito prazerosa e útil pra fins práticos e didáticos. Esta concepção será contemplada no capítulo 4, bem como todos seus itens e subitens.

A interdisciplinaridade aplicada ao contexto do uso racional dos recursos naturais baseado em princípios norteadores voltados à tomada da consciência socioambiental, um tema tão em voga na sociedade contemporânea também não poderia deixar de ser descrita, classificada e contemplada no capítulo 3 e todos seus itens e subitens.

Partindo desta proposta, obrigatoriamente supervisionada pela mediação de um professor habilitado mediante auxílio do material de apoio (composto por manual e apresentação em formato PowerPoint ©) o projeto e montagem de um carregador caseiro acoplado a uma célula solar de baixo custo, de forma convenientemente acessível a ser inserido em sua mochila para carga de uma bateria para alimentar seu dispositivo eletrônico: um **smartphone, tablet** e uma gama de outros dispositivos eletrônicos compatíveis. Esta coletânea sugere, ensina e orienta - aliado ao processo de instrumentação - uma oficina de confecção deste aparato seguida das seguintes atividades:

- 1) - Montagem de um carregador artesanal de baixo custo reaproveitável advinda da aquisição da bateria íon-lítio de luminárias de emergência inutilizadas em sua função principal; e:
- 2) - Montagem de uma associação de células fotovoltaicas de Silício monocristalino unitárias de baixo custo de 1,2 watts de potência que será acoplado ao carregador;

Toda esta metodologia busca a criação de um ambiente rico de pluralidades no decorrer da prática, principalmente na interação de áreas afins aliada ao reaproveitamento de recursos, sejam eles materiais ou naturais, baseados na economia circular.

Tal conceito propõe um reaproveitamento sistemático de tudo que é produzido, modificando a relação com os resíduos advindos do esgotamento do seu ciclo útil;

Portanto, a proposta original baseia-se em prover caminhos geradores da tomada de consciência na mudança da postura por meio da Educação no trato com o meio ambiente, valendo-se do reaproveitamento do bem de consumo que o transforma de resíduos em insumos.

1.3 Justificativa

A escolha na instrumentação da célula solar fotovoltaica acoplada ao carregador caseiro de baixo custo tem sua finalidade justificada: segundo o documento intitulado 'Análise dos Resultados da Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílios (PNAD 2018)', elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) **'o telefone móvel celular foi destacadamente o equipamento mais utilizado para acesso à internet.'** Segundo a análise, num universo de 116.073 milhares pessoas em área urbana e com perfis de idades acima de 10 anos pesquisadas, 94,6% (109.818 milhares de pessoas) acessam a internet por meio deste dispositivo. O que se deseja atingir é contemplar o carregamento de emergência de dispositivos móveis celulares reaproveitando uma energia acumulada de forma química (armazenada como carga elétrica) e dinâmica, já que o carregador caseiro aceita conversão de forma híbrida: por

meio da conversão direta via radiação solar ou via retificação de corrente alternada para contínua.

Outro dado relevante consiste na quantidade de aparelhos em operação no Brasil. Segundo o site da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), no mês de março de 2018, o Brasil registrou aproximadamente 236 milhões de linhas móveis em operação (ANEXO 3). Considerando que em nosso país, segundo o IBGE tem-se a estimativa populacional de 210 milhões de brasileiros, existe mais de um aparelho por brasileiro.

A busca desse compêndio baseia-se no estímulo do desenvolvimento científico como instrumento para uma remodelação da tomada de consciência, com base no esclarecimento de medidas individuais e sociais que visem à redução de impactos ambientais - conhecido no meio acadêmico-científico como mitigação.

Baseado nos conceitos do campo da Física conhecido como Física da Matéria Condensada (FMC), o qual está alicerçado em princípios da Mecânica Quântica (tais como semicondutores, energia de gap, aniquilamento de pares elétron-buraco, junção p-n, produção e absorção de fótons, bem como o efeito fotovoltaico como alguns exemplos), além da familiarização e associação de componentes eletrônicos no contato como leituras de diagramas e atividades afins.

Como sugestão, poderíamos muito superficialmente apresentar uma proposta de modelo de educação contextualizado às urgências globais do século XXI - o currículo Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) - que pode com liberdade, dentre suas inúmeras aplicações, contemplar a sociedade, o meio ambiente e a economia sob um viés científico-tecnológico. Seguindo esta perspectiva, este trabalho está instrumentalizado num insumo doravante denominado “produto educacional”.

A proposta culmina, como expectativa por parte do autor, na utilidade para o corpo discente de um aparato que será incorporado primordialmente em suas mochilas por intermédio de um velcro (figura 1), objetivo central do qual trata este trabalho.

Figura 1 – célula fotovoltaica de silício colada por velcros em mochila pronto para captação de energia radiante



2 MOTIVAÇÃO

2.1 O uso sustentável dos recursos naturais e energia renovável: uma urgência global.

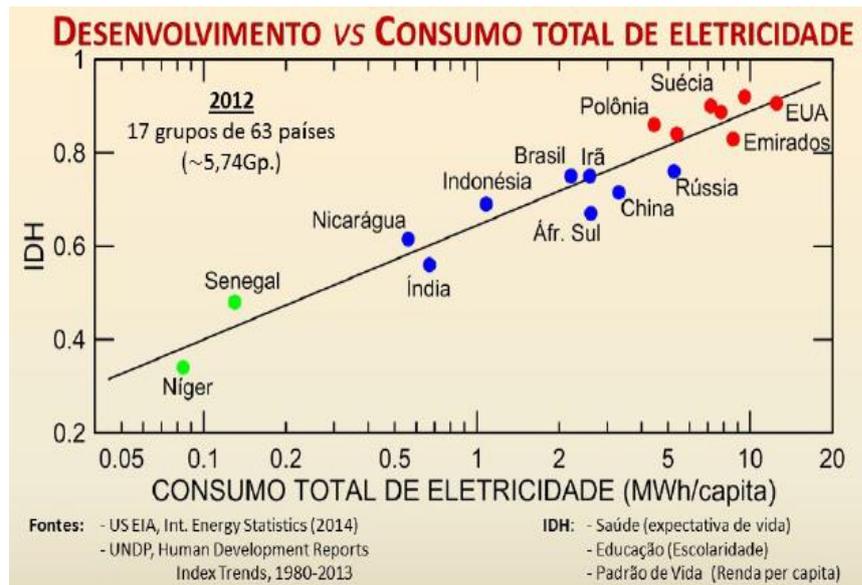
A energia, entendida nas suas mais variadas formas, torna-se um fator mediador na produção de insumos como bens duráveis e não duráveis, serviços, etc. na cadeia produtiva. Uma das formas de se definir energia encontra-se no

currículo ensinado nas escolas de ensino médio. No conceito curricular, energia é definida como a capacidade que um corpo ou partícula tem em realizar trabalho equivalente ao produto da força pela distância. O trabalho realizado por uma força (considerando-a constante, para fins aplicáveis ao Ensino Médio) e que produz um deslocamento é o produto desta força pela distância percorrida definida por um princípio de conservação.

A energia está diretamente envolvida na geração do Produto Interno Bruto (PIB) das nações sendo desta forma um fator impulsionador no desenvolvimento econômico. Dados estatísticos mostram esta tendência entre a disponibilidade energética e atividade econômica (figura 3). Se a economia mundial se expande, a demanda energética tende a aumentar.

A decisão sobre quais fontes de energia serão utilizadas em larga escala em uma dada economia baseia-se em critérios técnicos, que perpassam a economia, o meio ambiente e questões de segurança nacional, por exemplo. Atualmente, o uso de recursos de energia renovável tem sido fator crucial no impacto gerado no meio ambiente e de compromissos assumidos por centenas de países com a redução na emissão de gases causadores de impactos ambientais, como Gases de Efeito Estufa (GEE), bem como a produção de chuvas ácidas e a agressão à camada de ozônio.

Figura 2 - Desenvolvimento de países acompanha uma tendência de maior consumo de energia



Fonte:

<http://cbpfindex.cbpf.br/index.php?moduleFile=listPublications&pubType=12> acesso em 10/06/2017).

Acredita-se que as recentes incorporações nas práticas tecnológicas de energia renovável podem suprir a necessidade crescente desta demanda anual, substituindo gradativamente matrizes energéticas não renováveis, poluentes e causadoras de impactos ambientais graves. Com amplas políticas de fomento e estímulo às práticas de eficiência energética bem como a práticas de engenharia e pesquisa em energias renováveis, atingiríamos em breve a tão esperada autonomia no desenvolvimento de tais tecnologias, pois ela demonstra ser competitiva, criando assim uma nova indústria que ampliará mercados o qual posteriormente basear-se-ia na geração de uma infraestrutura necessária para esta distribuição.

2.1.1 Sustentabilidade, uso racional dos recursos naturais e o panorama nacional.

Em virtude desta problemática, a comunidade científica, juntamente com pesquisadores, ambientalistas e organismos do terceiro setor (ONGs e movimentos sociais são exemplos) ligados a mudanças climáticas vêm constantemente emitindo alertas sobre o uso racional dos recursos naturais de modo que não gerem danos irreversíveis, como a proteção da camada de

ozônio, a manutenção dos lençóis freáticos a nível regional, a emissão desenfreada de CO_2 (dióxido de carbono) que afeta diretamente a qualidade do ar e o regime estável de chuvas devido a mudanças climáticas.

No que concerne ao reconhecimento em se assumir uma urgência global, esforços vêm ser assumidos no estímulo à consciência social como um todo, no âmbito de incentivos de práticas que aumentem a eficiência energética, estimulem o uso de fontes alternativas de energia que minimizem a agressão e o impacto direto ao meio ambiente com o intuito de que sejam assumidas práticas sustentáveis que, dentre suas vastas definições, baseia-se na mediação de conflitos voltados ao esgotamento de recursos naturais que possam comprometer gerações futuras no que tange à sua própria sobrevivência.

Após a revolução industrial do século XVIII, a crescente demanda por maior quantidade de energia, principalmente elétrica, nos moldes voltados para a produção mundial foi necessária; o aumento do processo que exigem recursos que atualmente são extraídos de fontes poluentes e limitadas são comprovadamente responsáveis para piora da qualidade de vida e da saúde da população, ano após ano, principalmente nos grandes centros urbanos. Uma preocupação de se fazer valer estratégias e meios no âmbito na preservação ambiental vem sendo discutida amplamente.

A extinção gradual de matrizes energéticas não renováveis, principalmente combustíveis fósseis, responsáveis por emissões de poluentes e Gases de Efeito Estufa, comprometedores do futuro planetário, é um dos temas em voga.

Entende-se por principais fontes energéticas não renováveis: o petróleo, o carvão e o gás natural, oriundos de processos fotossintéticos, seguidos de complexas reações químicas de decomposição submetidas a altíssimas temperaturas e pressões por longo período de tempo. Combustíveis fósseis ainda são responsáveis pelo maior fornecimento de energia para a mobilidade rural e urbana fundamentalmente no setor de transporte, mas até recentemente, isso não era uma preocupação. As matrizes que não emitem Gases de Efeito Estufa (GEE) categorizadas como fontes alternativas de energia (de fonte solar, eólica, maremotriz, energia de biomassa como cana-de-açúcar, etc. são alguns dos exemplos) com emissão equivalente a absorção de gás carbônico (CO_2), um dos principais GEE (bagaço de cana-de-açúcar, biodiesel) e energia nuclear

estão como as promissoras substitutas daquelas matrizes poluentes e com prazo de esgotamento estabelecido.

Outra constatação refere-se no que concerne ao esgotamento dos recursos não renováveis; neste âmbito, a posição de Herz nos alerta: “o petróleo, pelas previsões mais otimistas, não vai durar mais de 50 anos com o nível atual de produção e de consumo. Bem antes disso ele já vai começar a ficar escasso, e seu preço, como consequência, vai disparar.” (HERZ, In: NUSSENZVEIG, 2011, p. 102).

Uma das fontes confiáveis no cálculo desta previsão encontra-se neste compêndio em forma de anexo fornecido pelo anuário estatístico divulgado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). No anexo 1 contido nesta monografia, tem-se a previsão das reservas da produção mundial de petróleo e no anexo 2 a produção mundial de petróleo. As reservas mundiais de petróleo comprovadas (dados do ano de 2016), conforme consta na planilha, equivalem a 1397,1 bilhões de barris. A demanda atual na produção é de 92.023 mil barris de petróleo / dia. De acordo com estes dados, ao dividirmos a reserva mundial comprovada pela produção diária mundial e considerando os dias úteis de produção, nos aproximamos e muito da previsão de 50 anos de disponibilidade do petróleo no mundo considerando uma previsão numa incremento de taxa proporcional de demanda.

Se por um lado, tais fontes possuem prazo limitado de extração, por outro são atualmente no mundo moderno os principais elementos estratégicos fornecedores de energia como mobilidade urbana, geração de energia elétrica e de produção industrial. O mundo moderno, principalmente o setor de mobilidade urbana, atualmente encontra-se em grande parte dependente dos combustíveis fósseis.

Portanto, modelos de transição tornam-se prementes na mitigação de opções alternativas de energia no sentido de se minimizar impactos ambientais irreversíveis causados no meio ambiente, de modo que se evite também o impasse gerado no esgotamento repentino do atual modelo de fonte energética optando-se por uma lenta e gradual transição, o que evitaria em certa aproximação um hipotético colapso logístico no mundo moderno.

Fontes das mais variadas origens atestam que a distribuição de energia elétrica e transporte, setores essenciais ao padrão desenvolvimentista do mundo

moderno, são os setores que mais contribuem para gases poluentes lançados na atmosfera: são em média responsáveis por 40% de emissão total mundial.

Alguns exemplos no sentido de se combater alarmantes emissões seriam o aumento da eficiência energética em máquinas e equipamentos; instalação de painéis solares fotovoltaicos como fornecimento e produção de energia a nível residencial urbano, bem como a implantação de parques eólicos em regiões com oferta de energia solar e ventos abundantes em nível de distribuição nacional.

A tendência do mercado na projeção dos anos seguintes consiste no aumento da demanda na disponibilidade de carros elétricos e híbridos (estes últimos movidos à combustão e eletricidade) vem logrando um rápido aperfeiçoamento, dada sua altíssima eficiência energética que beira os 80%; ou seja, a bateria fornece energia química e o motor elétrico a transforma em energia de movimento (cinética), enquanto que os motores à combustão interna em condições similares beiram a faixa dos 23%. Tais veículos irão, em médio prazo, ser a tendência de substituição lenta e progressiva dos tradicionais carros à combustão interna que queimam combustíveis fósseis. A projeção é de que em alguns anos essa seja a principal matriz energética substituta neste tipo de segmento.

2.2 Monitoramentos do clima mundial: Relatórios de Avaliação emitidos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) da Organização das Nações Unidas (UN)

Um dos principais órgãos ligados à análise, monitoramento, extração e tratamento de dados relacionados ao clima mundial é o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, sigla na língua Inglesa) órgão das Nações Unidas que monitora e emite dados científicos sobre a mudança do clima no planeta, bem como ações de mitigação.

A mitigação é, grosso modo, a adoção de políticas públicas e acordos internacionais, bem como demasiadas estratégias, na redução dos sérios danos ambientais gerados pela ação antropogênica. Poder-se-ia mencionar significativas ações de mitigação como a COP-21, a ECO-92 e o protocolo de Kyoto, bem como a modalidade conhecida como

mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), uma espécie de compensação financeira que vem sendo potencialmente conhecida como 'créditos de carbono'. A redução na emissão desse crédito de carbono em algum lugar permite gerar créditos que podem ser utilizados em outros países (podendo ser utilizados em outros continentes) devido à comprovada neutralização dos GEE.

O IPCC foi criado para fornecer principalmente às autoridades responsáveis pela criação de políticas públicas voltadas ao meio ambiente, avaliações científicas periódicas sobre mudanças climáticas, suas implicações e possíveis riscos ambientais graves futuros, apontando ainda ações de readaptação e mitigação. O IPCC, em 2014, lançou o quinto relatório de avaliação (AR5). Este documento servirá como base de estudo pelo qual se extrairá as informações daqui pra frente neste compêndio pelo mesmo ser o mais atualizado.

Os relatórios promovem previsões de cenários futuros na busca de formulação de estratégias com o objetivo de reduzir as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE), cuja problemática reside o desafio. No ano de 2007 foi emitido o quarto relatório de avaliação (Assessment Report 4 –AR4), com o órgão das Nações Unidas assumindo o compromisso periódico de emissão do relatório, aperfeiçoando-o cada vez mais com dados cada vez mais precisos ao longo destas emissões.

A certeza científica aumenta no decorrer do tempo. Se o resultado dos três primeiros relatórios geravam dúvidas se o planeta Terra estava aquecendo-se acima da média devido a ações antropogênicas, atualmente não se há a menor dúvida deste fato científico. A conclusão do quarto relatório nos moldes acima citados - o qual cabe dignamente mencionar - foi o documento responsável por laurear a equipe do IPCC e ao ambientalista Al Gore o Prêmio Nobel da Paz de 2007.

2.3 Pontuações das consequências ambientais destacadas no quinto relatório de avaliação IPCC (AR5)

Alguns dos fundamentais pontos abordados no quinto relatório de avaliação (AR5 IPCC) serão aqui transcritos fielmente por intermédio do download do documento SUMÁRIO DO RELATÓRIO DO IPCC PARA OS TOMADORES DE DECISÃO –WGII AR5 numa versão traduzida para o

português do relatório emitido pelo grupo de trabalho 2 (Working Group II abreviadamente WGII em inglês) que pode ser encontrada no site iniciativa verde (www.iniciativaverde.org.br). O relatório original consta mais de mil páginas e, portanto, aborda-se neste trabalho somente alguns poucos pontos considerados relevantes e destacados adaptado para o tema tratado; cabe destacar também, numa escala que vai de baixa a confiança muito alta, dos fatos mencionados, todas as informações aqui descritas estão classificadas como confiança alta ou muito alta e, portanto, baseados em grandes evidências científicas e empíricas. Para maiores e mais consistentes informações, são possíveis acessar o site do IPCC (www.ipcc.ch) e baixar o relatório em língua inglesa. No relatório, é de fundamental destacar a transcrição contida no SUMÁRIO DO RELATÓRIO DO IPCC PARA OS TOMADORES DE DECISÃO – WGII AR5 que diz: “ A avaliação de riscos no Quinto Relatório conta com evidências de diferentes fontes. A avaliação fornecida por especialistas é utilizada para integrar as evidências nas avaliações de riscos. As diferentes fontes incluem, por exemplo, as observações empíricas, resultados experimentais, compreensão baseada em processos, métodos estatísticos e modelo de simulação descritiva.”(WGII AR5 IPCC p. 17). Eis a transcrição:

1 - “A mudança climática está causando o aquecimento e descongelamento do **permafrost** em regiões localizadas nas altas latitudes e em regiões de alta altitude (muito alta confiança).” (p.8);

2 – “Governos em vários níveis estão começando a desenvolver planos e políticas de adaptação e de integração das considerações sobre as mudanças climáticas em projetos mais amplos de desenvolvimento (muito alta confiança).” (p.17);

3 – “O aumento da magnitude de aquecimento eleva a probabilidade de impactos graves, profundos e irreversíveis. Alguns riscos das mudanças climáticas são consideráveis em temperaturas de 1 ou 2°C acima dos níveis pré-industriais (alta confiança).”(p.20);

4- “SISTEMAS COSTEIROS E ÁREAS BAIXAS – segundo o aumento do nível do mar projetado ao longo do século 21 e para os períodos seguintes, os sistemas costeiros e áreas baixas cada vez mais experimentarão impactos

adversos, como submersão, inundações costeiras e erosão costeira (muito alta confiança).” (p.24);

5 – “ÁREAS URBANAS – (...) Os passos para construir resiliência e o desenvolvimento sustentável podem acelerar a adaptação bem sucedida à mudança climática global. Estresse por calor, precipitações extremas, inundações costeiras e no interior, deslizamentos de terra, poluição do ar, seca e escassez de água representam riscos em áreas urbanas para as pessoas, bens, economias e ecossistemas. Os riscos são maiores para aqueles que não possuem infraestrutura e serviços essenciais ou que vivem em moradias de baixa qualidade e em áreas expostas (muito alta confiança).” (p.27).

5 – “Reduzir o déficit de serviços básicos, melhorando a habitação e construindo sistemas de infraestrutura resilientes poderia reduzir significativamente a vulnerabilidade e a exposição a áreas urbanas (alta confiança).” (p.28).

6 – “A mudança climática é projetada para reduzir a demanda de energia para aquecimento e aumentar a demanda de energia para refrigeração nos setores residencial e comercial (evidências robustas, alta confiança). A mudança climática deverá afetar as fontes e tecnologias de energia de maneiras diferentes, dependendo dos recursos (o fluxo de água, vento e insolação, por exemplo) envolvidos. Eventos do clima mais severos e/ou frequentes e/ou desastres preveem aumento e perda de variabilidade em várias regiões, desafiando os sistemas de seguridade a oferecer uma cobertura acessível ao levantar mais capital baseado em risco, particularmente em países em desenvolvimento.” (p.28); e:

7 – “ SAÚDE HUMANA – Até a metade do século 20, as alterações climáticas previstas impactarão a saúde humana, principalmente ao exacerbar os problemas de saúde que já existem (nível muito alto de confiança). Ao longo do século 21, espera-se que a mudança climática leve o aumento nos problemas de saúde em muitas regiões e, especialmente, nos países em desenvolvimento

e de baixa renda em relação a um cenário de linha de base, sem a mudança climática (alta confiança).” (p.29).

Todos estes cenários descritos contam com a colaboração em suas conclusões de milhares de cientistas no mundo todo, incluindo pesquisadores brasileiros doutores do COPPE – UFRJ.

2.4 Efeito estufa e desequilíbrio do balanço energético

Uma das principais consequências na queima de combustíveis fósseis como derivados do petróleo, gás natural e queima de carvão é a indesejável emissão desenfreada de gases conhecidos como gases de efeito estufa. Mas, afinal, do que se trata tal efeito? A primeira coisa a ser pontuada é que o efeito estufa é um fenômeno natural e imprescindível à espécie humana em nosso planeta. Os gases de efeito estufa (GEE) formam uma espécie de bloqueio do retorno da radiação ao espaço sideral, uma espécie de manta ou cobertor que aprisiona vez que esta energia acumulada não é irradiada para fora do planeta. Cumpre destacar que o problema ambiental não reside no efeito estufa em si. Tal fenômeno possui importância vital para a espécie humana, sendo natural e necessário.

Para fins de comparação, poderíamos dizer que o efeito estufa em muito se assemelha no que ocorre dentro de um veículo com portas e vidros fechados. A radiação entra com relativa facilidade pelos vidros do veículo, porém ocorre uma espécie de aprisionamento no interior do veículo impedindo sua saída e assim, elevando a temperatura dentro deste.

O que constitui o “efeito estufa” é o fato de que a atmosfera permite a passagem de luz visível e, no lugar de um equilíbrio energético entre o que deveria entrar e o que deveria sair em termos dessa radiação, constata-se uma prevalência da primeira, ou seja, mais energia é aprisionada em nosso planeta, em detrimento ao que deveria retornar ao espaço sideral.

Por conseguinte, a Terra recebe energia de radiação advinda da fusão termonuclear solar que seria a incidência de raios solares em toda a superfície coberta na calota terrestre voltada para o Sol – a atmosfera que encobre o planeta é transparente e permeável aos raios – parte é refletida para o espaço sideral novamente por um fenômeno conhecido como efeito de albedo. No caso da terra, 30 % da radiação solar visível são refletidos pela superfície. Parte desta

reflexão deve-se a reflexão pela superfície branca, especialmente pelas calotas polares. Como consequência no aumento de concentração de gases de efeito estufa, podemos observar o aumento do nível do mar bem como a elevação dos níveis de temperatura e acentuação na intensidade de fenômenos climáticos como o “El niño” e devastadores ciclones e tsunamis. Estes são alguns dos exemplos.

“Em agosto de 2005 houve aumento da temperatura da superfície do mar no Caribe – da ordem de 0,5°C a 1,5°C. Que consequências isso acarretou? Criaram os furacões mais fortes dos últimos 150 anos, como o Katrina.” (NOBRE, In: NUSSENZVEIG, 2011, p.126).

Segundo o autor e cientista Schaeffer:

A temperatura média do planeta, hoje, é cerca de 33° C mais elevada do que seria se não houvesse atmosfera. A existência desses gases é que permite haver vida na Terra. O que acontece hoje, com a emissão dos chamados gases de efeito estufa por parte do homem, é que isso aumenta a concentração desses gases na atmosfera, e isso está levando ao aquecimento do planeta. Então, as variáveis-chave nesse processo são a emissão e o aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. (SCHAEFFER, 2011, p. 285).

O incremento da concentração dos GEE no meio ambiente vem elevando de forma desenfreada gerando assim consequências não desejáveis. Nisto reside à preocupação de toda a comunidade científica e de seus adeptos como ambientalistas, biólogos, pesquisadores e estudiosos do assunto. Outro efeito homônimo ao local onde são cultivadas plantas se dá pela semelhança que ocorrem tais fenômenos. Nas estufas de plantas, as paredes e os tetos são feitos de materiais transparentes, que permitem a passagem da radiação solar, que aquece o solo emitindo radiação infravermelha, boa parte dessa radiação é retida pela superfície da estufa não permitindo o retorno ao ambiente, fazendo com que as plantas acelerem seu processo de crescimento com tal excesso armazenado.

2.5 Consequências nas desenfreadas emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE)

A diferença no gradiente de temperatura gera realização de trabalho exercidos em ventos que se deslocam de regiões das mais variadas. Em algumas destas regiões, o impulso dos ventos atingem velocidades elevadas causando devastações em locais populosos e habitáveis. A unidade utilizada em termos de medições de concentração de CO_2 é a giga tonelada (bilhão de toneladas) equivalente ao ano e a equivalência comparativa se dá pelo fator GWP (Global Warming Potential), o potencial de aquecimento global, que mede o poder radiativo, traduzido no seu poder equivalente em CO_2 .

“Tinha-se na era pré-industrial, uma concentração de 280 ppm (partes por milhão). Hoje essa concentração já está na faixa de 380 ppm.(...)”. Atualmente a luta é para tentar manter tal concentração em até 450 ppm. (SCHAEFFER, 2011, p. 286). Caso este objetivo seja atingido, o mesmo pesquisador alerta para um aumento médio da temperatura da ordem de dois a três graus Celsius, a uma taxa anual atualiza de 3,5 ppm de emissão por ano, elevando aproximadamente 0,3°C por década. A média de remoção do principal gás de efeito estufa no planeta Terra - o CO_2 - é de 150 anos.

3 ABORDAGEM TEÓRICA, PRÁXIS EDUCACIONAL E ASPECTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS UTILIZADOS

3.1 Escola e mediação num enfoque interacionista: métodos estimulantes para uma educação sustentável

Os objetivos que se deseja contemplar com o presente trabalho estão pautados no emprego de medidas de conscientização coletiva da sociedade num esforço sinérgico na busca por resultados expressivos em termos de mitigação. Dentre as agências responsáveis por esta tarefa, destaca-se a escola como agente de transformação. Forçoso é ressaltar, entretanto, que sozinha não resolverá todos os problemas ambientais, nem é autossuficiente para modificar os rumos planetários; porém mostra-se um caminho na busca de formar cidadãos mais conscientes, críticos, participativos e responsáveis.

Busca-se, a partir daí, linhas de pesquisa que o conhecimento científico torna-se uma poderosa ferramenta a qual assemelhar-se-á como uma teia de conhecimentos, algo muito pertinente e necessário para o constructo do progresso e desenvolvimento humano. A tarefa do cientista, em termos de Psicologia, é justamente de reconstruir a origem e o curso do desenvolvimento do comportamento e da consciência (COLE; SCRIBNER, 1984, p. 7).

Na busca de uma sólida fundamentação teórico-metodológica adequada a proposta de ensino-aprendizagem, encontrou como elemento norteador a proposta do enfoque sociointeracionista voltado para as dimensões abordadas na práxis educativa à luz das teorias psicológicas.

O aspecto psicológico na busca da compreensão holística do ser impulsiona os resultados que aqui se deseja atingir. Adota-se para tanto, a análise com enfoque em bem sucedidos métodos de aprendizagem. A prática pedagógica é influenciada por múltiplas dimensões: social e política, filosófica, ética, técnica, histórica, etc., e, dentre essas, a dimensão psicológica (SEVERINO, 1991, p.36).

Na busca das diversas escolas filosóficas para guiar nossa proposta, a apresentada pela escola psicológica soviética apela ao forte embasamento epistemológico contido em interdisciplinaridade. E dessa escola cabe citar um pensador à frente do seu tempo, admirado por suas densas e significativas contribuições, muito úteis aos campos da Psicologia e em certa aproximação à Pedagogia no quesito desenvolvimento infantil: Lev Semenovich Vygotsky.

Nascido na Bielorrússia em 1896, teve uma vida precoce, morrendo aos 37 anos vítima de tuberculose. Porém, dentre seus poucos anos de vida, deixou um vasto e fértil legado contido em suas obras. Estes ficaram ocultas por anos, devido a divergências as pesadas críticas impostas por ele a outras obras

contemporâneas e advindas do regime ditatorial de Joseph Stálin. Somente na década de 60, seu livro “Pensamento e Linguagem” receberam notoriedade nos Estados Unidos e apenas uma parte de sua vasta obra foi revisitada. Sua principal linha de pensamento é

a premissa de que o homem constituiu-se como tal através de suas interações sociais, portanto, é visto como alguém que transforma e é transformado nas relações de uma determinada cultura. É por isso que seu pensamento costuma ser chamado de sociointeracionista. (REGO, 2014, p. 93).

Na práxis pedagógica, a dimensão contida no aspecto psicológico serve como um importante instrumento nas compreensões inatas ao aluno e a sintonia entre desenvolvimento, educação e aprendizagem.

Pautada sob forte influência no período pela visão materialista histórico-dialético da década de XX herdados da revolução socialista de 1917, sob a ótica dos pensadores Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1820-1895), ela não contempla todas as propostas, porém nos aponta um caminho de possibilidades eficaz que poderiam ser moldados aos desafios impostos na atualidade, especificamente o apresentado como desafio. O materialismo dialético e histórico tem como base a seguinte premissa:

O homem é um ser social e histórico e é a satisfação de suas necessidades que o leva a trabalhar e transformar a natureza, estabelecer relações com seus semelhantes, produzir conhecimentos, construir a sociedade e fazer a história. É entendido assim como um ser em permanente construção, que vai se constituindo no espaço social e no tempo histórico. (REGO, 2014, p. 96-97).

Vygotsky adapta sua teoria à luz desta premissa, compatibilizando suas propostas do ser por intermédio de sua interação com os demais grupos de indivíduos mediados por signos e instrumentos para o aperfeiçoamento humano de métodos, transformando aprendizagens potenciais em aquisições de conhecimento, etapas do plástico desenvolvimento cognitivo humano.

Outro conceito atribuído ao conceito de sociointeratividade poderia ser:

o processo de conhecimento implica uma relação entre o sujeito que busca conhecer e o objeto a ser conhecido, de tal forma que se estabelece relações recíprocas entre ambos, [...] as teorias caracterizam-se como interacionistas quando, nessa dinâmica, não privilegiam nenhum dos dois polos. (PALANGANA, 2015 p. 139).

O processo de sociointeratividade é um método muito bem sucedido em sala de aula onde se mostrou coerente e para tal deva ser intensamente praticado em sala de aula, o microcosmo contido na escola. A formação de turmas regulares contempla esse objetivo e pode ser destacado como um bem sucedido modelo.

A metodologia na instrumentação do produto educacional do carregador caseiro acoplado ao carregador caseiro mostrou-se bastante eficaz ao fim a que se destinou. Ao separarmos quatro grupos de cinco alunos no laboratório de informática da escola Edgard Angel Jones no bairro de Santíssimo, zona oeste do Rio de Janeiro. As interações entre os alunos e montagem do aparato atingiu sua forma sinérgica e cooperativa, com todos os projetos cumpridos e todos os aparatos funcionando plenamente. Certamente, se cada aluno montasse o seu aparato, o tempo seria exíguo para o fim a que se destinou e o material seria insuficiente para contemplar a todos e o objetivo assim não seria cumprido. No tempo de três horas e vinte minutos com a apresentação do slide, a confecção do aparato por meio de instrumentação e a resposta em questionário de cada aluno com sua experiência da qual se tornou autor do constructo.

3.1.1 A contribuição de Vygostsky para a Educação

No que a escola pôde contribuir para o avanço cognoscitivo do aluno, no sentido de melhorar suas potencialidades na busca do Desenvolvimento Sustentável? Nisso, MEZZAROBBA e MONTEIRO (2009) afirma: O conhecimento é o resultado de uma relação que se estabelece entre um sujeito que conhece, que podemos chamar de *sujeito cognoscente*, e um objeto a ser conhecido, o *objeto cognoscível*. (2004, p. 7) O conhecimento é a ponte que os liga. A escola

é o lugar onde a intervenção pedagógica intencional desencadeia o processo de ensino-aprendizagem e se constitui uma ferramenta de intervenção social.

Nas palavras de REGO, T. C.: “

[...] embora os conceitos não sejam assimilados prontos, o ensino escolar desempenha um papel importante na formação dos conceitos de um modo geral e dos científicos em particular. [...] Possibilita que o indivíduo tenha acesso ao conhecimento científico construído e acumulado pela humanidade. Por envolver operações que exigem consciência e controle deliberado, permite ainda que as crianças se conscientizem dos seus próprios processos mentais (processo metacognitivo)”. (2014, p. 79).

Portanto, o ambiente indissolúvelmente capaz de consolidar boas práticas que arregimentem o ensino com vistas a se atingir resultados almejados em perspectivas futuras de mitigação (a intervenção humana na busca por reverter impactos ambientais) mostrou-se pertinente com esse pequeno modelo aplicado em sala de aula.

“A função primordial da escola é a preparação moral e intelectual do aluno para assumir sua posição na sociedade. O compromisso da escola é com a ‘transmissão da cultura’ e a ‘modelagem comportamental’ das crianças.” (REGO, 2014, p. 89).

Portanto, o papel docente proposto é interferir explicitamente no processo no âmbito de gerar nos alunos avanços cognoscitivos interferindo no que o pensador Lev Vygotsky definiu como Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

A ZDP seria, em termos gerais, a distância entre o que o indivíduo faz sozinho e o que ela é capaz de realizar com a intervenção de um adulto; este seria uma espécie de “Desenvolvimento Potencial” que não é o mesmo para cada indivíduo, com a interação social são elementos centrais do processo numa espécie de avanço da aprendizagem de um domínio anteriormente adquirido para o indivíduo. Nas palavras de Vygotsky, “zona de desenvolvimento proximal” define aquelas funções que ainda não amadureceram e que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentes em estado embrionário (VYGOTSKY, 1984, p. 97), sua significativa influência impactante na psicologia e educação brasileira, bem como a maior parte dos países

ocidentais, a atividade do sujeito refere-se ao domínio dos instrumentos de mediação, incluindo a transformação social por uma atividade mental num ambiente notadamente interdisciplinar.

Portanto, o desenvolvimento cognitivo é produzido pelo processo de internalização da interação social com materiais cedidos pela cultura, num processo construído de fora para dentro, numa atividade que tem por base ao domínio de instrumentos de mediação.

Na análise das propostas bem adensadas em pouquíssimo tempo na aplicação do produto, observou-se uma proposta na busca um modelo de escola pautado em:

[...] parecem apontar para a necessidade de criação de uma escola bem diferente da que conhecemos. Uma escola em que as pessoas possam dialogar, duvidar, discutir, questionar e compartilhar saberes. Onde há espaço para transformações, para as diferenças, para o erro, para as contradições, para a colaboração mútua e para a criatividade. Uma escola em que professores e alunos tenham autonomia, possam pensar, refletir sobre seu próprio processo de construção de conhecimentos e ter acesso a novas informações.[...] (REGO, 2014, p. 118).

A interação, em todos os seus aspectos, podem como sugestão também ser muito bem aplicados em formatos de debates, colóquios, workshops, seminários com os assuntos que hoje permeiam nosso modo de interagir com o meio ambiente bem como outros assuntos em pauta.

A mediação por meio da sociointeratividade constitui-se poderoso instrumento na imediata conscientização da mudança postural de nosso modo insustentável de vida.

Uma escola idealizada assim mostrou-se possível na aplicação deste método em sala de aula com a ajuda do professor mediador. E por falar no professor, o que Vygotsky tem a mencionar sobre sua importância nesse processo?

3.1.2 – O professor como mediador: seu papel na adoção das dinâmicas interpessoais e na interação com o objeto a ser conhecido

No cotidiano escolar, a intervenção ‘ nas zonas de desenvolvimento proximal’ dos alunos é de responsabilidade (ainda que não exclusiva) do professor visto como o parceiro privilegiado, justamente porque tem maior experiência, informações e a incumbência (REGO, 2014, p. 115b)].

Como não podia deixar de ser mencionado, o professor tem seu merecido destaque em todo o processo abordado nestes itens. Protagonista do ato educativo é o elemento responsável e indispensável no processo formativo do modelo sociointerativo e interdisciplinar. “A função que ele desempenha no contexto escolar é de extrema relevância, já que é o elemento mediador (e possibilitador) das interações entre os alunos e das crianças com os objetos do conhecimento.” (REGO, 2014, p. 115[a.]). Em suma, nenhum objetivo se faria cumprido na aplicação dos resultados do produto educativo se não houvesse este fundamental elemento mediador em todo o processo descrito. As perspectivas da concepção do produto, pesquisa, dimensionamento, aplicação, montagem e extração dos resultados bem como redação e análise dos resultados aqui descritos passou pelas mãos do professor. Cabe também mencionar os demais atores do processo como protagonistas do ato educativo, permitindo o ambiente ser aplicado como os diretores, coordenadores, responsáveis pela limpeza do ambiente e equipe técnica, merendeiros, equipe de infraestrutura e serviços pedagógicos, diretos e indiretos no processo.

3.2 Interdisciplinaridade: elemento integrador e potencializador no processo ensino-aprendizagem

A necessidade de se estabelecer novos métodos para o ensino no que se refere aos saberes contido em práticas socioambientais faz com que sejam fixadas as bases que deverão ampliar-se os campos, mudanças e transformações nas pesquisas científicas e tecnológicas. Nesse caso, uma poderosa ferramenta pode ser utilizada na integração e potencialização dos diversos saberes contidos nos mais diferentes campos científicos disponíveis: a interdisciplinaridade. Mas, do que se trata a interdisciplinaridade? Segundo Phillip Jr, ‘A interdisciplinaridade implica assim num processo de inter-relação de

conhecimentos e práticas que transborda e transcende o campo da pesquisa e do ensino. ' (PHILLIP JR, 2000, p.17).

De forma complementar à sua compreensão, este campo, é definido como: “uma estratégia que busca a união de diferentes disciplinas para tratar um problema comum.” (LEFF, 2000, p. 37).

Trata-se de uma ferramenta extremamente útil na diversificação de temas que poderão posteriormente inter-relacionados de forma autônoma pelo autor/pesquisador de acordo com o que se almeja no sentido de se atingir determinado objetivo. Entende-se por ‘atingir tal objetivo’ aqui discriminado quando: “se estende dessa maneira seu campo de intervenção ‘entre disciplinas científicas’ para abarcar todo contato, intercâmbio, inter-relação e articulação entre paradigmas, disciplinas, saberes e práticas.” (LEFF, 2000, p. 69).

No caso específico deste trabalho, a junção de aspectos teóricos sobre a conexão da tríade Ciência teórico-experimental – práticas sustentáveis – instrumentação para o ensino-aprendizagem aproximou-nos do campo Educação para o Desenvolvimento Sustentável, tema bastante explorado em currículos nas bases para a Educação de países europeus como Portugal e Espanha, compartilhando assim saberes e métodos que se complementam em um benefício comum.

Durante o período utilizado na confecção deste compêndio, a clara percepção desta poderosa ferramenta permitiu vislumbrar a colaboração dos mais variados temas em torno de um objetivo específico, na intenção da assimilação das diversas inter-relações existentes no processo de ensino-aprendizagem.

Em nosso caso, uma conexão em forma de tríade foi o caminho escolhido como objeto de investigação e pesquisas na busca integrada da ampliação do intrincado tratamento contidas no campo Ciências Ambientais, ensino de Física e na instrumentação. Com suas diversas prerrogativas no que concerne seu adequado tratamento e abordagem, tais assuntos foram selecionados

respeitando-se objetivos gerais, tipo de público a ser contemplado e uso adequado de linguagem ao nível de compreensão deste mesmo público.

4 O ENSINO DE FÍSICA COMO TÓPICO

4.1 Compreendendo o fenômeno da conversão direta em temas mediados aos alunos pelo Ensino de Física

Seguindo a sequência contida na aplicação do produto, a segunda parte da tríade perfaz a etapa de compreensão do fenômeno aliado à aplicação do produto educacional: A explicação do fenômeno de conversão direta dividido em

tópicos. A técnica utilizada foi apresentação em blocos de slides em formato PowerPoint® com um auxílio de um data show. O tratado foi subdividido em cinco temas: radiação solar, efeito fotoelétrico, efeito fotovoltaico, metais, isolantes e condutores e por fim semicondutores impuros e junção *p-n*.

Cabe destacar que cada professor, a respeito de suas limitações na possibilidade da transmissão do conteúdo terá ampla liberdade em apresentar os assuntos que exigirão seu grau de dificuldade aliado ao nível escolar do público selecionado. Disto dependerá a efetiva transmissão segura do produto educacional e seu consequente sucesso.

Um exemplo seria abordar conteúdos muito avançados como os que são tratados a seguir para alunos do primeiro ano do ensino médio, por exemplo; deve-se ter este cuidado e ter, pra cada assunto tratado um próximo ao conhecimento prévio do assunto. Por exemplo, ao tratarmos de semicondutores, devemos ter uma ferramenta de compreensão da tabela periódica dos elementos e do átomo de Bohr. Para assumir tal postura, o mais adequado seria obter o acesso à ementa da turma e adaptar os assuntos de Física Moderna ao contato prévio com o objeto a ser analisado. Para alunos da terceira série do EM, tais conteúdos estariam plenamente aptos a serem desenvolvidos.

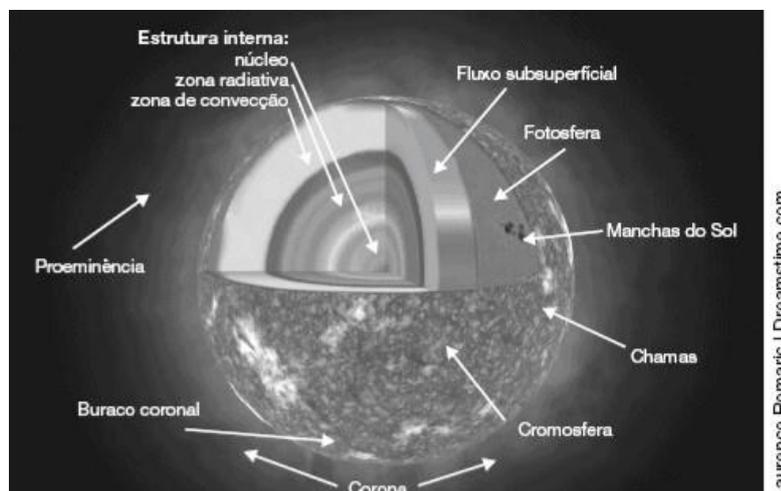
4.1.1 Primeiro tema: radiação solar, nossa fonte primária de energia.

O primeiro tópico teórico abordado - na tentativa de compreensão mínima do fenômeno em questão - foi apresentar ao aluno o fenômeno da radiação solar. Obteve-se a oportunidade de apresentá-los que o Sol é uma estrela, e que libera energia ao seu sistema solar por meio do processo conhecido com termo fusão nuclear. Sua fonte, desde os primórdios da formação do planeta Terra, emitiu continuamente radiação solar e fez acumular-se na Terra uma energia potencialmente química por meio do fenômeno de fotossíntese, num processo que levou milhares de anos e submetido neste período a altíssimas pressões,

além de intensa decomposição culminando na matéria-prima conhecida como carvão e petróleo.

Objetivou-se também a oportunidade em apresentar alguns dados sobre esta enorme estrela protagonista do sistema solar em questão como distância ao planeta Terra, velocidade da radiação ($c = 3.10^8$ m/s e tempo que a luz leva para chegar a Terra (traçando um paralelo com a relatividade restrita ao dizer que a luz que gerada na fusão termonuclear do elemento hidrogênio transformando-se em um elemento mais pesado, o hélio e que chega ao planeta Terra foi gerada há 8 min. e 20s atrás na compreensão de que a emissão inicial instantânea da luz no processo de termo fusão encontra-se no 'passado'. Nesta apresentação, foi abordada também a radiação solar como fonte sustentadora de quase toda a permanência de vida na Terra por meio principalmente do processo fotossintético – fundamental à sobrevivência humana- e geradora do produto trifosfato de Adenosina (PO3) além de ser apresentado o fenômeno gerado pelo calor que produz ventos e conduz o clima terrestre.

Figura 4 - A composição da estrutura solar



Fonte: ilustrações de Laurence Romanic do site www.dreamstime.com.
Acesso em: 29/11/2018.

Foi apresentado aos alunos o objetivo central de estudarmos mais detalhadamente a nossa mais próxima e mais importante estrela: A característica do Sol ser uma fonte de energia que não produz resíduos indesejados como a produção de combustíveis fósseis, podendo ser classificado como uma energia 'limpa' e ser diretamente convertida sem causar emissão adicional dos GEE.

Foram apresentados também os processos fundamentais na emissão dessa radiação, com consequente absorção na Terra de parte desta energia: parte devolvida ao espaço sideral por meio de reflexão da radiação gerada por efeitos de albedo, absorção pela superfície terrestre e pelos gases atmosféricos presente na composição terrestre. Por fim, foram explanadas as consequências resultantes destes fenômenos abordados, como o ciclo da água, formação de ventos e correntes de ar; e que tais processos tornam-se essenciais à sobrevivência humana.

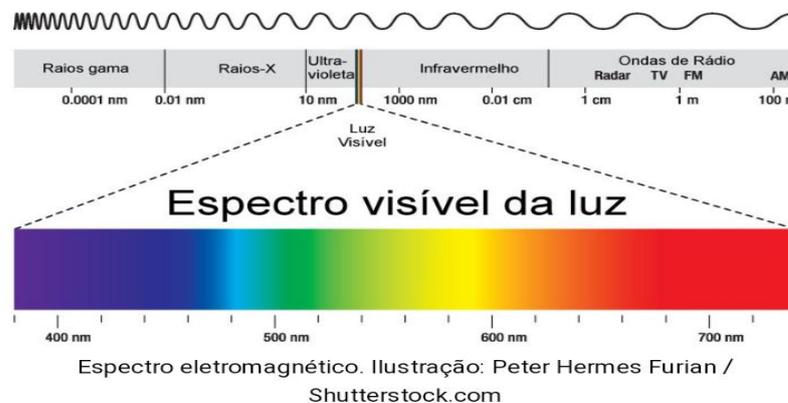
Figura 5 – Principais transformações energéticas tendo como base a radiação solar.



Fonte: (HERZ, 2001, p. 94).

Maiores detalhes teóricos de dados, como distância Sol-Terra, espectroscopia da luz, temperatura da casca esférica solar, previsão de oferta de energia anual comparada, etc. sobre energia solar encontra-se pormenorizada no roteiro experimental de atividades. A introdução da dualidade partícula – onda da luz é algo extraordinariamente interessante ser abordado nesta ocasião, e torna a compreensão pertinente e a discussão de tal comportamento da natureza com bastante riqueza de detalhes.

Figura 6 – Espectro de ondas eletromagnéticas, com destaque para o espectro de luz visível e suas bandas de frequência da luz solar, que vai da faixa de comprimento de onda de aproximadamente 380nm a 740nm.



Cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência (THz)
Vermelho	625 a 740	480 a 405
Laranja	590 a 625	510 a 480
Amarelo	565 a 590	530 a 510
Verde	500 a 565	600 a 530
Ciano	485 a 500	620 a 600
Azul	440 a 485	680 a 620
Violeta	380 a 440	790 a 680

Disponível em: < www.zeiss.com.br>, <www.infoescola.com> apud <shutterstock.com> ilustração de Peter Hermes Furian acesso em: 05/06/2018.

4.1.2 Segundo tema: o efeito fotoelétrico

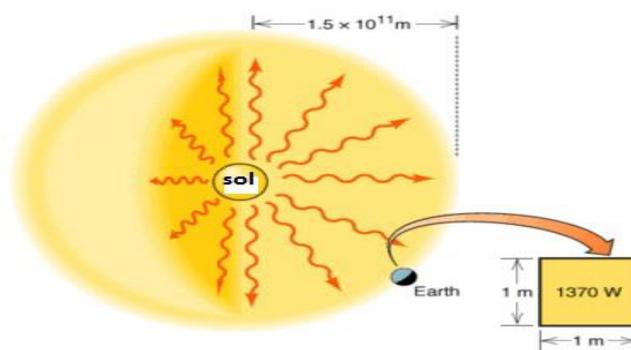
O segundo tópico abordado na tentativa de compreensão mínima do fenômeno da conversão direta em questão em sala de aula foi apresentar ao aluno o efeito fotoelétrico. Neste tópico, abordou-se primariamente a Física Moderna com a turma. Obteve-se a oportunidade de apresentá-los que a emissão eletromagnética de radiação luminosa requer uma energia de quantização mínima proporcional a $6,62 \cdot 10^{-34}$ J.S [Joule segundo], a famosa constante de Planck h de partículas provenientes da radiação solar, conhecidas como 'fótons'. Esta liberação é o produto de uma desenfreada liberação de energia proveniente da fusão termonuclear solar produzindo seu espalhamento em todas as direções atingindo nossa atmosfera numa intensidade de radiação de, aproximadamente, 1370 Watts / m² (vide figura 2). Estes fótons, que representam o espectro da radiação que vai das faixas do infravermelho até a banda do ultravioleta, passando pelas cores violeta, anil, azul, amarelo, alaranjado, verde e vermelho com comprimentos de onda específicos, estão concentrados numa composição que reúne a cor branca numa temperatura de cor de aproximadamente 5700K (temperatura de emissão), ultrapassando a nossa atmosfera passando por processos como reflexão luminosa, absorção luminosa, incidindo cerca de 1000 W / m² na superfície terrestre. Parte dessa energia contida nos fótons é responsável pela energia cinética de excitação de elétrons livres que 'arrancam' elétrons fracamente ligados ao núcleo de condutores e semicondutores que 'salta' uma região conhecida como região proibida e atinge uma banda permitida, conhecida como banda de condução num processo energético que depende única e exclusivamente, da frequência (ou do comprimento de onda) da onda eletromagnética definido por:

$$\Delta E = h \cdot f = E_c + W$$

Este é o conhecido efeito fotoelétrico e possui relação com os modelos de condução dos elétrons descritos acima, mas não deve ser confundido com o efeito fotovoltaico. Apesar de os dois terem embasamentos físicos semelhantes, são fenômenos de princípios complementares. Para efeito de simulação, um experimento virtual do efeito fotoelétrico pode ser encontrado no endereço :

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>.

Figura 7 – intensidade de radiação solar incidindo na Terra
cortesia Wiley and sons, 1999



Fonte: (www.google.com/images - acesso em 02/06/2017).

4.1.3 Terceiro tema: O efeito fotovoltaico

O terceiro tópico abordado foi apresentar ao aluno os princípios formulados do efeito fotoelétrico. Este é a capacidade de uma célula solar transformar a energia luminosa em energia elétrica, por meio da excitação de elétrons por meio da incidência de fótons na placa fotovoltaica. Este fenômeno também atribui ao seu descobridor, o físico Edmond Becquerel em 1839, que detectou um potencial induzido nos extremos de uma estrutura semicondutora produzida pela absorção da luz, ganhou impulso principalmente no desenvolvimento das pesquisas com a corrida espacial e com a primeira aplicação prática desenvolvida no laboratório Bell no início da década de 50. Constando do aspecto histórico. Mais adiante, foi necessário explicar o processo

em si do efeito, que consta em inserir impurezas num material semicondutor (como Silício, Germânio e arseneto de gálio) num processo conhecido como dopagem para que, na medida em que é excitado pela radiação, permita um fluxo eletrônico dando início à criação de um campo elétrico e conseqüentemente a criação de um potencial elétrico de elétrons ordenados conhecido como zona de depleção. Com uma variação de ilustrações e a exibição de um vídeo, tais conceitos foram tolerados, porém por eles não totalmente compreendidos, pois requeria uma base mais sólida neste tipo de conhecimento.

4.1.4 Quarto tema: metais, isolantes e semicondutores.

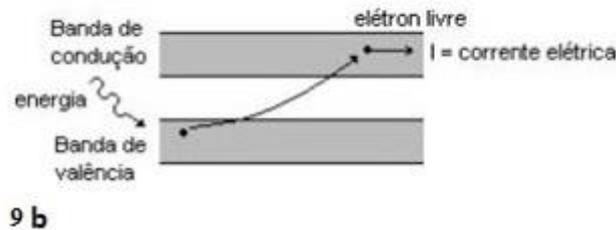
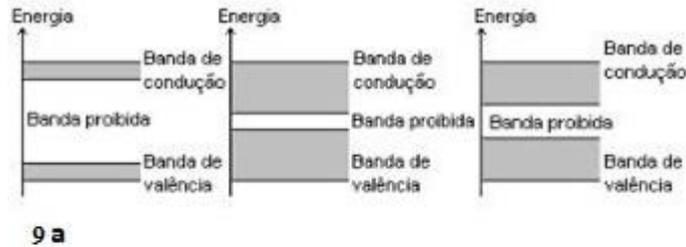
Como o tempo total disponibilizado estava exíguo na apresentação, o terceiro tópico foi apresentado de forma bem sintetizada aos alunos. O assunto requeria maior nível de relevância e profundidade, porém, foi repassado com certa brevidade, porém sua compreensão atingiu níveis toleráveis de compreensão. Foi apresentado como átomos obedecem ao modelo de condução elétrica desenvolvida pelos moldes da Física Quântica. Dentre suas propriedades físicas características, a condutividade elétrica. Para esta, os materiais podem ser classificados como condutores e isolantes, além de semicondutores.

Em seguida, tratou-se de definir o que é o material semicondutor. Logo após, foi definido o que significava a configuração dos níveis de energia e seus estados fundamentais.

Em seguida foi tratada a discussão acerca das diferenças na condução elétrica nos materiais que toma por base os chamados diagramas energéticos construídos a partir dos níveis de energia de um átomo. Desse modo, pode-se fazer uma classificação das substâncias de acordo com suas propriedades elétricas e desse modo reconhecer o que se entende pelas propriedades condutoras e isolantes.

Por fim, foram mencionados os níveis energéticos que, para efeito de estudo, são as informações essencial a respeito de um átomo, representado por seus diagramas de energia. (figuras 9a e 9b).

Figura 8 – em 8a, arranjo estrutural em forma de diagrama energético de, respectivamente, um isolante, um condutor e um semiconductor; em 8b, um fóton é absorvido na banda de valência liberando um elétron para a banda de condução, que se torna livre, aspecto visto em semicondutores em determinada temperatura.



Fonte: (www.google.com.br/images em 02/06/2017).

Deste modo houve necessidade, ao se tratar de determinados assuntos, de se tomar certo cuidado devido à compreensão de determinados fenômenos como no comportamento atômico-molecular de materiais semicondutores.

De forma muito superficial, elucidou-se o tratamento do fenômeno. Quando a temperatura dos materiais semicondutores é baixa, os elétrons encontram-se ligados aos seus respectivos átomos e ocupando níveis de energia próximos ao núcleo. Dessa forma, o material não apresenta elétrons na banda de condução e comporta-se eletricamente como isolante. Ao elevar progressivamente a temperatura do semicondutor, transmite-se a ele energia suficiente para que alguns dos elétrons (dos que ocupam a banda de valência) passem para níveis de energia mais elevados, ocupando a banda de condução. Essa nova situação altera o comportamento elétrico desses materiais, tornando-os condutores. Por esta razão o material semicondutor possui este nome. Uma simulação virtual do fenômeno das bandas de energia ocupadas pelo elétron

pode ser encontrada no site PHET COLORADO no endereço <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/band-structure>

4.1.5 Quinto tema: semicondutores dopados e junção p-n

O próximo tema abordado reuniu a adaptação do assunto de extrema complexidade como comportamento a nível atômico compatível ao nível de compreensão dos alunos do Ensino Médio: Levá-los à compreensão mínima acerca do comportamento elétrico de materiais como o Silício, Germânio e outros semicondutores impuros, mais conhecidos como semicondutores dopados, como ponto de partida para o fenômeno de conversão energética solar em elétrica.

Foi esboçado que nos semicondutores 'puros, isto é, sem átomos impuros, os elétrons preenchem a banda de mais baixa energia, denominada banda de valência, ficando vazia a banda seguinte, conhecida como banda de condução, onde são livres pra participar da condução elétrica. A vaga deixada na banda de valência, denominada lacuna, também contribui pra corrente elétrica.

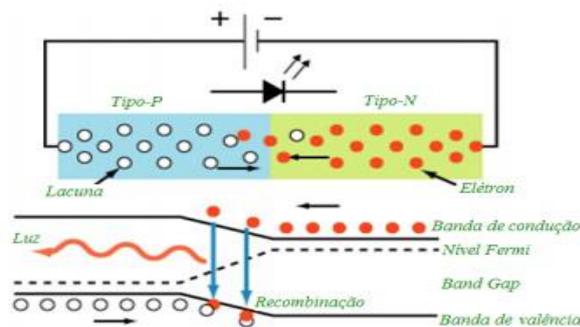
A elevação de temperatura resulta em um número maior de elétrons e lacunas disponíveis para a condução elétrica, proporcionando assim um aumento da condutividade do semicondutor.

Logo após, o desafio na transmissão segura da compreensão do fenômeno foi demonstrar na presença da tabela periódica dos elementos as valências atribuídas a cada elemento semicondutor, e necessariamente dizer que em seu estado puro o mesmo é tetravalente (valência é o nosso conhecimento prévio como ponto de partida na compreensão do fenômeno). Porém, alterar suas características com a inserção de impurezas doadoras e/ ou aceitadoras, pertencentes à família 3A e 5A da tabela periódica tornam-se condutores de acordo com a inserção destes elementos dentro de átomos estáveis tetravalentes, deixando-os com um déficit de um elétron na tabela 3A como, por exemplo, o Índio (formando um semicondutor dopado que chamamos de lacuna e tornando-o uma junção tipo **p** de positivo ou com ausência de elétron) dentro da estrutura cristalina. Por outro lado, semicondutores dotados de impurezas da família 5A como o elemento Arsênio completam a valência dos

elementos pertencentes à família 4A e deixam um elétron adicional sem realizar ligação interatômica covalente. Portanto, este portador adicional será conhecido como uma junção do tipo *n*, devido aos excessos de portadores de carga de natureza negativa (no caso, com excesso de elétron em relação à junção *p*, dotada de lacunas). A corrente elétrica ocorre devido a uma avalanche de portadores majoritários de carga (conhecidos por elétrons) que se deslocam de forma ordenada devido ao potencial elétrico formado naquela região (figura 10).

Por fim, foi explicado o fenômeno de condução de uma avalanche de portadores de carga de uma região para outra (sentido de *n* excesso de elétrons para ausência de elétrons) para *p* elétrons atribuída à união desta junção *p-n* quando os dois tipos de semicondutores são inseridos juntamente em uma junção *p-n* e os portadores possuem cargas opostas, eles se movimentam um na direção do outro, atravessam a junção, deplecionando a região de onde se originaram ao transferir sua carga para a nova região. Isso produz um campo elétrico que alcança rapidamente o equilíbrio com a força de atração dos portadores em excesso (vide figura 10). Este campo torna-se uma parte permanente do dispositivo, um tipo de rampa que faz os portadores possuir a ‘tendência’ a deslizar através da junção quando estão próximos.

Figura 09 – Comportamento de uma junção p-n semicondutora impura



5 PASSOS E ETAPAS ADVINDAS DA MONTAGEM DO PRODUTO EDUCACIONAL: A TERCEIRA ETAPA DA TRÍADE

5.1 Características técnicas acerca do produto educacional

A célula fotovoltaica vem, considerando ainda seu moderado custo de produção por watt gerado, ganhando espaço à medida que novos processos tecnológicos reduzem os custos de sua produção em tetos de residências, comércios, indústrias, e muito em breve nas mochilas dos alunos do ensino médio. Basicamente, uma célula solar fotovoltaica de Silício monocristalino é um fotodiodo com uma área medida em função de um valor fixo com rendimento médio de aproximadamente 16% que capta uma irradiância solar (razão potência/área) de 1000 w/m^2 da fonte solar (figura 11). Ou seja, aproximadamente para cada m^2 de silício monocristalino, 160 w são captados pela radiação solar. A placa em questão tem uma área bem menor do que isto; uma placa de 1,2w possui uma área (nem toda área disponível é utilizada para captação!) de $11 \times 5 \text{ cm}^2$ enquanto uma placa de 3w possui uma área de $14 \times 11 \text{ cm}^2$. Levando também em consideração a eficiência do conjunto semicondutor de conversão de luz em energia.

Desta forma, qualquer junção p-n cuja área possa ser exposta à luz torna-se uma célula fotovoltaica!

O objetivo que se deseja alcançar consiste na produção de 1,2 watt de potência (5 volts / 240 mA), no intuito de fornecer carga a smartphones ou tablets. Isto é obtido com um componente eletrônico especificado como regulador de tensão USB step up dc-dc 5v / 240mA que será o custo real para o estudante em termos de sua montagem a um preço médio de R\$7,50 (dados acessados em 10/02/2019). Tem-se uma despesa adicional com frete na aquisição dos componentes que é encontrado em sites de compra online como o mercado livre e afins.

Figura 10 – célula fotovoltaica de Silício monocristalino de 3 watts acoplado a um microprocessador que carrega um carregador e que capta a energia de radiação solar convertendo em energia elétrica em corrente contínua (3.7volts) numa bateria de íon-lítio. Especificações: tensão de saída: 6 v pico



Fonte: (O Autor).

5.2 Objetos de aprendizagem: Ferramentas e recursos adotados na aplicação do produto educacional

A instrumentação do produto educacional como objeto de aprendizagem constitui a terceira etapa da tríade interdisciplinar. Subentende-se como objeto de aprendizagem um artefato ou aparato, um brinquedo, experimento ou qualquer outro elemento físico com utilidade lúdica de modo que tal instrumento consolide a transmissão do conhecimento que queira se dar. No nosso caso, assumimos como artefato o carregador caseiro acoplado à célula solar, também considerado nosso produto educacional.

Sugerida em formato de oficina, sua realização deu-se em duas etapas pelo professor Leandro Nascimento em turmas multidisciplinares (detalhes das turmas no capítulo 5) na manhã do dia 05/12/2018 auxiliado pelo professor Vinícius Vilela Rego, professor de Física das turmas regulares de Ensino Médio responsável na abertura e condução da turma no laboratório da tecnologia da informação da Escola Estadual Stuart Edgar Angel Jones localizado no bairro de

Senador Camará - Rio de Janeiro, onde todas as etapas do produto foram completamente aplicadas (figura 12).

O produto educacional, aplicado em quatro tempos, obteve um intervalo de tempo aproximado de 03h 20min, contando os intervalos. Inicialmente, um arquivo PowerPoint (.ppt) © contendo 36 slides abordou a tríade interdisciplinar sustentabilidade - ciência – instrumentação. Cada aluno recebeu a versão impressa do roteiro experimental de atividades como uma ferramenta norteadora do projeto, dimensionamento, concepção e construção do aparato.

O domínio cognitivo de competências e habilidades na confecção do aparato dependeu a todo o momento da supervisão de um mediador na construção do dispositivo.

Figura 11 – Professor Leandro Nascimento e a turma multisseriada de ensino Médio na Escola Estadual Edgard Angel Jones na aplicação do produto educacional: em sequência, apresentando o conteúdo teórico em slides e em seguida auxiliando um dos grupos na solda dos componentes do carregador.



Os resultados obtidos em sala de aula foram promissores e entusiasmantes. Ao final da atividade, num total de vinte e um alunos, os dispositivos foram sorteados e quatro alunos levaram o dispositivo em suas mochilas.

Seguiu-se a leitura feita por um diagrama unifilar (figura 14) montado pelos alunos e mediado pelo autor do projeto, o professor Leandro Nascimento. Em seguida, foram realizadas soldas dos componentes e uma montagem seguindo o passo-a-passo dos materiais a serem utilizados (relação abaixo). A aplicação do produto educacional em sala de aula objetivou contemplar em cada detalhe o aspecto interdisciplinar.

Uma vez realizado o projeto, a análise do dimensionamento, a confecção e o funcionamento, foram extraídos dados acerca do experimento com o objetivo da compreensão mínima do princípio de funcionamento na montagem do experimento, culminando na prática em que professores e alunos serão protagonistas da produção de seu próprio aparato a ser usado no dia-a-dia de forma autônoma e útil.

Figura 12– Aparato montado e em pleno funcionamento pelo aluno A. Logo após a montagem, a célula solar de silício foi anexada em uma mochila por intermédio de um velcro e logo depois de testado em área aberta incidindo radiação solar foi verificado o princípio de conversão direta.



A tentativa no desejo de se atingir, estimular e compartilhar na divulgação da aplicação do processo sustentável obtido na conversão direta de energia de radiação solar em elétrica no processo fotovoltaico em aspectos interdisciplinares, mediado pelo professor na sociointeração dos alunos na construção do ensino de Física tornou-se o principal objetivo.

Uma vez construído o aparato, o mesmo foi anexado as mochilas dos alunos por intermédio de velcros. A acumulação da carga pela bateria na confecção do aparato é híbrida: por intermédio da captação da energia de radiação solar por meio de um semicondutor - ou na ausência de Sol - pela rede de concessionária elétrica. Captada a energia, a mesma será armazenada em uma ou mais baterias (associadas em configuração em paralelo) de íon-lítio com capacidade de 5000mAh cada, podendo ser utilizada posteriormente e suficiente para realizar, com carga completa, uma adição de 7 a 13% de carga da bateria em aparelhos **smartphones** como experimentado com a turma. Esta bateria pode vir a ser reaproveitada de luminárias de emergência que estejam inutilizadas em sua função principal, estimulando a prática da economia circular mencionada na introdução deste compêndio.

Mais uma vez cabe destacar a importância na sociointeratividade aliada ao estímulo do processo das funções psicológicas superiores, zona de desenvolvimento proximal e potencial, além da mediação à luz dos seus conceitos prévios. Logo após a prática, foi solicitado a cada aluno responder um questionário em formato de formulário, com opções de múltipla escolha e dissertativas contendo 18 perguntas a respeito da compreensão do conceito apresentado, sua experiência com a aplicação do produto, sugestões na melhoria da proposta e das habilidades e competências adquiridas em contato com a dinâmica e no que o aparato irá contribuir como um benefício para o seu cotidiano. A análise destas respostas no impacto da aplicação do produto educacional será objeto de investigação no capítulo 5.

Cumpra-se ressaltar, a título de conclusão, que a confecção do aparato não obteve nenhuma interface de monitoramento de tensão, potência, taxa de transferência de carga ou qualquer outro parâmetro eletromagnético, pois as adições destes parâmetros tornariam inviáveis as condições da aplicação do produto da dissertação em tempo hábil como foi estipulado.

5.3 Componentes e ferramentas utilizadas na confecção do aparato:

5.3.1 - Lista de ferramentas (quantidades estimadas por projeto):



- 03 (três) elásticos de borracha número 18: Sua função no projeto

é aprisionar o case de saboneteira transparente. Para acesso de carga na rede de concessionária elétrica de sua cidade, é necessário acoplar um cabo mini USB de um carregador de celular para acionar a carga da bateria sem a energia solar no caso da ausência do Sol e necessidade de utilizar o aparato. O elástico libera e habilita o acesso ao encaixe do cabo USB.



- Solda de estanho trifásica. Este componente visa unir os

elementos acima descritos na placa formando eletronicamente o circuito. Depende exclusivamente do ferro de solda e, em se tratando do primeiro contato do aluno com este tipo de solda, recomenda-se o auxílio do professor e/ou técnicos de laboratório com habilidade em solda.



- Conjunto ferro de solda 40 watts:



- 0,90 m cabo paralelo de som dois x 0,75mm²



- Um alicate de corte de 8".

5.3.2 Lista de material para montagem do aparato



Uma duas (recomendável para anexar a mochila) ou quantas

células solares de silício monocristalino de 1,2 w forem possíveis de se instalar. Sua ligação em paralelo realiza a soma das potências n vezes 1,2 w de potência que se deseje dimensionar! Quanto maior a potência, menor o tempo de carga das baterias respeitando o limite de corrente admitida do projeto.

Esta fonte pode ser encontrada em sites de compras como mercado livre a preço muito acessível, tornando o projeto em questão viável por ser considerado de baixo custo. Uma vez que duas sejam acopladas, faz-se necessário a ligação em paralelo uma da outra para somar as potências ($2 \times 1,2w$). Porém, projetos com uma única célula também são bem-sucedidos, porém funciona somente com exposição direta do Sol na célula.



- Uma, duas (recomendável ao projeto e cabível no case) ou n

baterias íon-lítio 18650 3,7 volts de capacidade 5000 mAh ligadas em paralelo [somam-se as capacidade(s) da(s) baterias, aumentando-se assim a carga transferida à bateria do seu dispositivo eletrônico]. Com a perspectiva de custo zero se extraída de uma lâmpada de emergência que tenha a bateria em bom estado conforme a proposta de reaproveitamento sugerida. Sua função reside no acúmulo de energia captada pela radiação solar por intermédio da célula solar pra uso posterior da carga com corrente contínua (CC). Três baterias com a carga completa rendem um acúmulo (mediante análise e testes) uma faixa entre 15 a 21% de reposição de carga dependendo da capacidade da bateria do **smartphone**.



- 01 módulo conversor regulador de tensão USB step up dc-dc 5

volts . É responsável de receber e corrigir a saída da tensão num range de 5 a 24 volts de entrada e tensão exata de saída de 5 volts num ajuste microprocessado com tensão necessária pra alimentar o **smartphone / tablet**

entregando a corrente de acordo com a potência fornecida pela área da célula solar. Nesse módulo, conecta-se o cabo USB 2.0 ao aparelho já com a tensão de saída corrigida.



- 01 módulo micro USB TP4056 carregador de bateria de lítio.

Fornecer um excelente custo-benefício e é responsável de receber carga externa provinda da alimentação concessionária de corrente alternada. Pode também receber a alimentação da célula solar e possuem dois leds que indicam o nível da carga da bateria, o vermelho indica carga incompleta e o azul indica carga completa.



- 01 regulador de tensão LM 7805. Sua função é regular a faixa

de tensão de 7 até 20 volts e de saída exata de 5 volts, com uma corrente máxima de 1 ampère. Em nosso projeto, objetivamos obter a tensão de 5 volts com correntes na faixa de 200 a 600mA, pois essa é a faixa de trabalho para recarga nas baterias dos aparelhos **smartphones e tablets**, buscando a tensão produzida pela célula solar.

Pesando apenas 1,4 grama-força, torna-se um componente indispensável em qualquer projeto quando o assunto é aparelhos de smartphone, uma vez que os aparelhos atuais possuem essa tensão para carga.



- Saboneteira transparente plástica. Serve como **case** para

proteção mecânica e elétrica do carregador caseiro. Uma solução que ajuda a reduzir o custo final do projeto, bastando aprisionar com elásticos nº18. Recomenda-se a mesma ser transparente, pois só assim poder-se-á visualizar quando a carga estará incompleta (luz vermelha) ou completa (luz azul). Para indicar a transferência de carga, outra luz vermelha é também acionada a partir do momento que acionamos o interruptor no modo ligado (on).



- Diodo 1N4007: Sua função básica é retificar (corrigir) a tensão

no sentido correto com alta tensão reversa (suporta até 1000 volts). Realiza uma espécie de 'filtragem' de transientes oriundos de vários fatores que tornaria inútil o circuito numa possível inversão de polaridade ou elevação na tensão sendo um protetor natural do circuito. Sua corrente máxima de trabalho é de 1 Ampère e é outro semicondutor de junção p-n para esta finalidade.



- 01 Chave interruptora: A função específica desta chave consiste

em ligar e desligar a passagem de corrente ao circuito, impedindo a descarga no momento não desejado no fornecimento de carga da bateria de íon-lítio para o **smartphone**. Extraída da luminária de emergência, possui custo ZERO.



- 01 Placa PCIilhada 280 pontos: sua função consiste em fixar

com pontos de solda o regulador de tensão 7805, o transistor 1N4007, além do interruptor, conversor USB 2.0 step up e o micro USB TP4076 abrigando todos os componentes eletrônicos exceto as baterias. Na ausência deste componente, um pedaço de papelão atende a necessidade do projeto.

5.4 Instruções de montagem do carregador caseiro acoplado à célula solar de Silício

Nas etapas a seguir, as recomendações dadas precisaram ser estritamente observadas, pois delas dependiam o perfeito funcionamento do aparato. A proposta da oficina de montagem do aparato consiste na mediação do professor habilitado e que venha a tomar conhecimento das etapas contidas neste manual para a execução da montagem. Realizou-se a versão caseira de um carregador híbrido, que pode ser carregado pela tensão alternada de concessionária elétrica ou por um carregador de **smartphone** ou acoplado a

uma célula solar contendo uma ou duas baterias de íon-lítio reaproveitadas de lâmpadas de emergência. A bateria deverá encontrar-se em bom estado.

Além de componentes eletrônicos responsáveis pelo gerenciamento e conversão energética como um módulo regulador de saída elevador '*step up*' USB, um regulador de tensão 7805, um módulo de carga micro USB, fios, um transistor 1N4007, uma placa PCI ilhada 5 x 6 cm² (ou um pedaço de papelão na ausência deste componente, enxugando ainda mais o custo do projeto), um interruptor de três posições reaproveitado da luminária de emergência, soldas de estanho e uma saboneteira transparente utilizada como **case** com grande parte destes componentes disponibilizada em lojas de eletrônica especializada ou em sites de compra virtual como 'mercado livre'.

As ferramentas para a confecção de nossa célula solar acoplada ao carregador híbrido caseiro consta de um ferro de solda, um sugador de solda (opcional), solda de estanho, fita isolante, alicate de corte e dois elásticos. O esquema eletrônico desse projeto será nosso seguro horizonte para atingirmos seguramente nosso objetivo. É necessário frisar a estrita observância do esquema de ligação do aparato obedecendo a um código de cores em que a linha vermelha representa o polo positivo (+) da bateria e a linha preta representa o polo negativo (-) da bateria. A simples troca desta polaridade em alguma etapa do circuito acarreta na imediata queima dos componentes eletrônicos. As dúvidas dos professores no que concerne à correta execução do projeto podem ser encaminhadas para o e-mail: leandro.britto@hotmail.com

Figura 14 – diagrama de montagem do carregador caseiro acoplado a célula fotovoltaica de silício para smartphones, tablets e dispositivos eletrônicos com a seta indicando o sentido de polarização direta da corrente no diodo



Fonte: O Autor.

Capítulo 6

Análise dos resultados voltados à aplicação da pesquisa

6.1 Fases pós-construção do aparato

À medida que cada grupo encerrava a confecção da oficina e diante da euforia e entusiasmo ao verificarem o pleno funcionamento do mesmo, os alunos foram encorajados a testar o pleno funcionamento da célula fotovoltaica acoplada ao carregador.

Inicialmente, cada equipamento foi conectado a um carregador de **smartphone** acoplado ao cabo USB 2.0, o que imediatamente fez carregar também a bateria do carregador caseiro com a modalidade em rede da concessionária elétrica (tensão de rede alternada 127 volts). Este modalidade de conversão faz-se extremamente necessária em certas situações no uso do conjunto em situações de emergência, pois nem sempre haverá a disponibilidade de radiação solar uma vez que se precisar do carregador de emergência de forma breve, além do tempo mediano que se deve submeter o painel fotovoltaico à radiação solar que faz o aparelho também funcionar (algumas horas exposto à radiação para carga completa da bateria). Logo após, o segundo teste que o equipamento foi submetido foi o teste de incidência da radiação solar verificado no acendimento de um pequeno LED vermelho contido no microprocessador com saída USB **step up**. Verificado o perfeito funcionamento dos quatro dispositivos, os vinte e um alunos foram até o computador localizado no próprio laboratório responder um questionário elaborado via **Google forms**™ e foram submetidos a dezoito perguntas acerca de suas percepções no que haviam vivenciado nestas três horas e vinte minutos de instrução. Os mesmos voluntariamente deslocavam-se até à frente da tela do computador e respondiam o questionário no formato digital, que foi encaminhado para o e-mail pessoal preenchido na lista inicial de chamada. O sorteio dos quatro aparatos confeccionados pelos grupos foi realizado via lista de chamada pelo professor Vinícius Vilela Rêgo, que acompanhou em todas as fases da aplicação do produto em sala de aula.

6.2 Formulário virtual: O indicador analítico essencial aos resultados da pesquisa

A metodologia de análise do questionário visou desenvolver todas as etapas anteriormente mencionadas; principalmente, na busca do foco do desenvolvimento da consciência socioambiental do alunado alinhada com a metodologia teórica na busca das atividades executadas. A aplicação do produto educacional foi concluída com certa precisão do tempo estipulado. Após os quatro dispositivos construídos funcionarem de forma aparentemente satisfatória, foram submetidos a um breve teste qualitativo mediante a exposição de radiação solar.

Ao final das atividades de execução na confecção do aparato, os vinte e um alunos participantes da oficina foram convidados a responderem um formulário virtual, contendo 18 perguntas: Da pergunta 01 a 15 em modalidade optativa (múltipla escolha) e da pergunta 16 a 18 na modalidade objetiva (resposta livre).

Encaminhado para as respectivas caixas de e-mail dos alunos colhidos no início da oficina em uma lista preparada pelos professores, os alunos foram convidados a ligarem os computadores do laboratório de tecnologia da informação, mesmo local da aplicação do produto educacional, acessarem suas caixas de e-mail e logo em seguida responderem um formulário encaminhado para cada um deles intitulado 'Questionário de pesquisa de campo - Produto Educacional Ensino de Física na confecção de uma célula solar fotovoltaica acoplada ao carregador caseiro de baixo custo'. Após a conclusão das respostas, o formulário virtual retornada mediante programação prévia para a caixa de e-mail em forma de dados estatísticos com tecnologia elaborada pelo **Google forms** © confeccionada pelo professor Leandro Nascimento.

As dezoito perguntas do formulário digital foram as seguintes:

- 1) No que a apresentação teórica contribuiu para sua compreensão no que se refere aos fenômenos de mudanças climáticas e novas tecnologias de não emissão de carbono?
 - (a) significativamente;
 - (b) modestamente;
 - (c) não contribuiu;

(d) indiferente.

2) Quais opções abaixo você acredita ser indispensável discutir em sala de aula na compreensão de energia renovável?

(a) a abordagem científica (princípio de funcionamento);

(b) a abordagem prática (experimentação);

(c) a discussão da temática (em debates, palestras, seminários, fóruns, etc.);

(d) a abordagem econômica;

(e) a abordagem social;

(f) Todos têm sua devida importância.

3) Você já participou em sala de aula de algum tema debatendo o aspecto socioambiental?

(a) Sim;

(b) Não;

(c) Não me lembro.

4) Qual a importância do conteúdo abordado você julga ser oportuno tendo com objetivo a compreensão da Física no seu cotidiano?

(a) Essencial;

(b) Complementar;

(c) Opcional;

(d) Indiferente;

(e) Desnecessário: não vi nenhuma importância.

5) Quais assuntos, aliados ao contexto da Física moderna você já aprendeu ou ouviu falar em sala de aula mediante a exposição deste trabalho? (fique à vontade para escolher mais de uma opção)

(a) O modelo de orbitais;

(b) O princípio de exclusão de Pauling;

(c) O átomo de Bohr;

(d) O efeito fotoelétrico;

(e) Espectroscopia;

(f) Condutores, isolantes e semicondutores;

6) A inserção das questões sustentáveis (energias renováveis, uso dos combustíveis fósseis, etc.) possui qual importância pra você no contexto do ensino atual?

- (a) É fundamental;
- (b) É complementar;
- (c) É atenuado;
- (d) É insignificante.

7) Qual seria o grau de recomendação que você atribuiria ao trabalho desenvolvido aqui levando em conta a aprendizagem que levará consigo como bagagem cultural, de informação a ser disseminada e sua compreensão sobre o tema (em que zero você não faria nenhuma recomendação e cinco você faria total recomendação).

- (a) Zero;
- (b) Hum;
- (c) Dois;
- (d) Três;
- (e) Quatro;
- (f) Cinco.

8) Você teve algum contato anterior com alguma atividade experimental no seu colégio de forma instrumental como essa?

- (a) Sim;
- (b) Nunca;
- (c) Não lembro.

9) Você acha que de alguma forma essa atividade colaborou com a mudança na postura sua e de seus colegas de turma no que se refere a uma cultura sustentável?

- (a) Completamente;
- (b) Somente em parte;
- (c) Não colaborou;
- (d) Não saberia opinar a respeito.

- 10) Na sua valiosa opinião, o trabalho impactaria os alunos de ensino médio das escolas brasileiras?
- (a) Sim, positivamente;
 - (b) Sim, revolucionariamente;
 - (c) indiferentemente;
 - (d) Não impactaria.
- 11) Qual área você achou a abordagem incompleta? (escolha mais de uma opção se assim desejar).
- (a) No ensino de Física;
 - (b) Na apresentação em PowerPoint;
 - (c) Na experimentação;
 - (d) Em todas as etapas;
 - (e) Em nenhuma das etapas.
- 12) Como você classifica a importância deste trabalho?
- (a) De forma significativa;
 - (b) De forma essencial;
 - (c) De forma útil;
 - (d) De forma irrelevante;
 - (e) De forma neutra.
- 13) Você deseja utilizar esta célula solar acoplada ao carregador em sua mochila após ter aprendido desenvolvê-lo?
- (a) Sim, desejo
 - (b) Não, não desejo;
 - (c) Em algumas ocasiões, sim
- 14) O conteúdo abordado despertou seu gosto em entender mais os princípios físicos que estão envolvidos em determinado fenômeno?
- (a) Sim;
 - (b) Em parte;
 - (c) Não;

(d) Ainda estou indeciso.

15) Você encontrou muita dificuldade em compreender, projetar e dimensionar a montagem do aparato? (carregador e seu painel)

(a) Sim; obtive muita dificuldade.

(b) Não encontrei dificuldade.

16) Gostaria de acrescentar algum outro comentário no sentido de aprimorar a didática deste trabalho? (resposta curta)

17) Para você, o que foi fundamental na aprendizagem deste conteúdo? (resposta curta)

18) Gostaria de acrescentar alguma crítica de caráter geral ou comentário ao trabalho apresentado?

O formato de análise das respostas foi sintetizado nas questões optativas até a 15ª pergunta num gráfico em percentuais no formato de pizza; as três questões restantes foi sintetizado em questões subjetivas ou dissertativas. Cada decisão será analisada fundamentalmente nas opções com ampla maioria das respostas seguido das conclusões do autor acerca dos resultados divulgados. A obra buscou sempre destacar a humanização no ensino Universal e situar nossa

condição planetária e, portanto, transversal e interdisciplinar em todos os aspectos.

Tais resultados das discussões abaixo apresentadas foram pautados de acordo com as análises nas respostas dos alunos numa espécie de 'estudo comparativo' dos padrões defendidos neste compêndio.



O resultado da primeira pergunta revela a importância que o tema tratado possui, com certo grau de importância ao se eliminar qualquer resposta que conduzisse ao desinteresse no assunto proposto. Levando em consideração que as respostas 'não contribuiu' ou 'indiferente' revelaria, nas suas visões, o assunto como algo desnecessário e não pertinente; isto de fato não ocorreu e o resultado revela uma esperança inicial de se ter certo interesse no assunto mediante a compreensão, seja ela qual nível fosse atingida, pelo público alvo da pesquisa e objeto de interesse na aplicação do produto educacional.

Aos alunos envolvidos com a apresentação e experimentação, o tema envolvendo as mudanças climáticas e nossa responsabilidade enquanto atores deste 'desequilíbrio' requereu o cuidado necessário no seu tratamento. Entende-se por 'cuidado' o adaptar cada realidade numa postura ética na divergência de opiniões, até mesmo em não reconhecer tais mudanças climáticas, fato bem definido na opção 'não contribuiu' e 'indiferente' visões antagônicas do assunto, capacidades de compreensão acerca do tema, preparo e análise das condições

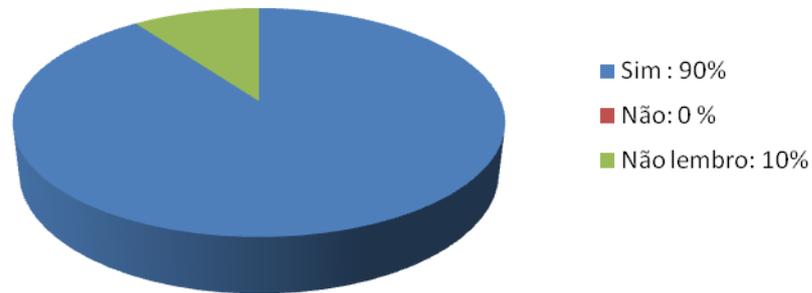
necessárias para a aprendizagem e aceitação do tema.



Os resultados desta segunda pergunta revelaram a fundamental importância dos assuntos contidos na transversalidade no tratamento de todas as etapas realizadas na aplicação do produto educacional, levando a compreensão de que para a maioria dos alunos (47,6%), todas as etapas vistas e trabalhadas tiveram sua relevância assumida.

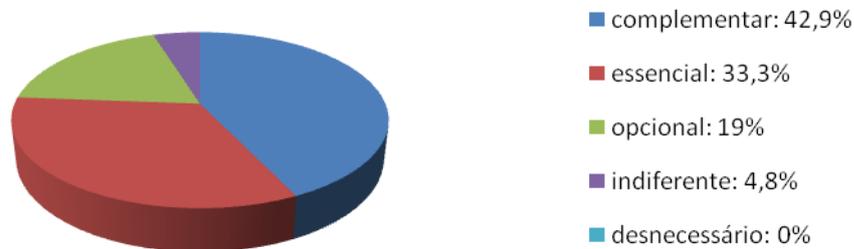
Os demais resultados também revelaram em segundo e terceiras aproximações, respectivamente, a experimentação e a discussão da temática envolvida, o que traz um resultado muito positivo para atividades envolvendo ciência. Para este resultado, percebe-se certa empatia dos alunos na transmissão do conhecimento na complexidade de suas peculiaridades. Portanto, as partes, cada vez mais dissociadas do interdisciplinar, podem tornar desafios globais contemporâneos cada vez menos atraentes em termos investigativos em tempos dos inúmeros dilemas e desafios globais vividos pela espécie humana.

3) Você já participou em sala de aula de algum tema debatendo o aspecto socioambiental?



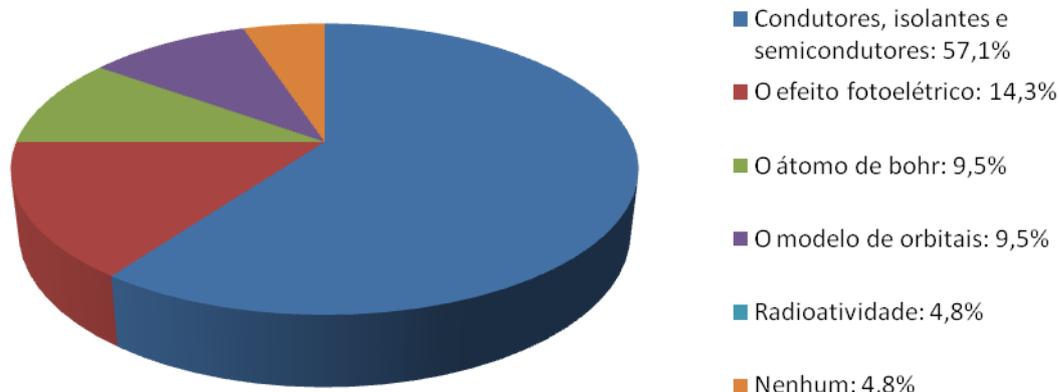
Esta pode parecer uma pergunta trivial, porém está carregado de um importante dado: na pequena amostra de vinte e um alunos, todos em algum momento foram apresentados aos temas socioambientais. Tais assuntos são extremamente difundidos, de modo que verificamos os aspectos sustentáveis debatidos quer seja em sala de aula, por meio da mídia e tantos outros canais de comunicação que nos apresentam o assunto sustentabilidade algo conhecido em alguma aproximação. O assunto requer um tratamento mais próximo dos atuais currículos escolares, uma vez que se mostra adequado e pertinente na sua função social e cultural. Estão associados e inseridos no contexto educacional, portanto são ferramentas úteis na busca da transformação paradigmática devida na correta tomada de decisão aos dilemas climáticos vividos.

4) Qual a importância do conteúdo abordado você julga ser oportuno tendo como objetivo a compreensão da Física no seu cotidiano?



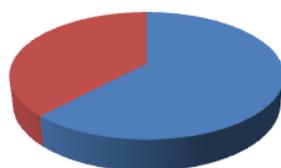
Este resultado comprovou a compreensão muito sóbria de grande parte dos alunos na transmissão da abordagem que o tema requer: a interpretação do resultado leva a compreender que o assunto pode ser entendido como algo que venha a incorporar as problemáticas vividas no mundo moderno, pois a transversalidade contida no tema revela por si só um assunto que não é domínio exclusivo da área científica teórico-experimental; uma vez que o assunto contempla diversas áreas do conhecimento, afeta temas sociais como êxodos regionais, agravamento das crises humanitárias e tantas outras graves consequências, bem como aspectos psicológicos, mudanças climáticas, práticas de engenharia, etc., fazendo da Física um assunto integrante aos demais, com um peso similar nos aspectos interdisciplinares.

5) Quais assuntos, aliados ao contexto da Física moderna você já aprendeu ou ouviu falar em sala de aula mediante a exposição deste trabalho? (fique à vontade para escolher mais de uma opção)



O resultado apontado caracteriza a multisseriada turma presente no laboratório, onde se confere uma distribuição homogênea dos assuntos pertinentes ao currículo do ensino médio, o que sugere que na maior parte dos temas apresentados foram inseridos em seus currículos e os demais possa ser tratado de forma extracurricular. Percebe-se de forma surpreendente o assunto de condutores, isolantes e semicondutores foi difundido a uma grande parcela dos alunos (57,1%), o que sugere que o tema alcançou grande parte das turmas no ensino regular de física do ensino médio. Isso é um fator muito animador, pois ter índices em todos estes assuntos considerados traz para o professor a liberdade de se iniciar os assuntos de Física Moderna com certa segurança mediante um domínio mínimo dos conhecimentos prévios adquiridos. Tais assuntos não necessitam ser necessariamente dados com profundo conhecimento para se trabalhar com um alcance de compreensão desejado.

6) A inserção das questões sustentáveis (energias renováveis, uso dos combustíveis fósseis, etc) possui qual importância pra você no contexto do ensino atual?

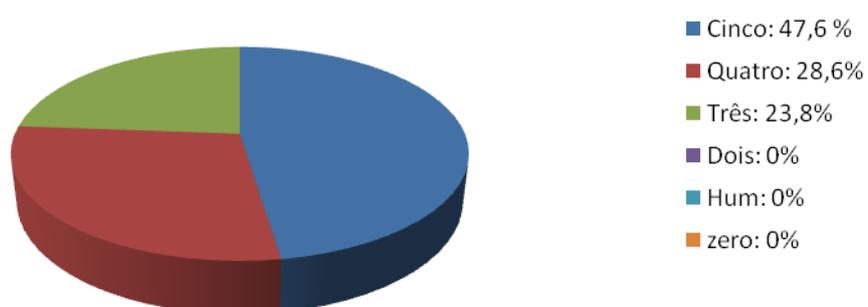


- É fundamental: 61,9%
- É complementar: 38,1%
- É atenuado: 0%
- É insignificante: 0%

O resultado nos indicadores desta pergunta revela como este assunto é acessível por parte dos alunos para ser inserido no contexto de sala de aula. Ele indica, dentre várias óticas, que provavelmente o tema sustentabilidade é de fato muito bem recebido e que pode ser mais bem explorado, não só no formato interdisciplinar, mas transdisciplinar num aspecto de viés científico; portanto, que assuma um formato de campo ampliado não só na Física como em outras disciplinas: Biologia, Química, em seminários, feira de ciências, colóquios e muito outras possibilidades exploratórias de ensino que o tema permite. O fato das opções no tema sustentabilidade como algo 'atenuado' ou 'insignificante' ser completamente ignorado pelos vinte e um alunos nos aponta um caminho acertado na escolha do assunto e sua poderosa capacidade dialética, aliada a um tema de interesse afim a ser desenvolvido pelo professor em sala de aula.

Os resultados até aqui analisados nos permite considerar um amplo debate pedagógico na interação de como o tema pode ampliar a harmonia com o corpo discente e nas suas possibilidades de ensino-aprendizagem a nível colaborativo.

7) Qual seria o grau de recomendação que você atribuiria ao trabalho desenvolvido aqui levando em conta a aprendizagem que levará consigo como bagagem cultural, de informação a ser disseminada e sua compreensão sobre o tema (em que zero você não faria ne



O bem sucedido resultado no desempenho da nota máxima deste certame atesta a enorme influência em que o tema atuou não só no aspecto cognitivo, mas além: a transmissão dos conceitos na influência extracurricular dispostos em aspectos culturais e informativos (a título de divulgação em primeira análise). A aplicação deste específico produto educacional, à luz dos resultados atingidos, explorou aspectos informativos, lúdicos, experimentais, científicos, teóricos, instrumentais e interativos. Essa sinergia revelou ser muito bem recebida, destarte quase a metade dos entrevistados darem a nota máxima nos aspectos aliados à divulgação do conteúdo para seus pares.

Estas ferramentas combinadas revelaram apresentar uma simbiose efetiva, além de ter se tornado uma poderosa ferramenta de ensino que não se perdeu em sua finalidade, destarte a quantidade dos recursos mencionados; os temas inicialmente transversais tornaram-se o devir da aula as informações complementares, de forma que suas estratégias de aprendizagem mostraram-se eficaz como ferramenta no auxílio ao professor na transmissão de temas que exigem elevada compreensão, no caso específico a Física Moderna e que poderá ser internalizados pelo alunado e transmitidos como toda boa transmissão cultural comprometida com resultados. Os aparelhos **smartphones**, **tablets** e afins revelaram ser uma ótima estratégia como alvo dos recursos explorados ao longo da oficina sendo uma espécie 'resultado final' de todos os recursos empregados no auxílio desta internalização teórica e sua posterior

retransmissão dos conteúdos adquiridos na aplicação do produto educacional se valendo da motivação do próprio aluno como elemento estratégico de divulgação da prática.



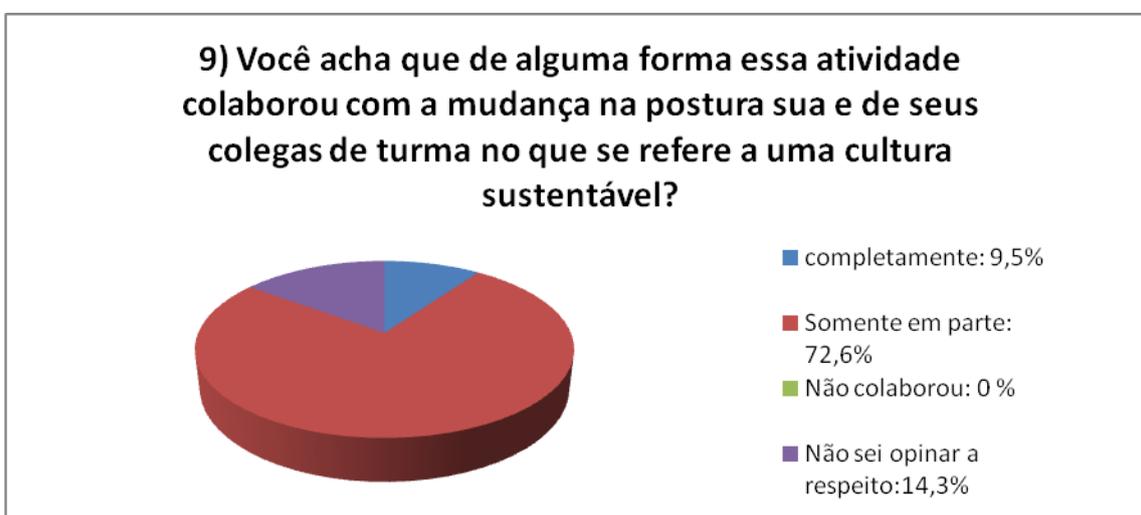
O resultado deste certame revela, devido mais da metade dos avaliados revelarem nunca ter contato com atividades experimentais em certa aproximação, uma velada deficiência na aplicação efetiva deste recurso poderoso na compreensão dos fenômenos naturais.

A Física é por natureza uma ciência experimental, que se utiliza de instrumentos lógicos, observacionais e modelares na conjuntura de sua compreensão holística. E como tal, dispõe das mais variadas ferramentas didáticas em sala de aula para análise, comprovação, validação e por fim homologação das teorias, princípios, leis, etc. contidas num curso de ensino médio, por exemplo.

Isto leva a supor que há certa relação na ausência espaços destinada para fins empíricos e a baixa eficácia no processo de aprendizagem científica por parte dos alunos. Porém, há caminhos e estratégias que podem contornar as tais deficiências mencionadas que exigem do professor uma postura mais acentuada no domínio de estratégias criativas e de improviso e que tornam o conteúdo mais lúdico e palpável com ferramentas auxiliares: uma conhecida estratégia são os experimentos de baixo custo como o utilizado na aplicação do produto educacional.

A importância dessas considerações se dá na experimentação como importante instrumento no processo de ensino-aprendizagem e que vem auxiliar a compreensão de conteúdos que envolvem a compreensão de determinados fenômenos naturais.

A aplicação deste produto educacional veio de certa forma também ampliar a divulgação da necessidade de se adotar estratégias no que compete a troca de aprendizagens, técnicas e meios de se reduzir tal deficiência tão evidente e que necessita ser amplamente discutida na busca por caminhos que nos torne autônomos nessa complexa conjuntura que envolve tantas variáveis que dificulta experimentar em sala de aula, principalmente no que concerne a falta de investimento e tantos outros impeditivos que ampliam tal necessidade.



A predominância da resposta ‘somente em parte’ revela a importância do tema abordado considerando o seu grau de importância e foi muito bom que assim prevalecesse à opinião geral.

Dada à urgência de temas tão polêmicos quanto esse, pois em nosso país, muitos outros temas graves e polêmicos atingem a realidade dos jovens alunos.

As crises sociais são demasiadamente enfrentadas; sofre-se de violência, de falta de perspectiva na inserção dos jovens no mercado de trabalho, de deficiências no ensino, de desigualdade social e tantas outras mazelas existentes, porém, numa perspectiva mais próxima, o tema ambiental de forma alguma seria um assunto menos importante neste contexto, mas para alguns,

caracterizou algo extremamente novo e alarmante em termos de fatos apontados no que se refere às urgências globais a serem enfrentadas nas próximas décadas.

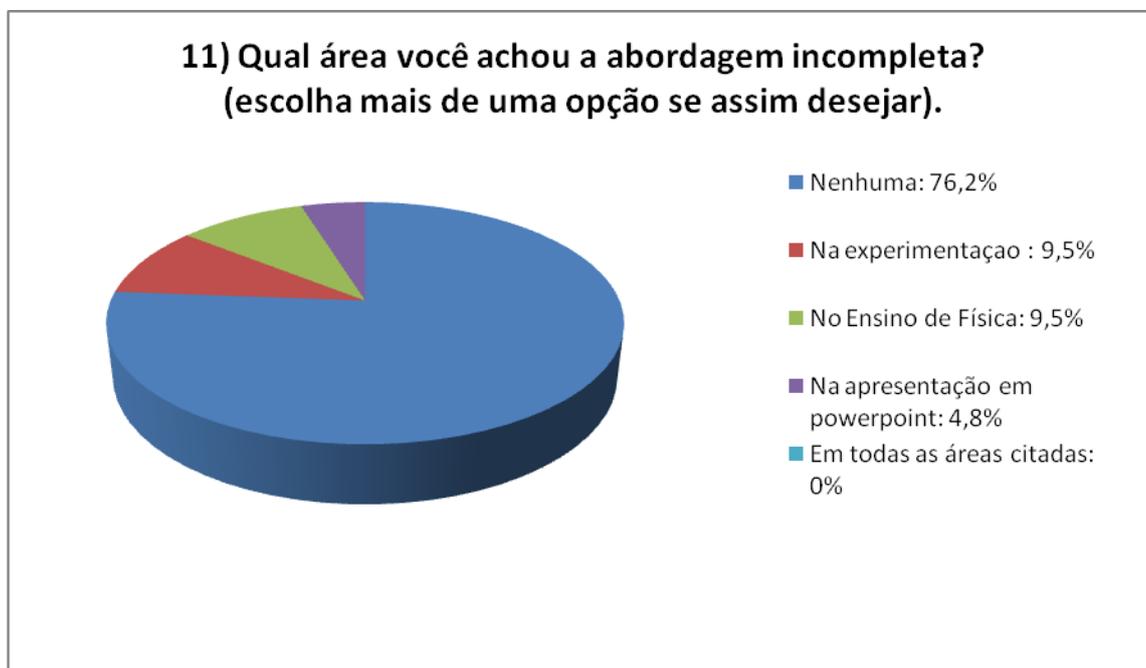


O resultado do trabalho apresentado revela a aprovação do produto educacional pelos alunos, em sua grande parte, uma vez que o trabalho teve sua predominância na sua recomendação, verificada em mais de um item.

No campo da crítica, a apreciação do produto atingiu a expectativa esperada na escolha temática no que se refere à escolha de ferramentas, metodologias de pesquisa e aprendizagem, de forma que foi aplicada no formato original de produto educacional. A aceitabilidade do projeto foi um aspecto que mereceu sua relevância e destaque por grande parte dos alunos, o que supostamente motivaria na prática, por métodos estatísticos de amostra, a boa receptividade por parte dos alunos dos mais distantes pontos do país no quesito quanto ao produto educacional. Boa parte dos entrevistados manifestou-se de forma amplamente voluntária.

Há de considerar a valiosa opinião de quem é o alvo da pesquisa em si: nisso o crivo de fidelidade na pesquisa torna-se elevado; numa 'ação inconsciente' destes alunos em transmitir e divulgar a boa prática do ensino aos

seus pares que lhes foi muito bem recebida atesta a importância no sucesso da inovação no ensino.

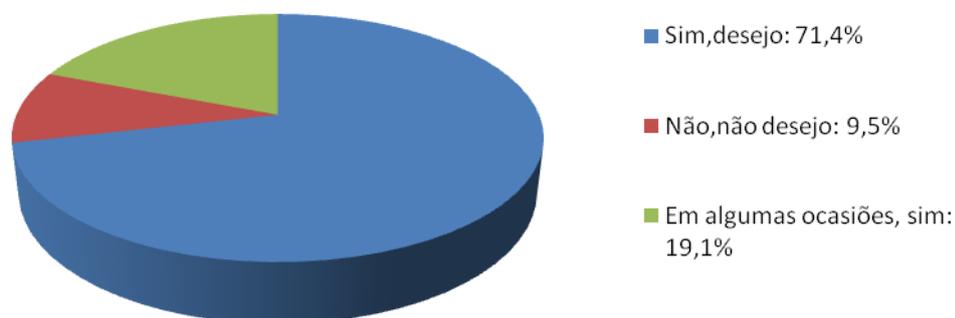


Num inesperado resultado, grande parte dos entrevistados atribuiu o conteúdo suficientemente capaz de transmitir a informação de forma completa, atestando assim a eficácia na abordagem interdisciplinar como ferramenta de transmissão de conteúdos em instituições de ensino formal. Assim, há de se considerar a bem-sucedida aplicação neste tipo de método como ferramenta eficaz na transmissão de conhecimentos e temas de forma pontual e ampliada.



Não há sensação melhor para um pesquisador do que ver seu trabalho contribuir, em qualquer escala, para a elevação do nível de ensino de sua turma e do alcance onde ele for apresentado. Qualquer profissional, ao divulgar o conteúdo de seu trabalho extensivo visa atingir o objetivo cumprido para o qual aquele trabalho foi dimensionado. E quanto ao resultado desta pergunta, os resultados não poderiam ser melhores. O compêndio não foi de modo nenhum rejeitado e aponta o cumprimento de sua função enquanto divulgação científica no ensino de Física, apontando um caminho muito fértil para sua posterior transmissão nas escolas de forma amplamente receptiva.

13) Você deseja utilizar esta célula solar fotovoltaica acoplada ao carregador de emergência em sua mochila após ter aprendido desenvolvê-lo?

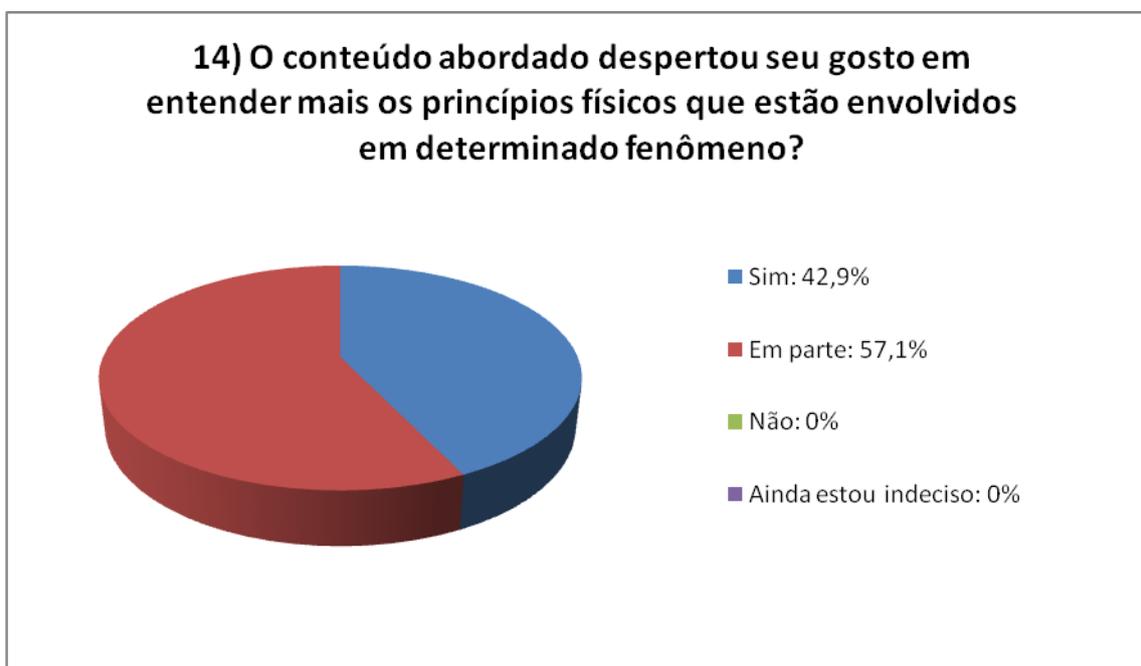


O objetivo esperado seria plenamente cumprido na aplicação do produto educacional caso tais etapas fossem atingidas em sala de aula, dentre elas:

- Alerta da tomada de consciência sobre as alterações climáticas por ações antropogênicas;
- Identificação de tais ações e possíveis neutralizações desses efeitos, muitos deles em longo prazo irreversíveis, por ações conhecidas por mitigação;
- A transmissão dos conteúdos de ensino de Física Moderna, compreendendo fenômenos quânticos a partir da Física da Matéria Condensada como semicondutores e seu efeito na aplicação do processo fotovoltaico;
- A prática experimental de forma instrumentalizada na confecção de um carregador caseiro acoplado a uma célula solar de baixo custo, aparato que visa demonstrar a conversão direta de energia radiante em energia química;
- O uso deste dispositivo nas mochilas de alunos do ensino médio.

A percepção é que tais objetivos atingiram sua parcela de contribuição de forma eficaz, em menor ou maior escala em face do exíguo e limitado tempo de aplicação de todas as etapas do projeto. Porém, destarte das condições e recursos disponíveis, o resultado da pesquisa mostrou ter cumprido em certo grau seu objetivo e tornado o ensino algo prazeroso e lúdico em certo nível,

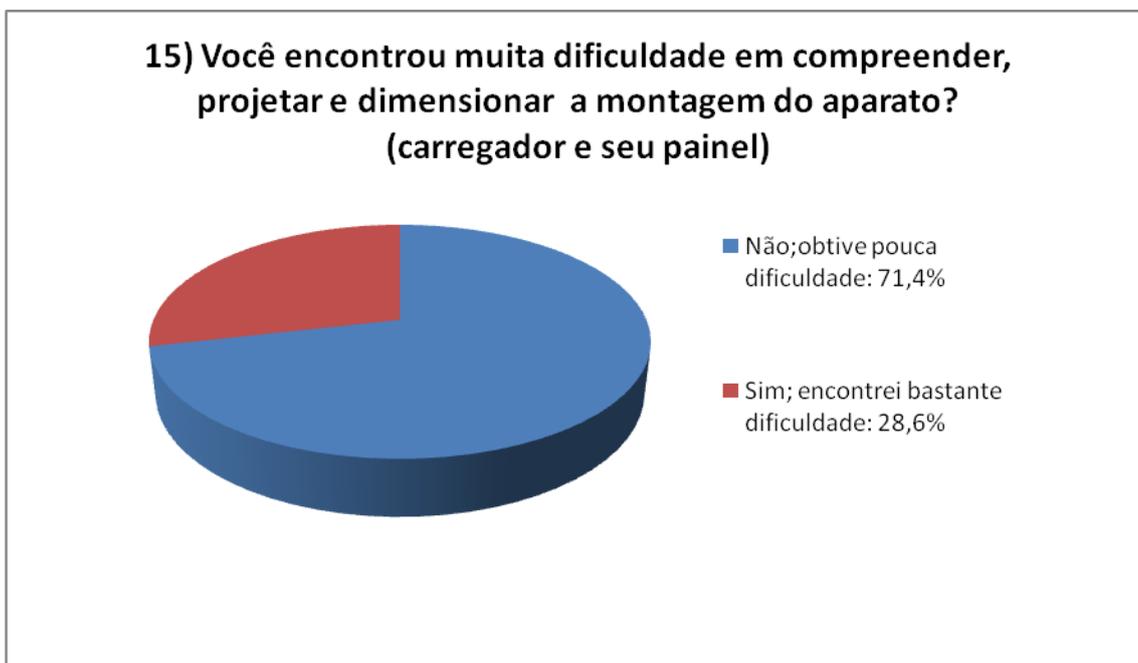
tornando assim o ensino e a aprendizagem algo sinérgico e harmônico, de forma que a recepção à ideia foi muito bem recebida por grande parte dos alunos.



Em uma escola deficiente de recursos necessários para prática experimental dotada de ferramentas em laboratório, onde o estímulo desta prática seja deficiente, a boa recepção neste tipo de experimento eleva a confiança do pesquisador na defesa e aperfeiçoamento do material mediante as demandas sociais que vierem a surgir de diretores de escolas e demais atores no cenário educativo.

Na intenção de se ampliar a divulgação nas escolas deste tipo de formato educacional é um caminho que superou dificuldades sofridas pela ciência experimental a nível nacional. E cada etapa do projeto foi essencial no objetivo final ter atingido os níveis toleráveis de sucesso e aplicação eficaz. Na educação do futuro, uma escola que compreenda as possibilidades de aprendizado e gosto pelas atividades científico – técnicas perpassam, obrigatoriamente, pela complexidade do ser humano em seus mais diversos aspectos: a visão é ampla no que se refere à utilização daquele conhecimento enquanto garantia de satisfação. A educação do futuro não espera um homem dividido e

compartimentado em uma área, mas multifacetado, interdisciplinar, conectado ao seu redor para a plenitude de sua compreensão. O sucesso na transmissão do objetivo que se deseja atingir está no campo do domínio no conhecimento deste indivíduo com o objeto a ser conhecido, tornando-se parte integrante e indissociável daquele saber. E a oferta de uma matriz revolucionária de energia é parte imprescindível do mundo atualmente conectado.



Poder-se-ia admitir o resultado acima como surpreendente e inesperado; mas a conclusão chegada foi o investimento do bem sucedido delineamento de trabalho que culminou com a compreensão eficaz e acompanhamento necessário e pertinente aos alunos na aplicação do produto educacional.

A dinâmica da montagem já tinha sido aplicada de forma experimental para fins didáticos em Dezembro de 2017 no laboratório de robótica do Colégio Pedro II no bairro de Realengo situado na cidade do Rio de Janeiro na confecção apenas do carregador caseiro de baixo custo, pois o projeto não tinha sido concluído a pleno. Neste ínterim, o mesmo possibilitou um aperfeiçoamento na previsão e sistematização da instrumentação dos componentes em aspectos como tempo médio de montagem do aparato, formas de abordagem na confecção do aparato, intervenções no auxílio à montagem em aspectos como soldagem, leitura e interpretação do diagrama unifilar, dentre outros.

A montagem foi finalizada em Dezembro de 2018, onde todos os dados foram extraídos e apresentados neste compêndio e aplicados de forma imprevisível quanto aos resultados revelados pelos alunos nessa pesquisa, mas que surtiu um excelente efeito no desenvolvimento do experimento e que não trouxe muitas dificuldades para a predominância numa parte dos elementos alvo da pesquisa, alunos de ensino médio de escola pública brasileira. Cabe mencionar que a atribuição no sucesso do aparato deveu-se também ao aspecto teórico contido no ensino de Física na compreensão dos fenômenos envolvidos e na leitura do esquema de montagem.

Das perguntas 16 até 18, o formato da pesquisa assume um formato dissertativo para que o aluno expresse sua opinião de forma mais subjetiva, de modo que contribua efetivamente no aperfeiçoamento de suas necessidades formativas na busca de seu aprimoramento do processo ensino-aprendizagem em questão. As respostas dos alunos foram reproduzidas logo abaixo num formato amostral.

(16) Gostaria de tecer ou acrescentar algum outro comentário no sentido de aprimorar a didática deste trabalho? (resposta curta)

ótimo projeto vejo que daqui um tempo não muito longe esse projeto vai estar sendo reconhecido em diversos lugares devido a sua praticidade e sua versatilidade fora que o custo é barato e totalmente acessível.

somente em que todos os habitantes desse planeta precisa se importar mais com o futuro de toda a Terra, não só de seu país como de todos.

E em todas as escolas e colegios necessitam apresenta esse tipo de trabalho aos seus alunos.

gostei demais da montagem e fui o melhor claro kkkkk brincadeira, foi um ótimo trabalho

amei o trabalho, está de parabéns!

Foi ótimo participar da criação de um carregador caseiro!

melhorar a qualidade de vida para as próximas gerações.

conhecimento, nos ensinou como fazer esse carregador elétrico.

nada

a substituição futuramente da energia limpa.

Aprender mais sobre formas de energia sustentável

a pratica

na pratica experimental da atividade

Hoje eu pude ter uma certa ideia de como simples ações podem afetar o planeta. A aula que tivemos hoje me ajudou a ter um olhar diferente, acho que daqui pra frente posso ser um pouco diferente.

sim

De poder ter aprendido uma coisa diferente

A explicação sobre a diferença de energias foi essencial pois ao saber o malefício e os benefícios dos combustíveis que utilizamos acredito que eu consiga me tornar um pouco mais sustentável

desenvolve o carregador

Mostrar aos alunos que ainda não conhecia esse conteúdo diferente, além de falar a importância do uso de outros tipos de energia em todo o mundo.

que a energia por explosão ou queima, são horríveis para o meio ambiente

a economia e melhoria para o meio ambiente.

Tudo

17) Para você, o que foi fundamental na aprendizagem deste conteúdo?

(resposta curta)

21 respostas

perda de tempo

a utilização da energia solar

a pratica

o desenvolvimento

Saber mais sobre as energias renováveis e não renováveis

Saber a importância de mudarmos nossa forma de produzir e consumir energia para conservar nosso planeta e melhorar a qualidade de vida para as próximas gerações.

melhorar a qualidade de vida para as próximas gerações.

conhecimento, nos ensinou como fazer esse carregador elétrico.

nada

a substituição futuramente da energia limpa.

Aprender mais sobre formas de energia sustentável

a pratica

na pratica experimental da atividade

Hoje eu pude ter uma certa ideia de como simples ações podem afetar o planeta. A aula que tivemos hoje me ajudou a ter um olhar diferente, acho que daqui pra frente posso ser um pouco diferente.

sim

De poder ter aprendido uma coisa diferente

A explicação sobre a diferença de energias foi essencial pois ao saber o malefício e os benefícios dos combustíveis que utilizamos acredito que eu consiga me tornar um pouco mais sustentável

desenvolve o carregador

Mostrar aos alunos que ainda não conhecia esse conteúdo diferente, além de falar a importância do uso de outros tipos de energia em todo o mundo.

que a energia por explosão ou queima, são horríveis para o meio ambiente

a economia e melhoria para o meio ambiente.

Tudo

18) Gostaria de acrescentar alguma crítica de caráter geral ou comentário ao trabalho apresentado?

21 respostas

Nada

Acho que deveria ser apresentado para mais alunos para que mais pessoas possam ter acesso às informações aqui apresentadas.

muito interessante e importante, todos deveriam aprender e ter acesso a esse conhecimento.

Foi muito bom aprender como fazer o carregador

Nãoo

ótimo projeto vejo que daqui um tempo não muito longe esse projeto vai estar sendo reconhecido em diversos lugares devido a sua praticidade e sua versatilidade fora que o custo é barato e totalmente acessível.

não
nao
Não
Não, Foi bem apresentado, apenas não tinha interesse
foi bacana, e inovador.
Nada
Acho que deveria ser apresentado para mais alunos para que mais pessoas possam ter acesso às informações aqui apresentadas.
muito interessante e importante, todos deveriam aprender e ter acesso a esse conhecimento.
Foi muito bom aprender como fazer o carregador
Nãoo
ótimo projeto vejo que daqui um tempo não muito longe esse projeto vai estar sendo reconhecido em diversos lugares devido a sua praticidade e sua versatilidade fora que o custo é barato e totalmente acessível.
somente em que todos os habitantes desse planeta precisa se importar mais com o futuro de toda a Terra, não só de seu país como de todos. E em todas as escolas e colegios necessitam apresenta esse tipo de trabalho aos seus alunos.
gostei demais da montagem e fui o melhor claro kkkkk brincadeira, foi um otimo trabalho
amei o trabalho, está de parabéns!
Foi ótimo participar da criação de um carregador caseiro!

Os depoimentos dos entrevistados demonstraram as mais variadas formas de expectativas na realização do projeto. Umas chegaram de forma pragmática quanto ao depoimento que o projeto foi uma “perda de tempo”; no entanto, boa parte dos alunos entusiasmou-se com a pesquisa, apontando o acerto no projeto enquanto modelo interdisciplinar a ser desenvolvido e aperfeiçoado, e que possa ser ampliado nos mais diversos campos epistemológicos em todas as escolas do Ensino Médio do país.

Nas mais diversas expectativas quanto ao que foi aprendida ao longo da oficina, a esperança são de que tanto na esfera docente quanto na discente o conteúdo enriquecesse o ensino e trouxesse ações afirmativas contidas no campo da sustentabilidade. Respostas no que se refere à disseminação do produto educacional em questão puder ser transmitido nas escolas possa: “melhorar a qualidade de vida para as próximas gerações” corrobora a intenção de gerar conhecimento convertidos em ações afirmativas para o

desenvolvimento sustentável do planeta quanto à boa administração dos recursos naturais de certa forma limitados em larga escala.

Afirmações como: “acho que deveria ser apresentado para mais alunos para que mais pessoas possam ter acesso às informações aqui apresentadas” reforçam a intenção original por parte do autor na ampla divulgação do ensino de forma a invadir as escolas brasileiras com a mensagem fundamental do cuidado que se deve ter com as atitudes realizadas aqui possam afetar de sobremaneira as futuras gerações, numa ampliação da consciência possa realizar a mudança de postura necessária ao entrar em contato com o tema. A questão lúdica teve sua vital contribuição e eficácia na construção do carregador, gerando a autonomia e a independência tão almejada pela boa prática educacional na autonomia do indivíduo enquanto cidadão e aprendiz.

7 CONCLUSÕES ACERCA DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

7.1 Considerações finais

A ‘pegada’ sustentável é uma realidade. Onde quer que seja apresentada, a ideia sempre é muito bem recebida. As mais diversas e originais concepções, seja de captação e reuso de águas pluviais, seja neutralização de emissão de carbono, seja de projetos de captação eólica, solar, máquinas térmicas, dínamos, reutilização de garrafas pet em foguetes, testes de eficiência energética, dentre tantas outras ideias, são altamente eficazes em seus objetivos, uma vez cumpridos todos os requisitos mínimos exigidos no desenvolvimento de cada projeto. Adequá-lo em sala de aula no formato de produto educacional esteve carregado de uma enorme satisfação, guardadas as devidas proporções no tamanho do desafio.

Num esforço hercúleo de adaptação da pesquisa aplicada à sala de aula no prazo de alguns meses até a extração de resultados, percebe-se o cumprimento da missão precípua na confecção do produto educacional- exigência indispensável dos cursos de Mestrado Nacional Profissional- contido neste compêndio. Ao se analisar um trecho extraído das Orientações Curriculares para o Ensino Médio para as escolas de ensino regular no Brasil,

encontrou a adequação do projeto em consonância aos parâmetros de ensino comuns nacionais:

Um projeto pode favorecer a criação de estratégias de organização dos conhecimentos escolares, ao integrar os diferentes saberes disciplinares. Ele pode iniciar a partir de um problema bem particular ou de algo mais geral, de uma temática ou de um conjunto de questões inter-relacionadas. Mas, antes de tudo, deve ter como prioridade o estudo de um tema que seja do interesse dos alunos, de forma que se promova a interação social e a reflexão sobre problemas que fazem parte da sua realidade. (BRASIL, 2006, p.85).

Satisfazendo o tema proposto contidos nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias: Este é o resultado da aplicação do produto educacional ao alunado da Escola Estadual Stuart Edgar Angel Jones, localizado no bairro de Santíssimo, zona Oeste do Rio de Janeiro e no laboratório de robótica do Colégio Pedro II, localizado em Realengo: o assunto da confecção de um carregador caseiro acoplado à célula solar de Silício de baixo custo, conforme relatos descritos pela maioria dos alunos foi uma concepção muito bem aceita pela maioria dos alunos que com ela tiveram contato.

De forma entusiástica e inovadora, muitos previam de forma equivocada que na sua aplicação não se viam 'capazes' em realizarem tal feito como sondado no final da aplicação do produto.

A escolha do aparato foi fruto de intensa pesquisa e adaptação aliada à disponibilidade relativamente facilitada na aquisição dos materiais, na busca incessante de redução do custo final do projeto para que mais alunos sejam contemplados, devido as mais diversas realidades socioeconômicas nacionais. Pode-se afirmar que aí constava um dos maiores desafios. O projeto torna-se assim uma opção muito adequada ao quesito custo-benefício, uma vez que cada

projeto tem uma média de custo da ordem de no máximo R\$39,70 (consulta realizada em Fevereiro de 2019).

7.2 Observações acerca da aplicação do produto e sugestões de aperfeiçoamento

Com um excelente desempenho no cumprimento dos objetivos propostos, a aplicação do produto atingiu os padrões mínimos desejáveis no resultado final. Todos os projetos executados foram bem sucedidos, de modo que, por intensivo acompanhamento do professor, nenhum componente fosse ligado de forma invertida, o que ocasionaria sua imediata queima além dos conteúdos terem sido compreendidos de forma adequada, atingindo alguns parâmetros mínimos de compreensão acerca do fenômeno de conversão direta (Figura 15).

A resposta dos questionários também gerou muita expectativa quanto à aceitação do produto por parte dos alunos. Os resultados, em sua quase totalidade, foram recebidos de forma muito positiva, e motivou todos que estiveram envolvidos neste árduo projeto, apontando uma tendência de ensino muito eficaz baseado nos conteúdos de vários campos científicos de forma interdisciplinar. Este conteúdo sugere nos resultados da pesquisa apresentarem uma boa adequação no ensino atual, numa realidade cada vez mais conectada via móvel a rede mundial de computadores, quer por dispositivos conhecidos por **smartphones** ou **tablets** e dispositivos compatíveis. Tais dispositivos é o alvo de nosso esforço na concepção do produto, de forma que recarregamos a bateria destes dispositivos por meio do aparato confeccionado.

Figura 14 – Etapas na montagem do produto educacional na Escola estadual Edgard Stewart Angel Jones no bairro de Santíssimo.



A motivação na realização da instrumentação ocorrida na montagem da célula solar acoplada ao carregador caseiro foi um exemplo de acerto na escolha do conteúdo. Mas, para que o resultado na aplicação do produto educacional atingisse parâmetros mínimos desejáveis, a abordagem do ensino de Física Moderna no ensino médio, uma profunda pesquisa foi realizada, de modo que os princípios físicos envolvidos dependessem fundamentalmente de cada realidade educacional, que difere muito de região para região em nosso país, tendo em vista as características do ensino nas mais diversas realidades, principalmente no que tange as graves deficiências no cumprimento das ementas contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de região para região.

Pensando nisto, cada detalhe foi concebido de modo a nivelar o déficit nesse 'choque de realidades': primeiro no que tange à aquisição dos materiais: os mesmos podem ser adquiridos via envio de encomenda expressa por site de compras virtuais como mercado livre ou similares (ebay ou ali express). A seletividade do projeto no quesito custo foi a todo o momento um princípio fundamental no trabalho; de modo que foi desenvolvido o reaproveitamento das baterias de íon-lítio em luminárias de emergência caseiras, bem como a proteção mecânica do aparato eletrônico conhecido como **case** componente constituinte do carregador caseiro feito de saboneteira transparente, que não ultrapassa o valor de R\$2,50 em lojas de varejo, supermercados, farmácias e drogarias e os componentes eletrônicos de preço relativamente acessível, como um diodo

1N4007 com custo aproximado de R\$1,35 por unidade (Pesquisa realizada em Fevereiro de 2018).

Obviamente, os conteúdos inseridos no fenômeno necessitam de um tratamento mais aprofundado tanto quanto se possa atingir na compreensão em sala de aula, tornando-se dependente do grau de instrução (seja da primeira série à terceira série do Ensino Médio). Portanto, há de se considerar as restrições ao tratarmos do tópico de Física Moderna, tendo sempre como contrapartida os ditos conhecimentos prévios básicos, como o domínio de conhecimento da tabela periódica dos elementos, princípio de exclusão de Pauli, o átomo de Bohr, níveis e subníveis de energia, condutores e isolantes, camadas de valência, ligações intra e intermoleculares, etc. componentes constituintes das ementas dos alunos do ensino médio nas disciplinas de Química e Física do ensino médio.

Foi dito anteriormente que para avançarmos na compreensão do ensino da mecânica quântica, deve nos valer de conhecimentos originariamente prévios e que nisto cada professor adapte sua realidade da forma que melhor lhe convier o projeto que lhe está sendo entregue em mãos. Porém, orienta-se que a aplicação deste produto educacional não seja de modo algum desvinculada do ensino de Mecânica Quântica aos alunos, objetivo maior deste curso no que se refere ao seu objetivo: a proposta da inserção da Física Moderna nas escolas brasileiras de Ensino Médio.

Tal adequação espera forjar os alunos para o mundo que nossas gerações futuras terão demasiados desafios ambientais, certamente muito mais graves dos que hoje as gerações atuais já vivem, com maiores migrações de refugiados ambientais, aumento na incidência de furacões e tornados, além da diminuição na qualidade do ar, principalmente das grandes cidades industrializadas, além de apresentar uma proposta singela do domínio básico contido nos conteúdos do currículo básico de ensino de Física Moderna para a realidade voltada para o mercado de trabalho. Além disso, convidar o aluno a repensar um modelo construtivista na vida do indivíduo alvo deste ensino, ensinando de certa forma de que o trato como o meio ambiente conflita o ter em detrimento do ser: Espera-se de forma muito franca a consciência coletiva do cuidado ao próximo e principalmente das futuras gerações, na aposta à despertar a consciência individual rumo a mudanças na postura que culminem em

atitudes conscientemente coletivas com posteriores mudanças no hábito consumista e de consumo linear para uma postura sustentável de economia circular.

No que tange ao ensino de Física nas escolas a introdução, de acordo com a disponibilidade curricular na aplicação do produto como assuntos relacionados ao campo da Mecânica Quântica, quanto ao comportamento atômico-molecular da matéria condensada, bem como eletrodinâmica, da associação de componentes elétricos como resistores e diodos, além de práticas ambientais situados no currículo Educação para o Desenvolvimento Sustentável neste caso específico foram alguns dos recursos didáticos disponíveis dentre tantos. Poderíamos adaptar e reconfigurar alguns desses tópicos dependendo do quão relacionado tal assunto esteja com a natureza do produto educacional. Não caberia aqui o ensino de magnetismo ou de movimento oblíquo ao assunto, ao menos em primeira aproximação. Quanto ao quesito de plasticidade nesse tipo de atividade, cada professor pode livremente adequar ao nível de ensino dado a cada série e escolaridade dos vários níveis escolares atingidos pelo alunado.

Ao final deste longo tratado, nos é feito o desafio conclusivo no convite à lógica da reflexão que deve ser levada em consideração a tudo que foi apresentado neste compêndio...

Num ambiente de suposições e hipóteses, imaginemos os seguintes cenários: o primeiro, em que todos os fatos na ação com base nas pesquisas científicas mencionadas neste tratado fossem demasiadamente elevados e mais tarde obteríamos elevados níveis de melhoras na redução destas emissões ou um segundo cenário de que estaríamos corretos na previsão no incremento das emissões dos GEE apresentados e reduzíssemos sensivelmente e de forma limitada tais reduções. Qual cenário previsto seria mais desejável? Em tais cenários, agir com base nos efeitos de tais resultados teria como consequências efeitos carregado de ações afirmativas, para mais ou para menos.

Agora, num possível cenário em que nenhuma medida emergencial fosse adotada, os efeitos num cenário de previsão que posteriormente se mostrassem corretos poderiam gerar ações apressadas e com consequências negativas irreversíveis num possível comprometimento da sobrevivência das futuras

gerações, ou numa previsão que futuramente se mostrasse equivocada por parte dos cientistas os níveis permanecer-se-iam os mesmos.

Entenda como cenário de efetivas ações no estímulo às energias renováveis, no aumento da eficiência energética e na proteção das biodiversidades como panorama. Num cenário sem ações – entenda como não pôr em prática nenhuma medida sustentável - o caos estabelecer-se-ia se tais previsões fossem futuramente concluídas como corretas. Em um cenário de ações, a decisão de modo nenhum seria desastrosa. Em um cenário de inércia, enfrentaríamos o risco fatal de comprometimento das próximas gerações tendo como possível consequência à sobrevivência das espécies.

REFERÊNCIAS

ALVES, Esdras Garcia; DA SILVA, Andreza Fortini. Usando um LED como fonte de energia. **Revista A Física na escola**, São Paulo, v. 9, n. 2, 2º trimestre 2008. Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: 16 ago. 2016.

BOLEYSTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos**. 11. ed. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2013.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF: Ministério da educação, 2006.

NARDI, Marlon. **Como fazer um carregador para celular! Passo a passo fácil.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wHvshVLrjo8&t=111s>
Acesso em: 13 abr. 2017.

COLE, M.; SCRIBNER, S. In: VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente.** 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

SILVA, Reginaldo Chiquito da et al. Células solares caseiras, 2004, 6 f. **Revista Brasileira de Ensino de Física** - Laboratório de Semicondutores, Departamento de Física da UFSCAR. Disponível em: www.sbfisica.org.br.
Acesso em: 09 ago. 2016.

FERRARI, N.; SCHEID, N. M. J. In: NEDER, Ricardo T. (org) **CTS ciência tecnologia sociedade – e a produção de conhecimento na universidade.** 4. ed. Brasília: UNB, 2013.

VIDEIRA, A. A. In: NEDER, Ricardo T. (org). **CTS ciência, tecnologia e sociedade – e a produção de conhecimento na universidade** / Brasília número 4. ISSN 2175-2478, 2013.

GRUPO de Reelaboração do Ensino de Física. Física três: Eletromagnetismo. 5. ed. São Paulo: USP, 2007.

KALOUGIROU, Soteris A. **Engenharia de energia solar – processos e sistemas.** 2. ed. tradução: Luciana Arissawa. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

VALADARES, Eduardo de Campos; CHAVES, Alaor; ALVES, Esdras Garcia. **Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia.** São Paulo: Livraria da Física, 2005.

MORIN, EDGAR. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** 2. ed. rev. São Paulo: Cortez, 2011.

OLIVEIRA, Z. de M. R. de. A natureza do ensino segundo uma perspectiva sociointeracionista. **Revista Ande**, v. 18, p. 37-40, 1992.

PALANGANA I. C. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky:** a relevância do social. São Paulo: Summus, 2015.

PHILLIP JR., Arlindo et al. **Interdisciplinaridade em ciências ambientais.** São Paulo: Signus editora, 2000.

Quinto relatório IPCC de mudanças climáticas **AR5 WGII / IPCC ONU**, 2014.

REGO, T. C. **Vygotsky:** uma perspectiva histórico-cultural da educação. 25. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

SCHAEFFER R. In: NUSSENZVEIG, H. MOYSÉS (org.) **O futuro da Terra**. Rio de Janeiro: editora FGV, 2011.

SEVERINO, Antônio Joaquim. A formação profissional do educador: pressupostos filosóficos e implicações curriculares. **Revista da ANDE**, São Paulo. p. 17, 29-40, 1991.

STERN, Nicholas Hebert. **O caminho para um mundo mais sustentável**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MEZZARROBA, Orides; MONTEIRO, Cláudia Servilha. **Manual de Metodologia da Pesquisa no Direito**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

Apêndice A

Produção de petróleo por continente e país de 2008 a 2017

Tabela 1.2 – Produção de petróleo, segundo regiões geográficas, países e blocos econômicos – 2008-2017

Regiões geográficas, países e blocos econômicos	Produção de petróleo (mil barris/dia)									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total	83.067	81.284	83.325	84.027	86.229	86.570	88.721	91.547	92.023	92.649
América do Norte	13.156	13.444	13.841	14.314	15.555	16.946	18.823	19.726	19.292	20.112
Canadá	3.207	3.202	3.332	3.515	3.740	4.000	4.271	4.389	4.470	4.831
Estados Unidos	6.784	7.263	7.549	7.859	8.904	10.071	11.768	12.750	12.366	13.057
México	3.165	2.978	2.959	2.940	2.911	2.875	2.784	2.587	2.456	2.224
Américas Central e do Sul	7.439	7.385	7.410	7.449	7.373	7.403	7.663	7.759	7.418	7.182
Argentina	804	731	714	668	658	647	640	649	626	593
Brasil ¹	1.897	2.029	2.137	2.179	2.145	2.110	2.341	2.525	2.608	2.734
Colômbia	588	671	786	915	944	1.004	990	1.006	886	851
Equador	507	488	488	501	505	527	557	543	548	531
Peru	122	147	158	153	154	167	169	145	128	127
Trinidad e Tobago	152	150	145	137	117	116	114	109	97	99
Venezuela	3.228	3.038	2.842	2.755	2.704	2.680	2.692	2.631	2.387	2.110
Outros	140	131	140	141	147	152	159	152	140	135
Europa e Eurásia	17.615	17.771	17.701	17.392	17.133	17.189	17.220	17.505	17.728	17.807
Azerbaijão	916	1.027	1.037	932	882	888	861	851	838	795
Cazaquistão	1.485	1.609	1.676	1.684	1.664	1.737	1.710	1.695	1.655	1.835
Dinamarca	287	265	249	225	204	178	167	158	142	138
Itália	108	95	106	110	112	114	120	113	78	86
Noruega	2.466	2.349	2.137	2.039	1.917	1.838	1.889	1.946	1.995	1.969
Reino Unido	1.549	1.469	1.356	1.112	946	864	852	963	1.013	999
Romênia	99	94	90	89	83	86	84	83	79	76
Rússia	9.969	10.157	10.383	10.538	10.660	10.809	10.860	11.009	11.269	11.257
Turcomenistão	222	218	212	215	225	232	241	261	253	258
Uzbequistão	102	95	78	77	68	63	61	59	58	54
Outros	411	394	378	371	371	380	374	365	349	341
Oriente Médio	26.517	24.818	25.834	28.082	28.523	28.194	28.496	30.023	31.849	31.597
Arábia Saudita	10.663	9.663	10.075	11.144	11.635	11.393	11.505	11.994	12.402	11.951
Catar	1.438	1.421	1.638	1.834	1.939	2.002	1.985	1.958	1.970	1.916
Coveite	2.784	2.499	2.560	2.913	3.169	3.129	3.101	3.065	3.145	3.025
Emirados Árabes Unidos	3.113	2.783	2.915	3.285	3.430	3.543	3.599	3.873	4.020	3.935
Iêmen	316	308	307	221	178	198	153	64	43	52
Irã	4.421	4.292	4.430	4.472	3.820	3.617	3.724	3.862	4.602	4.982
Iraque	2.428	2.446	2.469	2.773	3.079	3.103	3.239	3.986	4.423	4.520
Omã	757	813	865	885	918	942	943	981	1.004	971
Síria	406	401	385	353	171	59	33	27	25	25
Outros	193	192	192	201	184	209	214	213	214	220

Apêndice B

Reservas de petróleo mundial por continente e país de 2008 a 2017

Tabela 1.1 – Reservas provadas de petróleo, segundo regiões geográficas, países e blocos econômicos – 2008-2017

Regiões geográficas, países e blocos econômicos	Reservas provadas de petróleo (bilhões barris)								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total	1.496,0	1.535,1	1.643,1	1.681,3	1.690,8	1.698,7	1.702,4	1.689,6	1.697,1
América do Norte	216,6	217,8	221,5	225,3	229,3	232,6	237,9	227,5	227,7
Canadá	178,3	175,0	174,8	174,2	173,7	173,0	172,2	171,5	170,8
Estados Unidos	28,4	30,9	35,0	39,8	44,2	48,5	55,0	48,0	50,0
México	11,9	11,9	11,7	11,4	11,4	11,1	10,8	8,0	7,2
Américas Central e do Sul	198,3	237,2	325,2	327,9	328,6	330,5	332,0	329,3	328,9
Argentina	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4	2,4	2,2
Brasil	12,8	12,9	14,2	15,0	15,3	15,6	16,2	13,0	12,6
Colômbia	1,4	1,4	1,9	2,0	2,2	2,4	2,4	2,3	2,0
Equador	6,5	6,5	7,2	8,2	8,2	8,8	8,3	8,3	8,3
Peru	1,1	1,1	1,2	1,2	1,4	1,6	1,4	1,2	1,2
Trinidad e Tobago	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,2
Venezuela	172,3	211,2	298,5	297,6	297,7	298,4	300,0	300,9	301,8
Outros	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Europa e Eurásia	159,0	158,0	157,9	158,0	158,2	157,2	154,6	154,9	157,9	
Azerbaijão	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
Cazaquistão	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
Dinamarca	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,5	0,4	
Itália	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	
Noruega	7,5	7,1	6,8	6,9	7,5	7,0	6,5	8,0	7,6	
Reino Unido	3,1	2,8	2,8	3,1	3,0	3,0	2,8	2,5	2,3	
Romênia	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Rússia	106,4	105,6	105,8	105,7	105,5	105,0	103,2	102,4	106,2	
Turcomenistão	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Uzbequistão	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Outros	2,1	2,3	2,2	2,2	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	
Oriente Médio	753,7	753,1	765,9	797,9	799,3	802,9	803,1	802,9	807,7	
Arábia Saudita	264,1	264,6	264,5	265,4	265,9	265,8	266,6	266,5	266,2	
Catar	26,8	25,9	24,7	23,9	25,2	25,1	25,7	25,2	25,2	
Coveite	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	
Emirados Árabes Unidos	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	
Iêmen	2,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
Irã	137,6	137,0	151,2	154,6	157,3	157,8	157,5	158,4	157,2	
Iraque	115,0	115,0	115,0	143,1	140,3	144,2	143,1	142,5	148,8	
Omã	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,2	5,3	5,4	
Síria	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Outros	0,1	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	
Ásia-Pacífico	8.076	8.028	8.436	8.296	8.362	8.257	8.327	8.405	8.050	7.879
Austrália	538	507	548	483	479	407	436	384	359	346
Brunei	175	168	172	165	159	135	126	127	121	113
China	3.814	3.805	4.077	4.074	4.155	4.216	4.246	4.309	3.999	3.846
Índia	803	816	882	916	906	906	887	876	856	865
Indonésia	1.006	994	1.003	952	918	882	852	841	882	949
Malásia	731	691	726	660	662	626	650	696	704	697
Tailândia	360	375	389	419	457	452	450	468	475	465
Vietnã	309	341	323	327	358	361	373	403	374	335
Outros	341	330	315	299	287	272	307	299	280	263
Total Opep	37.029	34.596	35.665	36.478	38.034	37.004	36.945	38.362	39.601	39.436
Total não Opep	46.039	46.688	47.660	47.549	48.195	49.565	51.775	53.186	52.422	53.213

Fontes: BP Statistical Review of World Energy 2018; para o Brasil, ANP/SDP, conforme o Decreto nº 2.705/1998.

Notas: 1. Inclui óleo de folhelho (shale oil), óleo de areias betuminosas (oil sands) e LGN.

Apêndice C

Quantidade de linhas móveis em operação no Brasil por região com suas respectivas densidades por habitante (Março 2018)

Regiões	Acessos em Serviço	Densidade por 100 Habitantes (1)
Brasil	235.786.195	113,54
Centro-Oeste	20.001.714	125,99
DF	4.894.182	161,02
GO	7.857.435	115,91
MS	3.219.649	118,67
MT	4.030.448	120,51
Nordeste	55.126.284	96,28
AL	3.084.390	91,37
BA	14.399.014	93,84
CE	9.066.302	100,51
MA	5.543.312	79,19
PB	4.074.930	101,23
PE	9.965.347	105,19
PI	3.416.442	106,13
RN	3.498.027	99,74
SE	2.078.520	90,84
Norte	16.303.818	90,90
AC	768.072	92,58
AM	3.526.928	86,79
AP	717.573	89,95
PA	7.278.011	86,99
RO	1.871.954	103,66
RR	492.414	94,22
TO	1.648.866	106,37
Sudeste	109.459.612	125,89
ES	3.812.355	94,92
MG	22.492.834	106,50
RJ	20.646.400	123,49
SP	62.508.023	138,61
Sul	34.894.767	117,71
PR	13.277.907	117,29
RS	13.569.854	119,84
SC	8.047.006	114,94

FONTE: Site ANATEL www.anatel.gov.br/dados. acesso em 06/08/2018

Anexo 1 – Roteiro experimental de atividades

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
ROTEIRO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL**

TÓPICOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA: CONFEÇÃO DE
CARREGADOR CASEIRO DE BAIXO CUSTO ACOPLADO À CÉLULA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA
SMARTPHONES E OUTROS DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS

ORIENTADOR: JAIME FERNANDO VILLAS DA ROCHA
MESTRANDO: LEANDRO BRITTO DO NASCIMENTO

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução.....	98
Capítulo 2 Apresentação.....	100
2.1 - O desafio na tomada da consciência ambiental.....	101
2.2 –A radiação solar: nossa fonte inesgotável de energia.....	102
3 - O ensino da Física como princípio na atividade instrumental – fundamentação teórica.....	104
3.1 - O espectro de radiação solar.....	104
3.2 - Radiação solar e efeito fotoelétrico.....	106
3.3 - Circuitos de corrente contínua, potência e energia elétrica.....	108
3.3.1 - Circuitos em série de corrente contínua.....	110
3.3.2 - Circuitos em paralelo de corrente contínua.....	
Tópicos em Mecânica Quântica.....	111
3.4.1 - O atomismo de Bohr e a precursão da teoria quântica.....	114
3.4.2 - O aprimoramento da teoria quântica: a lei de Planck e o efeito fotoelétrico proposto por Albert Einstein.....	115
3.4.3 – O comportamento dualístico da luz e do elétron: A partícula- onda.....	116
3.4.4 – A função de onda de De Broglie e o modelo de orbitais.....	118
3.4.5 – A Física da Matéria Condensada: condutores, semicondutores e isolantes.....	120
3.4.6 – A camada de valência nos semicondutores e a tabela periódica.....	122
3.4.7 – Comportamento dos semicondutores: dopagem e condutividade elétrica ²	125
3.4.8 – Junção p-n de Silício e Diodos.....	128
4 – Manual de construção do aparato (powerbank caseiro e célula solar de Silício).....	129
4.1 – Considerações iniciais: A célula solar.....	129
4.2 – Primeira atividade: construção e montagem da célula solar de silício acoplada ao powerbank caseiro.....	131
4.2.1 – Lista de ferramentas (quantidades estimadas por projeto).....	132
4.2.2 - Lista de material para montagem do aparato.....	133
4.3 - Instruções de montagem do powerbank caseiro acoplado à célula solar de Silício.....	135
4.3.1 - Cálculo do rendimento ou eficiência do arranjo série-paralelo das células solares de Silício.....	137
Exercícios.....	137
Apêndice A.....	140
Referências Bibliográficas.....	141

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A motivação que nos leva propor o presente roteiro experimental propõe prioritariamente mediar, na figura do professor para você, aluno do Ensino Médio das escolas brasileiras, o estímulo da aprendizagem do Ensino de Física Moderna instrumentalizada por dispositivos eletrônicos baseados em materiais semicondutores, numa abordagem introdutória.

A Física do funcionamento destes dispositivos baseia-se no comportamento de condutividade eletrônica a nível atômico, governados pelos domínios contidos no campo da Mecânica Quântica. Isto nos permite apresentar o princípio que norteia seu funcionamento, tornando o campo fértil para o ensino de Física em nosso país baseado em alguns alicerces: a sociointeração mediada numa estrutura alicerçada na tríade – ciência; desenvolvimento sustentável; instrumentação – atividade muito prazerosa e útil pra fins práticos e didáticos.

A metodologia virá acompanhada da interdisciplinaridade aplicada ao contexto do uso racional dos recursos naturais baseado em princípios norteadores voltados à tomada da consciência sócio ambiental, um tema tão em voga na sociedade contemporânea, reaproveitando materiais inutilizados em sua função principal.

O manual sugere a instrumentação das seguintes atividades em sala de aula:

3) - Montagem de um carregador **powerbank** artesanal de baixo custo advinda da associação da bateria íon-lítio reaproveitada de luminárias de emergência; e:

4) - Montagem de uma associação de células solares unitárias de baixo custo com 1,2w de potência que será acoplado ao **powerbank**;

Partindo desta proposta, obrigatoriamente supervisionada pela mediação de um professor habilitado mediante auxílio desta coletânea (composto por manual e apresentação em formato PowerPoint ©), sugere-se o projeto e montagem de um carregador **powerbank** caseiro acoplado a uma célula solar de baixo custo e de forma convenientemente acessível a ser inserido em sua mochila para carga de uma bateria para alimentar seu dispositivo eletrônico: um **smartphone**, **tablet e uma gama de outros dispositivos eletrônicos**.

Toda esta metodologia busca a criação de um ambiente rico de pluralidades no ensino de ciências, principalmente na interação de áreas afins aliada ao reaproveitamento de recursos, sejam eles materiais ou naturais, baseados na economia circular.

O conceito de economia circular propõe um reaproveitamento sistemático de tudo que é produzido, modificando a relação com os resíduos advindos do esgotamento do seu ciclo útil; em contrapartida, o processo atualmente adotado baseado na economia linear vai da extração do recurso natural ao descarte. Portanto, o processo racional desejado baseia-se em prover caminhos geradores da tomada de consciência na mudança da postura por meio da Educação no trato com o meio ambiente; valendo-se do reaproveitamento do bem de consumo, que o transforma de resíduos em insumos, retornando à cadeia produtiva.

Na aposta do estímulo ao desenvolvimento científico como instrumento para uma remodelação ética tradicional de ensino contextualizado– numa pequena escala, mas que apele e estimule– à tomada de consciência na crise do esgotamento cada vez maior dos recursos naturais geradores do desequilíbrio climático, num esforço de medidas individuais e sociais que visem à redução de impactos ambientais conhecido como mitigação. Para nós, vale a máxima, ainda mais praticada nos atuais tempos de reestruturação econômica que passa nossa nação: MENOS É MAIS!

Apresentado em sala de aula na forma de um produto educacional, o presente roteiro constitui-se como parte integrante do trabalho de dissertação do programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), coordenado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e sediado no polo 30 da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

Capítulo 2

APRESENTAÇÃO

2.1 O DESAFIO NA TOMADA DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL

Em resposta ao movimento gerado pelos constantes alertas de uma urgência global a ser assumida, esforços vêm sendo feitos no sentido principalmente de gerar uma consciência ambiental na sociedade como um todo, no âmbito de incentivos de práticas que aumentem a eficiência energética, fomentem o uso de fontes primárias de energia que minimizem a agressão e o impacto direto ao meio ambiente com o intuito de sejam assumidas práticas que chamamos de sustentáveis. A sustentabilidade, segundo a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) baseia-se na problemática econômica do esgotamento de recursos naturais que coloca em risco a sobrevivência da humanidade no futuro.

Após a revolução industrial do século XVIII, a crescente demanda por maior quantidade de energia, principalmente elétrica, nos moldes voltados para a produção mundial foi necessária; o aumento do processo que exigem recursos que atualmente são extraídos de fontes poluentes e limitadas são comprovadamente responsáveis para piora da qualidade de vida e da saúde da população, ano após ano, principalmente nos grandes centros urbanos. Uma preocupação de se fazer valer estratégias e meios no âmbito em se preservar o meio ambiente vem sendo discutida amplamente a nível mundial. A extinção gradual de matrizes energéticas não renováveis, principalmente os combustíveis fósseis, responsáveis por emissões de poluentes e Gases de Efeito Estufa, comprometedores do futuro planetário, é uma dos temas em voga.

Entende-se por principais fontes energéticas não renováveis: o petróleo, o carvão e o gás natural, oriundos de processos fotossintéticos, seguidos de complexas reações químicas de decomposição submetidas a altíssimas temperaturas e pressões por longo período de tempo. Combustíveis fósseis ainda são responsáveis pelo maior fornecimento de energia para a mobilidade rural e urbana, mas até recentemente, isso não era uma preocupação. As matrizes que não emitem Gases de Efeito Estufa (GEE) categorizados como fontes alternativas de energia (de fonte solar, eólica, maremotriz, energia de biomassa como cana-de-açúcar, etc. são alguns dos exemplos) com emissão equivalente a absorção de gás carbônico (CO_2), um dos principais GEE (bagaço

de cana-de-açúcar, biodiesel) e energia nuclear estão como as promissoras substitutas daquelas matrizes poluentes e com prazo de esgotamento estabelecido.

Outra constatação refere-se no que concerne ao esgotamento dos recursos não renováveis; tais fontes possuem prazo limitado de extração, porém são atualmente no mundo moderno os principais elementos estratégicos fornecedores de energia como mobilidade urbana, geração de energia elétrica, e de produção industrial.

Portanto, esforços neste sentido tornam-se prementes na migração de opções alternativas de energia no sentido de se minimizar impactos ambientais por ora irreversíveis causados no meio ambiente e na liberação dos produtos desta extração.

Alguns exemplos no sentido de se combater alarmantes emissões são o aumento da eficiência energética em máquinas e equipamentos; instalação de painéis solares fotovoltaicos como fornecimento e produção de energia a nível residencial urbano, bem como a implantação de parques solares e eólicos em regiões com oferta de energia solar e ventos abundantes em nível de distribuição nacional.

A tendência do mercado na projeção dos anos seguintes consiste no aumento da demanda na disponibilidade de carros elétricos e híbridos (estes últimos movidos a combustão e eletricidade) vem logrando um rápido aperfeiçoamento, dada sua altíssima eficiência energética que beira os 80%; ou seja, a bateria fornece energia química e o motor elétrico a transforma em energia de movimento (cinética) e destas, oito em cada dez 'unidades de energia' são reaproveitadas, enquanto que os motores à combustão interna nas mesmas condições beira a faixa dos 23%. Tais veículos irão a médio prazo substituir lenta e progressivamente os tradicionais carros à combustão interna que queimam combustíveis fósseis. A projeção é de que em alguns anos essa seja a matriz energética substituta neste tipo de segmento.

2.2 A RADIAÇÃO SOLAR: NOSSA FONTE INESGOTÁVEL DE ENERGIA.

A energia solar é a fonte mais abundante disponível, pois possui um poço ilimitado de oferta de energia durante alguns bilhões de anos à frente, na forma de radiação solar, a qual sustenta quase toda a permanência de vida na Terra por meio principalmente do processo fotossintético – fundamental à sobrevivência humana- que conduz o clima terrestre.

"(...) Aproximadamente, 74% da massa solar é hidrogênio, 25% é hélio e o resto é composto por pequenas quantidades de elementos mais pesados. Apresenta um diâmetro aproximado de $1,5 \cdot 10^8$ quilômetros. Com uma dimensão volumétrica $3,3 \cdot 10^4$ vezes maior do que a Terra, o Sol possui uma temperatura em sua superfície de casca (fotosfera) de $5,5 \cdot 10^3$ Kelvin com produção baseado num processo conhecido como fusão termonuclear (...)"
(KALOUGIROU, 2016 p.26).

Apresenta uma temperatura de cor originalmente branca, mas pela dispersão atmosférica terrestre, dá-nos a impressão de ser amarela. A maior vantagem na energia solar, comparada a outras formas de energia, é que ela é limpa e pode ser fornecida sem poluição do ambiente, exceto no seu processo fabril associado.

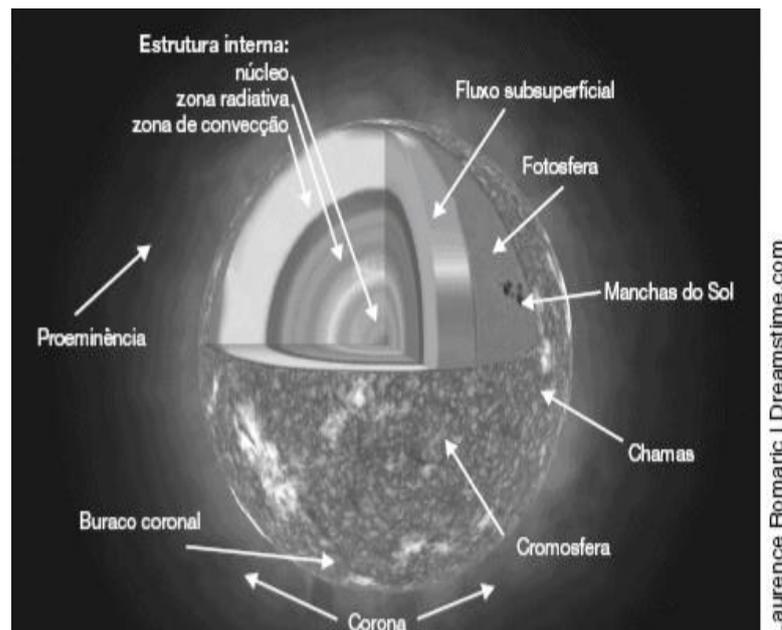


Figura 1: A composição solar – fonte: ilustrações de Laurence Romanic do site www.dreamstime.com. Acesso em: 29/11/2018.

O Sol provê energia com sazonalidade adequada em parte do clima tropical brasileiro -de preferência em regiões equatorianas- e determina um sistema de fornecimento previsível. Atualmente, sistemas conversores de energia solares mais utilizados é o térmico, em aquecimento passivo e o fotovoltaico, o de sua conversão direta em energia elétrica e objetivo desse tratado.

A disponibilidade da energia solar na superfície terrestre varia conforme o local e a época do ano. O sol fornece irradiância na superfície terrestre realizando processos fundamentais como ciclos da água, formação de ventos e correntes de ar e fotossíntese; tais processos são essenciais à sobrevivência humana.

O maior desafio nesta modalidade de produção de energia consta no estudo e na previsão da radiação solar, nos meios utilizados para sua captação e armazenamento. A discussão desse parágrafo é realmente uma das limitações desse tipo de energia para o fornecimento de escalas maiores, como mobilidade urbana (transportes) e fornecimento de energia elétrica em escalas comerciais e industriais. Nem todos os locais dispõem de fornecimento do sol de forma constante durante todo ano.

Algumas regiões globais são bastante limitadas neste aspecto, com entrega máxima de algumas horas diárias e fatores dependentes da sazonalidade de chuvas e inverno, quando não se pode captar tal modalidade de energia.

Um dado interessante sobre a energia solar é que, se por alguma possibilidade, pudéssemos captar e armazenar toda a radiação solar que banha nosso planeta por aproximadamente uma hora, teríamos energia excedente para suprir a necessidade da demanda energética mundial por um ano! Isso é um fator animador, pois a única limitação neste processo de obtenção não é ausência de demanda e sim nossa limitada capacidade tecnológica. (NETO [et al], 2017 p. 26).

Capítulo 3

O ENSINO DA FÍSICA COMO PRINCÍPIO NA ATIVIDADE INSTRUMENTAL – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – O ESPECTRO DE RADIAÇÃO SOLAR

Como mencionado acima, o sol emite luz de cor branca de aproximadamente 5700 Kelvin de temperatura . Porém, a cor branca compõe-se de sete cores monocromáticas, o que chamamos primárias: violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. A luz solar pode ser decomposta facilmente por um prisma que refrata e separa as sete cores num espectro descontínuo da luz branca.

As cores são ondas eletromagnéticas que possuem três grandezas associadas: velocidade com valor constante $c = 3 \cdot 10^8$ m/s., comprimento de onda λ (em metros) e a frequência f (em Hertz, s^{-1}) expressas por:

$$(I)$$

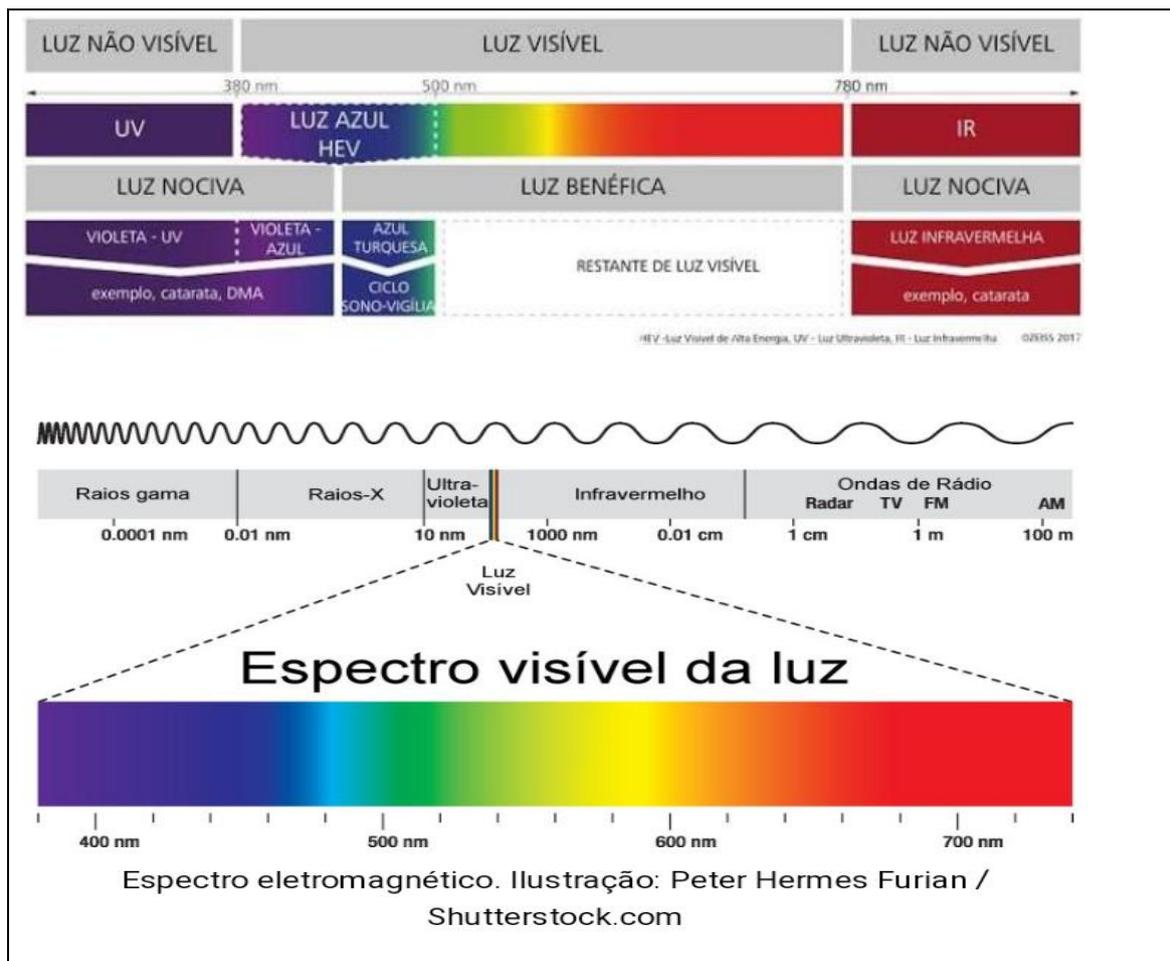
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Uma onda eletromagnética (EM) é uma propagação de projeções transversais (perpendiculares) entre um vetor direção, o campo elétrico e o campo magnético oscilando de forma que os máximos do campo elétrico coincidam com os mínimos do campo magnético, e vice-versa.

O espectro de ondas eletromagnéticas abrange um vasto campo de onda, cada uma com seu comprimento de onda λ característico que vão das altas frequências de radiações (nocivas à espécie humana), conhecidas como radiações ionizantes advindas do espaço cósmico, passando por raios gama, raios X, radiações ultravioleta (U.V.A , U.V.B e U.V.C), ondas infravermelhas, ondas de rádio, celular e radares, etc. O espectro da luz do sol emitem faixas que vão dos raios ultravioletas, as cores monocromáticas da luz visível (sensíveis à percepção de nosso aparelho visual) bem como a radiação infravermelha, com todas as radiações compreendidas estão contidas nesse espectro numa banda muito estreita compreendendo a faixa que vai de 350 até 750 **nm** de comprimento de onda; porém, nela está contida toda nossa

percepção visual de campo visual; e com relação às sensações, em termos de emissão e absorção de calor (como o ferro de passar roupa e até nosso corpo) e emissão de luminosidade como as sensações térmicas, temos a faixa do infravermelho e de bronzeamento da pele as faixas do ultravioleta (figura 2). Como o nosso estudo baseia-se no estudo da radiação do corpo negro solar, apresentamos o espectro de emissão de a luz solar contido na figura.

Porém cada elemento na natureza emite seu espectro de radiação eletromagnética. No sol, verificamos os elementos contidos na superfície solar por meio do seu espectro. Para tal, basta observarmos de forma bem detalhada linhas escuras contidas no espectro solar. A partir destas linhas escuras, verificamos que os elementos Sódio, hidrogênio, Hélio são alguns destes elementos que ocupam as regiões destas sombras que ‘absorvem’ as cores deste espectro e detalham precisamente a composição dos elementos na origem da emissão.



Cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência (THz)
Vermelho	625 a 740	480 a 405
Laranja	590 a 625	510 a 480
Amarelo	565 a 590	530 a 510
Verde	500 a 565	600 a 530
Ciano	485 a 500	620 a 600
Azul	440 a 485	680 a 620
Violeta	380 a 440	790 a 680

Figura 2 : O espectro eletromagnético e a faixa de luz visível contida na radiação solar – Disponível em:< www.zeiss.com.br> , <www.infoescola.com> apud< shutterstock.com> ilustração de Peter Hermes Furian acesso em : 05/06/2018.

Na imagem do espectro de cores, vemos uma banda muito maior na região do infravermelho (a sensação na percepção da radiação solar) do que na região do azul. Apesar deste possuir maior energia de frequência de luz, ele possui uma banda menos larga que o vermelho devido seu maior espalhamento na atmosfera terrestre.

O desvio do vermelho em termos de captação em cores é bem menor em relação ao azul, e por isso mais fótons por área irão colidir nos semicondutores do que se fosse de cor azul, produzindo assim maior energia por área. Isso ocorre na maior parte do dia, por isso vemos o céu sempre azul, pois a cor branca difunde muito mais essa cor espalhando-a por toda atmosfera na parte da manhã até a metade do entardecer. No final da tarde, vemos a situação se inverter; a luz vermelha se espalha pela atmosfera, pois a inclinação do sol com a Terra é máxima, assim maiores ângulos de incidência solar na atmosfera espalham mais a cor avermelhada.

3.2 RADIAÇÃO SOLAR E EFEITO FOTOELÉTRICO

Na emissão eletromagnética de energia quantizada, provenientes da radiação solar, a luz solar e seu espectro, fundamentalmente conhecida como 'fóton', advém de um processo de desenfreada liberação de energia proveniente de produtos da fusão termonuclear solar produzindo seu espalhamento em todas as direções do sistema, com parte dessas partículas atingindo nossa atmosfera numa intensidade de radiação de, aproximadamente, 1370 Watts / m² (figura 3). Estes fótons, que representam o espectro da radiação que vai das faixas do

infravermelho até a banda do ultravioleta, passando pelas cores violeta, anil, azul, amarelo, alaranjado, verde e vermelho com comprimentos de onda específicos, estão concentrados numa composição que reúne a cor branca numa temperatura de cor de aproximadamente 5700K (temperatura de emissão), ultrapassando a nossa atmosfera passando por processos como reflexão luminosa, absorção luminosa, incidindo em termos de irradiância luminosa a faixa de 1000 w/m² na superfície terrestre. A energia contida nesses fótons são responsáveis por 'arrancar' elétrons fra

camente ligados ao núcleo de algum elemento da natureza, num processo conhecido como energia de Fermi, responsável por deixar o elétron migrar da sua banda de valência, e atingir outra banda permitida, conhecida como banda de condução num processo energético que depende única e exclusivamente, da frequência (ou do comprimento de onda) da onda eletromagnética definido por:

$$h \cdot f = E_c + W \quad (II)$$

Onde W é a função trabalho que é a quantização energética responsável para que o elétron saia da camada da banda de valência e se torne um elétron livre (ocupe a banda de condução). Este é o conhecido efeito fotoelétrico proposto por Albert Einstein em 1905 e que lhe rendeu o prêmio Nobel de Física.

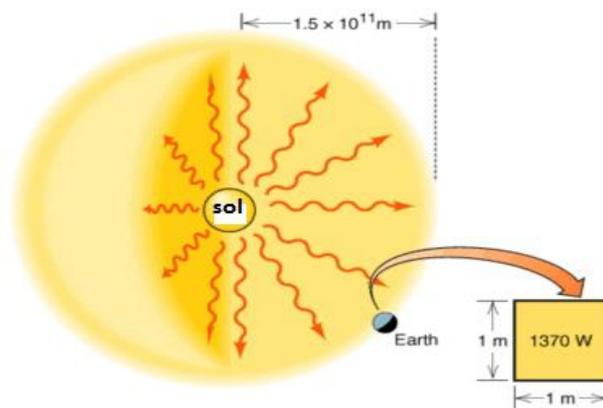


Figura 3 – intensidade de radiação solar incidindo na Terra cortesia Wiley and sons, 1999 (extraído de www.google.com/images – acesso em 02/06/2017)

(...) Durante uma destas colisões, o fóton cede toda sua energia para o elétron e este fóton deixa de existir, (TIPLER, MOSCA, 2012) e com isto a moeda

energética pra extrair o elétron de sua órbita estacionária é dada pelo recebimento de energia em forma de luz. Numa absorção de fóton ocorre o deslocamento do elétron até a junção dos pares elétron-buraco, responsável pelo surgimento de uma corrente de deslocamento J deste elétron e que será melhor abordado nas páginas a seguir.

Uma simulação virtual como experimento do efeito fotoelétrico pode ser encontrado no site <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>.

3.3 CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA, POTÊNCIA E ENERGIA ELÉTRICA.

Os estudos pertinentes à eletrodinâmica consistem na análise, como o próprio nome diz, do movimento (com fluxo ordenado) dos elétrons. O percurso realizado por elétrons livres (intensidade de corrente elétrica) ocorrerá por meio de condutores elétricos em um arranjo denominado circuito elétrico.

Um circuito de corrente contínua é basicamente um caminho fechado - que pode ser interrompido por uma chave e abrir - por condutores de cobre originado no polo positivo de uma fonte que chamamos de sentido convencional da corrente - e que pode ser uma bateria que armazene energia química como uma pilha ou uma célula solar - passando por uma carga resistiva com diferentes configurações, conhecidas como circuito série, paralelo ou misto e opcionalmente por um elemento de proteção (fusível).

Portanto, o circuito elétrico consta de no mínimo quatro componentes: o condutor, a fonte, a carga e uma chave, quando for conveniente eliminar o consumo desnecessário da fonte. A figura abaixo ilustra esquematicamente no diagrama unifilar o circuito de corrente contínua.

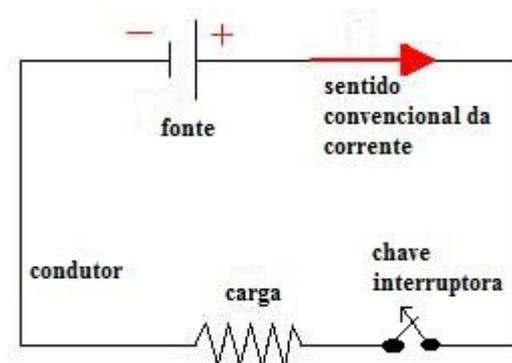


Figura 4 – Esquema em diagrama unifilar de um circuito elétrico de corrente contínua (imagem confeccionada pelo autor)

Em termos práticos, a energia elétrica é gerada pelo que conhecemos por fonte de energia, tais como células solares e baterias, no que é definido como diferença de potencial ou tensão. Esta impele ordenadamente os elétrons, transmitida e dissipada pelo condutor e consumida e dissipada pela carga para a finalidade útil que se deseja. O excedente retorna para o polo negativo da bateria.

Uma bateria ou célula solar é uma fonte geradora de força eletromotriz (f.e.m), mais conhecida como diferença de potencial ou tensão (V) responsável por fornecer gerar uma intensidade de corrente elétrica que percorrerá o caminho no circuito. Potência elétrica equivale o produto entre a tensão V pela corrente I que drena pelo circuito. (GUSSOW, 1996 p.55)

$$P = V \cdot I$$

(III)

Onde P está em Watts (W), Tensão V em volts (V) e Intensidade de corrente elétrica em Ampères (A). O comportamento em fontes de semicondutores difere do comportamento dos ditos circuitos ôhmicos, ou que obedecem à lei de ohm, e seu comportamento previsto para intensidade de corrente elétrica *I* obedece à expressão *IV*:

Onde I_s é a corrente de saturação, e I_L é uma corrente ligada à dita eficiência quântica do material aplicado. A compreensão da expressão (IV) foge completamente ao objetivo deste trabalho e serve apenas para demonstrar que o comportamento da corrente obedece ao comportamento atômico, que carrega o termo $(q \cdot V / kT)$ onde q é a densidade de carga, k a constante de Boltzmann e T a temperatura absoluta em kelvin e V a tensão gerada prevista no campo da termodinâmica.

A energia elétrica produzida é a realização do trabalho da fonte pela diferença de potencial que desloca o elétron a determinada distância, que é medida em volt no sistema internacional.

$$E = P \cdot \Delta t$$

(V)

Onde E é a energia elétrica em, P a potência dissipada e Δt o tempo de realização deste trabalho no deslocamento. A unidade de energia comumente usada é o quilowatt-hora.

3.3.1 - CIRCUITOS EM SÉRIE DE CORRENTE CONTÍNUA

A finalidade de um circuito em série baseia-se na corrente elétrica percorrer um único caminho; neste ínterim, esta passa pelos elementos de carga (impedâncias) gerando quedas dependentes das cargas conectados aos elementos de tensão. Quando as cargas são ligadas em série, a resistência total do circuito equivale à soma das resistências de todas as partes do circuito. Ou seja:

A tensão total aplicada a um circuito seriado equivale às somas das tensões nos terminais de cada circuito.

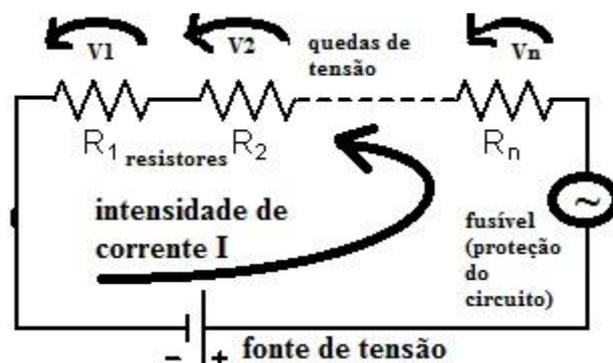


Figura 5 – Esquema em diagrama unifilar de um circuito de corrente contínua (CC) com configuração em série (imagem do autor)

As expressões dos circuitos em série são dadas por:

$$\begin{aligned} R_{eq} &= R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \\ I_t &= I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (VI) \\ V_{eq} &= I(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \end{aligned}$$

3.3.2 CIRCUITOS EM PARALELO DE CORRENTE CONTÍNUA

Já um circuito em paralelo baseia-se na corrente elétrica percorrer dois ou mais caminhos separados pelo que conhecemos por nós e que geram as malhas (vide figura 6); as correntes são divididas em cada elemento de cada por onde a

corrente é dividida, que são as parcelas nas malhas gerando quedas de tensão ou diferenças de potencial em cada uma delas. Quando as cargas são ligadas em paralelo, o inverso da resistência total do circuito equivale ao inverso soma das resistências de cada malha do circuito. Ou seja:

A corrente total aplicada a um circuito em paralelo equivale às somas das correntes nos terminais de cada circuito. A tensão aplicada em cada malha é equivalente à diferença de potencial (ddp) gerada pela fonte.

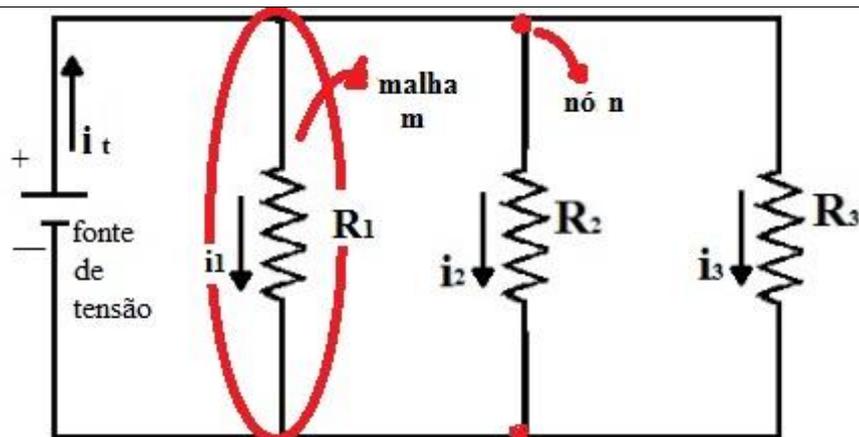


Imagem 6 – Configuração básica de um circuito em paralelo (imagem do autor).

Da lei de Ohm, as expressões associadas ao circuito em paralelo ficam expressas como:

$$= \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$I_{eq} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) \quad (VII)$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

3.4 TÓPICOS EM MECÂNICA QUÂNTICA

O objetivo deste trabalho tem neste item seu maior desafio; apresentar o conteúdo do ensino de um ramo da Física Moderna nas escolas do nosso país. Porém, vale-se aqui de uma linguagem trabalhada com conhecimentos previamente adquiridos com os alunos no ensino médio. O seu professor terá uma importância fundamental nesse processo, pois ele será o elemento que o

levará a solução dos desafios de compreensão nesse complexo campo. A evolução científica e tecnológica atual, como o advento dos dispositivos difusores da era da informação, como **smartphones** e demais dispositivos compatíveis, alvos de nossa discussão, tem suas sólidas bases alicerçadas em importantes descobertas a partir do final do século XIX por notáveis cientistas que iniciaram a proposição de hipóteses para uma mecânica do muito pequeno, em escalas ditas ‘nanométricas’ (da ordem $10^{-10} m$), a unidade Angstrom (Å).

Historicamente, a descoberta deste novo campo veio cercada de incertezas na exatidão dos modelos propostos, uma vez que os comportamentos dos modelos atômicos não conseguiam ser satisfatoriamente explicados pela fundamentada mecânica clássica.

3.4.1 – O ATOMISMO DE BOHR E A PRECURSÃO DA TEORIA QUÂNTICA

Porém, um célebre físico Dinamarquês chamado Niels Henrik David Bohr propôs-se a aperfeiçoar o modelo nuclear do átomo proposto pelo físico Neozelandês Ernest Rutherford. O impasse neste modelo proposto – conhecido como ‘anomalia’ – residia que, se elétrons orbitassem ao redor do núcleo contendo prótons localizados em um núcleo numa espécie de força central (figura 4). Cargas de naturezas opostas atraíam-se mutuamente de forma que os elétrons cairiam no núcleo numa espécie de colisão. Outro impasse no modelo clássico defendido por outro renomado físico James Clerk Maxwell, no conhecido eletromagnetismo, era de que se à maneira que o elétron girasse em torno do núcleo liberaria uma radiação eletromagnética, perdendo com isso energia cinética no processo, tornando a trajetória do elétron uma espécie de ‘espiral’, de modo que num intervalo Δt acabaria colidindo com o núcleo. Porém, esta hipótese definitivamente não é observada, e os elétrons permanecem em suas trajetórias de forma estáveis mantidas indefinidamente! Foi nesse ínterim que Bohr, numa rigorosa metodologia científica propõe de forma revolucionária que os mesmos elétrons ocupavam diferentes regiões definidas ao redor do núcleo, de forma previsível e estável, em estados ditos ‘estacionários’ conhecidos como órbitas do elétron.

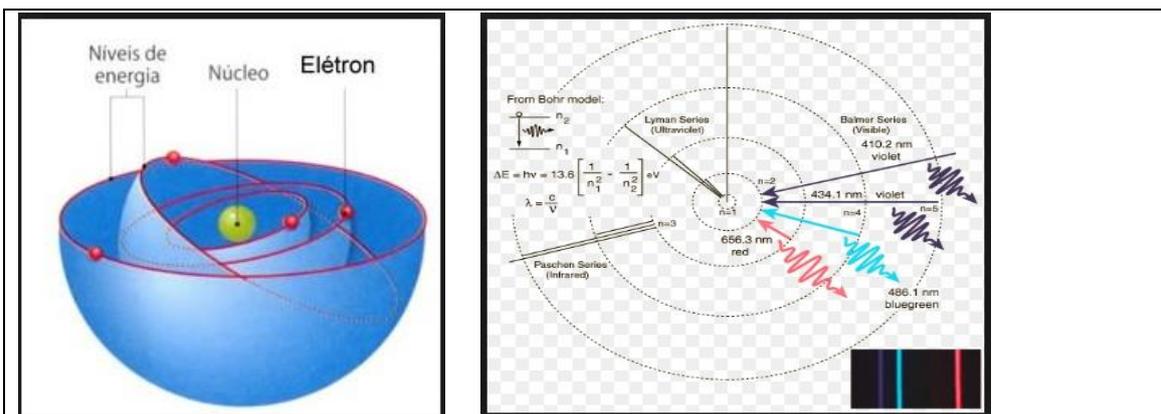


Figura 4: órbita quantizada de cada nível de energia do elétron em estados estacionários (em azul) e os respectivos níveis de energia e liberação de fótons (faixa de cor) do espectro de radiação do elemento hidrogênio.

Disponível

em:

https://www.google.com.br/search?biw=1024&bih=494&tbm=isch&as=1&ei=ZaDzWqrBNsTDwASz1KhoBq&q=modelo+de+bohr+para+o+hidrog%C3%A9nio&oq=modelo+de+bohr+para+o+hidrog%C3%A9nio&gs_l=img.3...7476.19344.0.19970.40.33.2.0.0.0.433.4078.1j13j6j1j1.22.0....0...1c.1.64.img..18.0.0....0.PxoqsQZGmZU#imgrc=Toi-9R0aMMzeyM:acesso em : 09/05/2018

Bohr propôs-se então a explicar por que um elétron se comporta dessa maneira, estabelecendo uma nova conexão entre matéria e a luz. Sugeriu que, quando se movem de um nível para o outro, os elétrons desprendem ou absorvem ‘pacotes’ de radiação na forma de luz. Esses pacotes são chamados fótons, ou quanta. (BRENNAN, 2003).

Com isso, Niels Bohr postula um modelo a partir do átomo de hidrogênio, relativamente simples de se explicar devido ao mesmo conter um próton e um elétron, num modelo conhecido como semiclássico, de modo que quando o elétron absorvesse uma quantidade fixa de energia, saltava para um nível acima e, quando liberasse energia, voltava para sua órbita anterior liberando um fóton ou luz com um comprimento de onda inclusive previsível numericamente através da expressão:

$$E(n) = \frac{1}{n^2} \cdot 13,6 \text{ eV} \quad (\text{VIII})$$

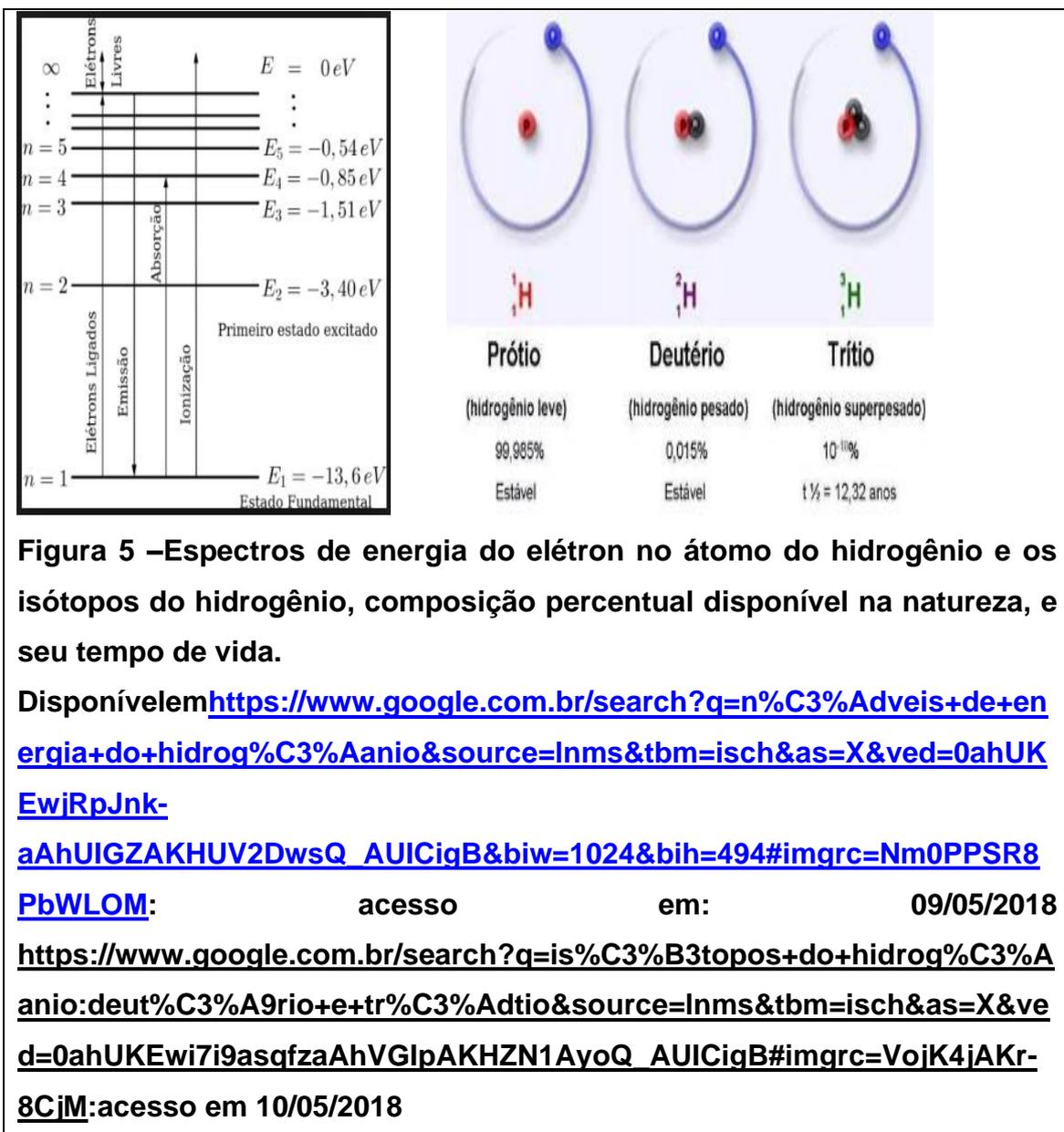
Onde n representa a órbita do elétron. Este modelo expressa as energias numa unidade conhecida como elétron-volt (eV) em que seu estado fundamental ou

estado estacionário assume $E_n = -13,6 \text{ eV}$ (o sinal de menos significa uma

$$E_n$$

interação de atração por parte do potencial aplicado). O modelo de Bohr não prevê as quantidades energéticas de elementos diferentes do hidrogênio, porém explica de forma satisfatória em certa margem e é um modelo compatível para isótopos do hidrogênio, como deutério e trítio, por exemplo, (figura 5).

Assim, Niels Bohr convence o mundo científico de forma categórica que as órbitas do elétron ocupam níveis quantizados de energia, mesmo que inicialmente tal teoria fosse uma postulação não muito bem compreendida por se tratar de ser inovadora.



3.4.2 O APRIMORAMENTO DA TEORIA QUÂNTICA: A LEI DE PLANCK E O EFEITO FOTOELÉTRICO PROPOSTO POR ALBERT EINSTEIN

As ideias dos estados estacionários e da quantização dos níveis de energia em níveis e subníveis de energia tornou-se um modelo que se distanciou da mecânica newtoniana. Tendo sido considerado como um modelo semiclássico, pois parte dos conceitos foram extraídos daquela, incluindo o cálculo dos níveis de energia por camada. Porém, o fenômeno previa com boa precisão o comportamento das órbitas do elemento hidrogênio; porém, não contemplava outros elementos da tabela periódica.

Cumpramos ressaltar que, na região fora da órbita do elétron (entre dois estados estacionários), mais tarde devido às previsões teóricas de Bohr, estabelece-se que há regiões onde a ocupação do elétron não é permitida, fato conhecido como região proibida ou *gap* (vão, em inglês). Os postulados de Bohr também permitiram a compreensão - válida até os dias atuais - que o estado de energia associado a um elétron aumenta à medida que este elétron se afasta do núcleo e ocupa órbitas mais afastadas, bem como um elétron que tenha desocupado a órbita da banda de valência para ocupar a banda de condução e tornar-se um elétron livre, afastando-se completamente destes níveis energéticos, detém o maior valor de estado de energia do que qualquer outro elétron na órbita da sua estrutura atômica.

Isto sugere que, em níveis atômicos, ocorre um limite natural permitido para ocupação de partículas. Daí, o termo “quântico” assume significado primordial na compreensão do fenômeno, fiel ao radical-quant na compreensão como quantidade, o que nesse caso seriam os estados permitidos de cada estado ou camada eletrônica. O desenvolvimento contido na teoria apresentada por Bohr e mais tarde por Max Planck na resposta a um questionamento advindo do campo da termodinâmica, sendo ampliado genialmente, em 1905, aos 26 anos, pelo Físico Albert Einstein. Em seu artigo de 1905, em que propõe que a energia cinética máxima de elétrons para serem arrancados de suas órbitas ao receber energia advinda dos fótons (Efeito Fotoelétrico) de luz obedecia não à sua intensidade, mas sim ao comprimento da luz incidindo no metal. Para tal, apresentou uma proposta em que a luz entregava pequenas porções de energias fornecidos pelos fótons, dado pela expressão:

$$E = h.f = \frac{h.c}{\lambda} \quad (IX)$$

Considerando f a frequência da luz monocromática correspondente e h uma constante denominada constante de Planck. Seu valor é $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ou $4,136 \cdot 10^{-15} \text{ e.V.s}$.

Talvez você pode estar se perguntando... O que seria um fóton? Vamos explicar! Um fóton pode ser considerado como uma das duas faces da natureza dualística da luz, ou seja, que é hoje classificada como uma 'partícula-onda'. Ao fóton caberia assumir a natureza dita corpuscular.

No entanto, como um controverso paradoxo, o fóton possui massa de valor nulo, o que lhe permite atingir a velocidade da luz, a maior velocidade permitida na natureza segundo um dos dois postulados de Einstein que diz:

"A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c em todos os referenciais inerciais de referência".

E isso é crucial na compreensão! A velocidade c até agora é o único referencial que pode ser considerado constante e invariável na compreensão do espaço-tempo.

3.4.3 O COMPORTAMENTO DUALÍSTICO DA LUZ E DO ELÉTRON: A PARTÍCULA-ONDA

A outra natureza da matéria baseia-se em seu comportamento ondulatório, facilmente observável nos comportamentos microscópicos. Num experimento conhecido como a fenda dupla – por Thomas Young – observou-se que a luz ao passar por duas pequenas fendas num obstáculo, formavam ao percorrer um caminho e atingir um obstáculo um padrão de luz conhecido como interferência luminosa (figuras 6a e 6b). Máximos de interferência ocorrem em ângulos tais que a diferença de percurso entre as ondas é um número inteiro de comprimentos de onda. Do mesmo modo, mínimos de interferência ocorrem se a diferença de percurso for metade de um comprimento de onda ou qualquer termo inteiro ímpar de meio comprimento de onda (TIPLER, MOSCA 2012 p.16) através da expressão:

$$(X) \quad \therefore M = \{m \mid m = 0, 1, 2, 3, \dots\} \\ \Delta y = m \cdot \frac{\lambda L}{d} \quad \in N$$

(máximos de interferência)

$$(XI) \quad \therefore N = \{m \mid n = \frac{m}{2}\} \quad \in N \quad \frac{m}{2} \quad \text{(mínimos de interferência)}$$

$$\Delta y = n \cdot \frac{\lambda L}{d}$$

Porém, em mudanças na observação do experimento, obtém-se a colisão frontal de cada partícula no anteparo, de forma que atingimos um padrão corpuscular da luz neste anteparo no mesmo experimento! Este paradoxo foi o grande desafio do século XIX e têm sido do nosso século, na tentativa de se elucidar a natureza deste comportamento verificado em partículas com altíssimas velocidades relativísticas, como um elétron excitado num acelerador de partículas e partículas oriundas de raios cósmicos.

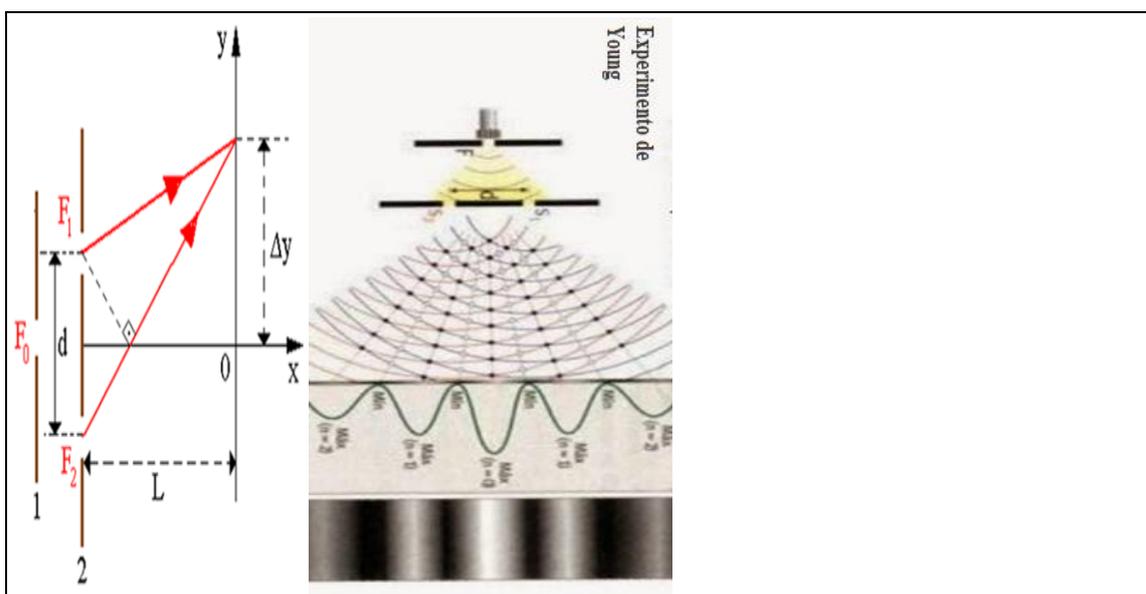


Figura 6a e 6b: O experimento de fenda dupla de Young. Uma fonte de luz monocromática passa inicialmente por uma fenda de pequeno comprimento e logo após passa por outras duas fendas compondo os padrões de interferências com máxima intensidade em $m=0$ onde na figura o segmento de reta vermelho representa a trajetória da luz ao passarem pelas fendas e seu caminho percorrido até chegar ao anteparo, formando o que conhecemos por padrões de interferência. Na figura 7, vemos as

formações dos padrões de interferência com franjas claras (máximos de intensidade) e escuras (mínimos de intensidade) em construções chamadas respectivamente de construtivas e destrutivas, Extraído de: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.htm> > acesso em 25/05/2018.

A formação destes padrões máximos e mínimos são estabelecidos por interferências construtivas e destrutivas desta onda. Este experimento dá a prova cabal de que a luz possui uma propriedade ondulatória. Uma vez que temos evidências experimentais claras sobre a natureza ondulatória das partículas que não obedecem aos princípios da Mecânica clássica numa certa aproximação.

3.4.4 A FUNÇÃO DE ONDA DE BROGLIE E O MODELO DE ORBITAIS

Em sua tese de doutorado, Maurice de Broglie, físico francês, postulou o que os corpúsculos apresentavam um comportamento dual, ou seja, uma espécie de 'onda-partícula'. Partindo da equação (V), incorporando que o momento está vinculado ao comprimento de onda por intermédio da seguinte relação:

$$\lambda$$

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} = m \cdot \lambda \nu \quad (XII)$$

Como a relação de De Broglie equivale a $\lambda = h/p$, o comprimento de uma onda

de matéria está associada a uma onda de matéria que possua um momento (ou a razão velocidade-massa). O comprimento de onda está associado à frequência de radiação pela relação (I), e a energia relaciona-se com todos estes conceitos por intermédio da frequência. Essa é uma das formas da energia ser transportada, que também considera a partícula. Tudo se estabelece a partir do caminho que se quer traçar. Se adotarmos nos experimentos grandezas como a razão carga-massa do elétron ou detectarmos rastros de ionização, teremos respostas corpusculares da matéria; porém, se detectarmos padrões de difração veremos o comportamento ondulatório desta mesma matéria. Em suma,

relações estatísticas irão definir a relação dual da matéria num princípio conhecido como princípio da complementaridade.

Outra importante dedução consiste na probabilidade de se encontrar uma partícula em determinada região. Dos conhecimentos já formulados contidos no atomismo de Bohr e seu postulado, sabemos que o elétron percorre uma região permitida dependendo do seu nível e subnível energético conhecido como orbital. Nesta região permitida e quantizada, a partícula (ou o elétron, em nosso caso de estudo) possui a probabilidade máxima de ser encontrada. Em termos matemáticos, definimos como a somatória no intervalo de menos infinito a mais infinito, conhecido como condição de normalização, que tende a zero quando o módulo da distância tende ao infinito. Esse conceito torna-se muitíssimo abstrato e que foge à compreensão do ensino de Física Moderna no ensino médio ; porém, a Ciência e a tecnologia valem-se destas previsões para entender a trajetória desta corrente em aplicações voltadas à nanotecnologia, onde a construção de dispositivos como processadores que em 1cm² de área possuem em média 731 milhões de transistores como o processador Intel © I3¹ .

Por outro lado, em regiões conhecidas como proibidas ou em inglês **gap**, temos a probabilidade NULA do elétron estar lá, pelo fato da quantização assumir posições nos quais definimos os níveis energéticos quantizados, com valores definidos. No caso do hidrogênio, o elétron ocupava o seu estado fundamental no valor $E = -13,6 \text{ eV}$.

Quando o elétron recebe energia de sua quantização a ponto de saltar de nível energético, o mesmo não percorre sua trajetória passando por esta região. A partícula, por motivos ainda não totalmente compreendidos, simplesmente sai do nível energético anterior e surge no próximo nível energético posterior.

Os tratamentos anteriormente considerados elucidam a objetividade deste roteiro experimental que é descrever a condutividade do elétron em três elementos distintos e característicos encontrados na natureza: o condutor, o isolante e o semicondutor.

¹ BOYLESTAD, L. Robert ; NASHELSKY, Louis **Dispositivos eletrônicos e Teoria de circuitos** tradução: Sônia Midori Yamamoto – 11ª edição São Paulo : Pearson Education do Brasil, 2013

3.4.5 A FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA: CONDUTORES, SEMICONDUTORES E ISOLANTES

Quando tratamos da Física do muito pequeno, cumpre ressaltar que será necessário admitir a ocorrência das interações entre a luz, partículas como moléculas e átomos, subpartículas como hádrons (prótons e nêutrons...) e léptons (elétrons, neutrinos...) de forma nada convencional e comparativo como a definição do mundo macroscópico. Em resumo, não espere compreender a realidade quântica com o paradigma que se tem do mundo visível.

Tal tratamento atinge uma complexidade tal que saímos de um campo determinístico, da ordem de 10^0 m, onde as variáveis são previstas e definidas

a partir das condições iniciais, tal como a Mecânica Clássica ou Newtoniana, o eletromagnetismo de Maxwell e demais definições afins e entra no que consideramos campo probabilístico, onde trabalha-se com elementos da ordem de 10^{23} unidades de moles, tendo como dimensão inversa quando fala-se de

dimensões, energia de ligação, energia livre e de fermi tendo como pressuposto a função de partição $\beta = \frac{1}{\nu \sigma \tau}$ que é da ordem 10^{-23} , termo dependente de uma

outra constante, conhecida como constante de Boltzmann (precisamente, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K). Os átomos obedecem ao modelo de condução elétrica

desenvolvidos pelos moldes da Física Quântica.

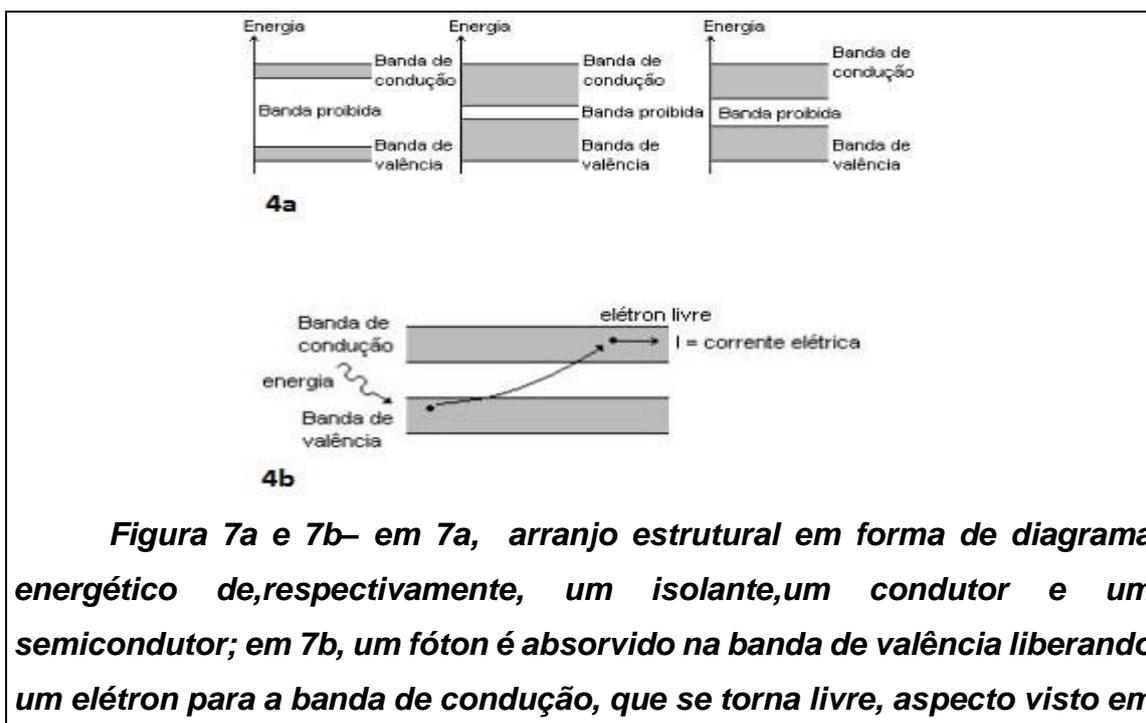
A matéria em geral possui, dentre suas propriedades físicas características, a condutividade. E nesta, os materiais podem ser classificados como condutores e isolantes, além de semicondutores.

Mas o que vem a ser um semicondutor? Um semicondutor, portanto, é um material que possui um nível de condutividade entre um condutor e um isolante. A capacidade de alteração radical da condutividade deste material é obtida por mudanças em suas características principalmente em função da temperatura.

Nesta distribuição energética (de ocupação eletrônica), são considerados isolantes as substâncias em que é grande a diferença entre a última banda já ocupada por elétrons, denominada banda de valência, e a banda livre, denominada banda de condução. Para os condutores, não ocorre essa separação entre a banda livre e a já ocupada por elétrons. A utilização de diagramas de energia permite interpretar um terceiro grupo de substância cuja separação entre a banda já ocupada por elétrons e a banda livre é menor, quando comparada com isolantes.

Deste modo, com certa quantidade de energia, tal como o fóton de luz ou de energia térmica, os elétrons atingem a banda livre; uma carga elétrica em movimento gera o que conhecemos como intensidade de corrente elétrica.

Como os níveis de energia são informações atômicas de fácil identificação, torna-se mais didático representar esses níveis por diagramas de energia (GREF, 2007 p. 280).



semicondutores em determinada temperatura.(extraído de <www.google.com.br/images> acesso em 02/06/2017).

3.4.6 A CAMADA DE VALÊNCIA NOS SEMICONDUTORES E A TABELA PERIÓDICA

Olhando a tabela periódica dos elementos (figura 8), encontramos os elementos Silício e Germânio localizados na família 4A.

Mas o que, em termos alheios à nossa realidade, significa este semimetal estar localizado nesta distribuição?

The figure consists of two periodic tables. The top table, labeled 'Figura 8a', shows the full periodic table with a red circle highlighting the elements B, C, N, O, F, Ne, Al, Si, P, S, Cl, Ar, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, and Po. A red arrow points from the circle to the bottom table. The bottom table, labeled 'Figura 8b', is a zoomed-in view of the highlighted elements, with Si and Ge highlighted in a red box.

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1 H							2 He
3 Li	4 Be						10 Ne
11 Na	12 Mg						18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe
27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru
45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te
53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57-71 Lanthanides	72 Hf	73 Ta	74 W
75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb
83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89-103 Actinides	104 Rf
105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn
113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og		

3A	4A	5A	6A	7A	8A
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se
47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te
79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po
111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv

Figura 8a e 8b – Um bloco da tabela periódica dos elementos

De acordo com a regra do octeto, para um átomo adquirir estabilidade realiza ligações covalentes intermoleculares necessárias para possuir dois ou oito elétrons na sua última camada orbital (ou camada de valência). Na família do carbono, para atingirmos o octeto, necessitamos de quatro elétrons tanto para o Silício quanto para o Germânio, conhecido também como valência. Por tais considerações, os elementos que necessitam de quatro átomos para atingir a estabilidade são tetravalentes, assim como o que necessitam de três, trivalentes, dois, bivalentes e um monovalente. Este princípio é conhecido como princípio da exclusão de Pauling.

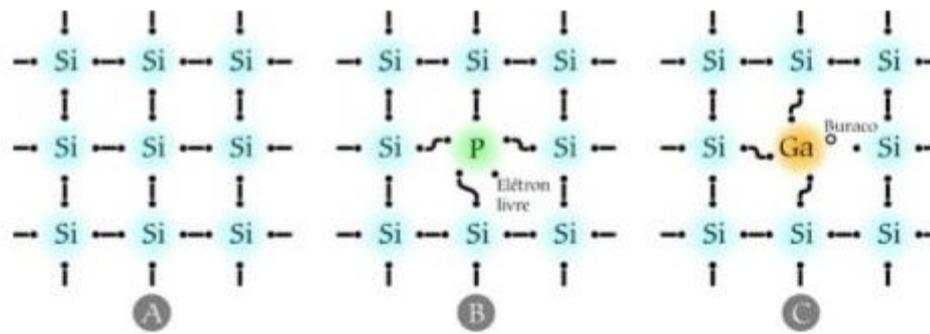
A família 4 A possui em sua última camada orbital quatro elétrons, o que lhe confere a necessidade de buscarmos mais quatro elétrons com ligações covalentes, por exemplo. A condutividade elétrica deste componente se dá de forma que, se alterarmos as características desta valência, adicionando um elemento da família 5 A (como por exemplo o elemento Fósforo – vide figura 9) abrindo uma nova camada com um único elétron livre.

O excesso de um elétron à última camada no semicondutor torná-lo-á um elétron fracamente ligado ao núcleo, e uma pequena adição da energia de radiação conduzida pelo fóton arranca facilmente este elétron da sua camada de valência, tornando-o um elétron livre e útil pra condução de energia. Então ele migrará para outra banda.

Por outro lado, se adicionarmos ao Silício ou ao Germânio num processo físico-químico um elemento da família 3A (como por exemplo o elemento Gálio – vide figura 9) haverá a falta de um elétron nessa mesma camada, criando o que conhecemos como lacuna ou buraco. Este é a banda de condução. A formação da junção p ou positiva que forma a banda de condução. Agora, se unirmos estes componentes um ao outro, o que é conhecido como **junção p-n** num processo conhecido como dopagem (figura 9).

Uma barreira de potencial entre estas duas barreiras de forma que adicionando o fóton de energia $h \cdot f$ o elétron livre vença essa barreira e atinja a lacuna, com a movimentação do elétron e portanto da produção da energia. Este fenômeno é utilizado de forma muito útil em dois processos. O efeito fotovoltaico e a eletroluminescência. A nós, importa o efeito fotovoltaico, que é a produção

de um campo elétrico a partir da radiação de luz solar na excitação dos elétrons livres em direção à lacuna na junção p-n.



(a) Representação bidimensional de um cristal de silício. (b) Quando um átomo de fósforo é adicionado à rede ele disponibiliza um elétron, que fica livre para se mover pelo cristal. (c) Se for adicionado um átomo de gálio, haverá a falta de um elétron (buraco). Como um elétron de um átomo vizinho pode ocupar este buraco, o efeito final é o de uma carga positiva se movendo pelo cristal.

Figura 9 – Extraído do artigo: Usando um LED como fonte de energia . Alves e Silva, 2008.

“(...) Quando a temperatura dos materiais semicondutores é baixa, os elétrons encontram-se ligados aos seus respectivos átomos e ocupando níveis de energia próximos ao núcleo. Dessa forma, o material não apresenta elétrons na banda de condução e comporta-se eletricamente como isolante (...). Elevando-se progressivamente a temperatura do semicondutor, transmitimos a ele energia suficiente para que alguns dos elétrons (dos que ocupam a banda de valência) passem para níveis de energia mais elevados, ocupando a banda de condução. Essa nova situação altera o comportamento elétrico desses materiais, tornando-os condutores.” (GREF, 2007, p.283).

3.4.7 Comportamento dos semicondutores: dopagem e condutividade elétrica²

“Em materiais semicondutores, mesmo a temperatura ambiente, elétrons da banda de valência já adquirem energia necessária para atingirem níveis de energia correspondentes à banda de condução.” (GREF, 2007, p.283)

Nos semicondutores ‘puros’, isto é, sem átomos estranhos (impurezas) a zero grau absoluto, os elétrons preenchem a banda de mais baixa energia, denominada banda de valência, ficando vazia a banda seguinte, conhecida como banda de condução, onde são livres pra participar da condução elétrica. A vaga deixada na banda de valência, denominada lacuna, também contribui pra corrente elétrica.

“(...) A lacuna, por analogia, pode ser vista como uma vaga num estacionamento bem cheio. O manobrista pode mudá-la de lugar quando transfere um carro que ocupava um espaço no estacionamento para esta vaga, gerando uma nova vaga no lugar onde se encontrava originalmente. Na presença do campo elétrico (representado pelo manobrista), a lacuna (vaga) se move no sentido oposto ao dos elétrons (carros), daí ser atribuída a ela uma carga positiva, portanto oposta à dos elétrons mudarem de lugar. A elevação de temperatura resulta em um número maior de elétrons e lacunas disponíveis para a condução elétrica, proporcionando assim um aumento da condutividade do semicondutor (...).” (VALADARES, 2005, p.8 e 9).

Portanto, dentro da estrutura cristalina, quatro dos cinco elétrons de valência do Arsênio associam-se em ligação covalente aos quatro átomos de Silício mais próximos (pois o Silício é tetravalente).

2 - *Conteúdos extraídos das Obras Grupo de Reelaboração do Ensino da Física. Física 3: Eletromagnetismo GREF, 2007. E Aplicações da Física Quântica do transistor à Nanotecnologia Eduardo de Campos Valadares, Alaor Alves e Esdras Garcia.*

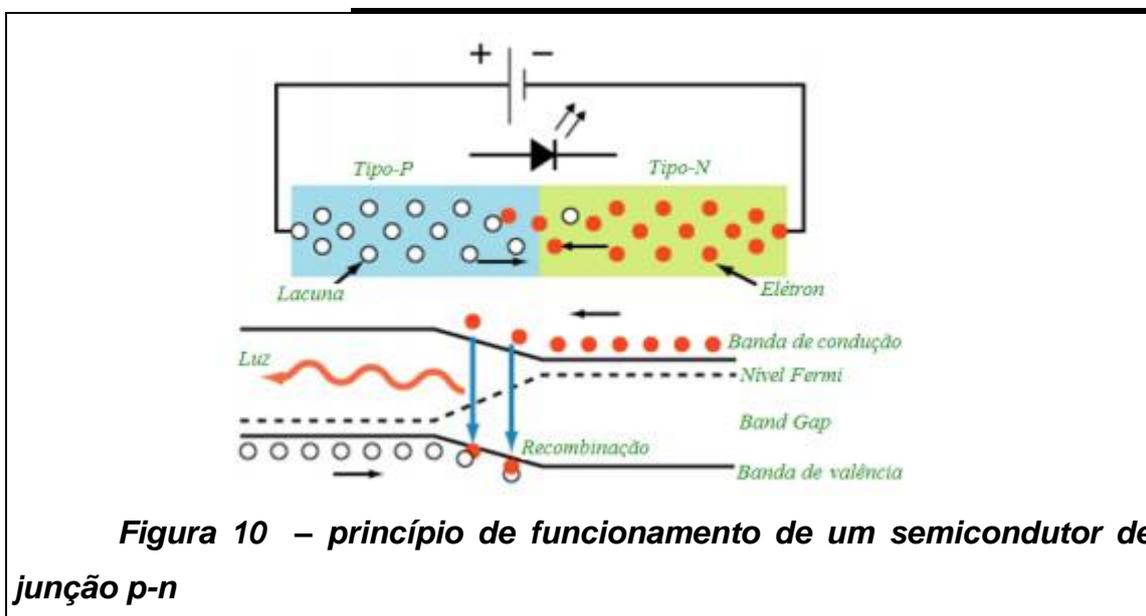
Um dos elétrons de Arsênio estará fracamente ligado à rede e atraído pelo núcleo, mesmo em temperatura ambiente e, assim apresenta facilidade para deslocar-se da banda de valência para a banda de condução. Assim, uma pequena quantidade de Arsênio num cristal de Silício produz níveis doadores em bandas normalmente proibidas, produzindo um semicondutor dopado do tipo **N**. Desta mistura poderia resultar um aumento do número de elétrons na banda de condução.

A corrente elétrica seria majoritariamente constituída por elétrons. Por este motivo é que o semicondutor é denominado impuro (ou dopado) do tipo **N**, referindo-se à carga elétrica dos portadores majoritários da corrente.

“(…) Para imaginarmos a alteração que ocorre devido à impureza, um pedaço de 1 cm² de Germânio puro apresenta na temperatura ambiente uma resistência elétrica da ordem de 50Ω. Este mesmo pedaço de Germânio, quando tratado com impurezas doadoras, é transformado num cristal tipo n com resistência elétrica próxima de 2Ω..(…). É possível também realizar uma mistura que resulte em uma corrente constituída majoritariamente de lacunas. Nesse caso, escolhendo-se novamente o Silício, devemos introduzir uma substância cujo número de elétrons de valência seja menor que o semicondutor como,

por exemplo, o Índio, que possui três elétrons de valência.” (GREF, 2007 p.286)

“(...) O surgimento deste íon positivo fará com que outro elétron seja ‘capturado’, surgindo uma nova lacuna, que capturará um novo elétron, resultando no deslocamento da lacuna pelo interior do material. Num semiconductor em que foi introduzido uma substância deste tipo, a corrente elétrica é descrita como sendo constituída majoritariamente por lacuna(...).” (GREF, 2007 p.287)



Com isto, existem níveis vazios, de mais alta energia, para os quais os elétrons de condução possam ser transferidos caso sejam acelerados por um campo elétrico externo. Com o aumento da temperatura, aumenta a frequência de choques entre os elétrons do metal e os núcleos atômicos que passam a oscilar com maior amplitude. Deste modo, se uma banda fica cheia, a banda seguinte passa a ser ocupada, como em um estacionamento com vários andares.

Quando os dois tipos de semicondutores são inseridos juntamente em uma junção p-n e os portadores possuem cargas opostas, eles se movimentam um na direção do outro, atravessam a junção, deplecionando a região de onde se originaram ao transferir sua carga para a nova região.

Isso produz um campo elétrico que alcança rapidamente o equilíbrio com a força de atração dos portadores em excesso (vide figura 4). Este campo torna uma parte permanente do dispositivo, um tipo de rampa que faz os portadores tender a deslizar através da junção, quando estão próximos.

A título de experimentação, uma simulação virtual muito interessante pode ser encontrada no site <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/band-structure>

3.4.8 - Junção p-n de Silício e Diodos

O arranjo da junção p-n é o princípio básico na construção de um componente conhecido como diodo. Mas afinal o que é um diodo? Ao conectarmos uma fonte CC aos terminais positivos (+) no terminal **p** e negativo (-) do diodo ligado ao terminal **n**, o diodo conduz corrente elétrica. O efeito sugere a redução nas barreiras de carga na junção, que são obstáculos à passagem de corrente elétrica, ao reduzirem as cargas positivas no lado n e as negativas no lado p. A corrente eleva-se com o aumento da tensão aplicada (vide figura 11). Na situação inversa, as barreiras tendem a ficar ainda mais fortes (o capacitor fica mais ainda carregado) e o diodo conduz uma corrente consideravelmente menor.

Esta característica dos diodos, de condução elétrica em apenas uma direção, é denominada retificação, sendo fundamental para uma série de aplicações práticas, como, por exemplo, neste caso a emissão de luz como

parte de uma energia dissipada. Busca-se aqui aplicar os fenômenos definidos neste princípio como uma aplicação prática de eletrônica.

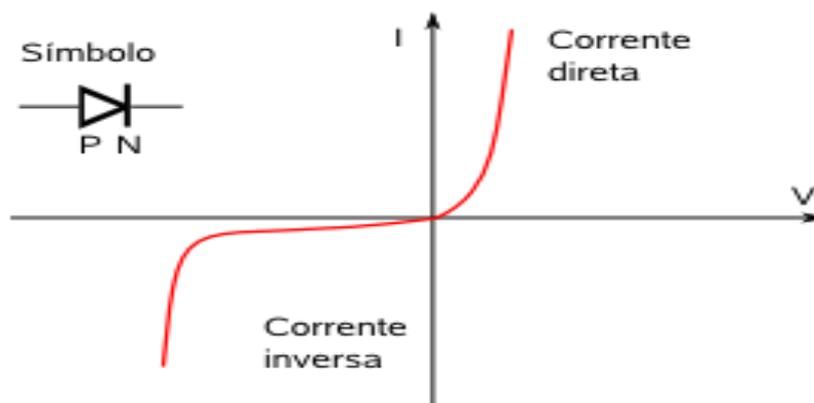


Figura 11 – Um diodo: símbolo associado, bem como sua curva I-V característica

Capítulo 4

MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO APARATO (POWERBANK CASEIRO E CÉLULA SOLAR DE SILÍCIO)

4.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS: A CÉLULA SOLAR

O que é uma célula solar? No aspecto teórico, uma boa definição apresentada provém dos autores ADENILSON, CHIQUITO, DE SOUZA e MACEDO (2004):

“(...) Do ponto de vista de funcionamento, uma célula solar é um fotodiodo com uma grande área que pode ser exposta a luz, solar ou não. Desta forma, qualquer diodo (junção p-n) cuja área ativa possa ser exposta à luz tornar-se-á uma célula solar! (...) Quando uma junção for iluminada por uma radiação (luz) de energia $h\nu$, elétrons de banda de valência podem ser excitados para a banda de condução, deixando um buraco (portador de carga positiva) na banda de valência. Este sistema é conhecido como par elétron-buraco. (...).”

Segundo Boylestad, Robert L. “Cada fóton (...) pode causar a geração de um par elétron-lacuna. Qualquer fóton com níveis de energia mais elevados do que o requerido para liberar um elétron contribuirá simplesmente para o aquecimento da célula solar.” (BOYLESTAD, 2013).

A tensão gerada é função logarítmica da iluminação. O comprimento de onda da luz incidente afeta a resposta da junção p-n quando excitada pelos fótons incidentes. O fóton é entendido como a ‘face corpuscular’ da luz, dotada de quantidade de movimento e, portanto, velocidade representada por c^3 .

³ A velocidade da luz no vácuo é representada pela constante c e equivale ao valor de 299.792.458 m/s.

No gráfico abaixo (figura 14) vemos o comportamento de uma junção **p-n** ao receber cada comprimento de onda na faixa do espectro visível (luz) e invisível aos nossos olhos ultravioleta e infravermelho conhecido como curva de absorção. É necessário observar que a máxima absorção para produção de energia elétrica da célula de silício encontra-se na faixa de 850 nm, que corresponde à faixa do espectro infravermelho, que corresponde uma larga banda, por isso a tão eficaz absorção .

Portanto, materiais semicondutores possuem um desempenho superior com materiais deste tipo.

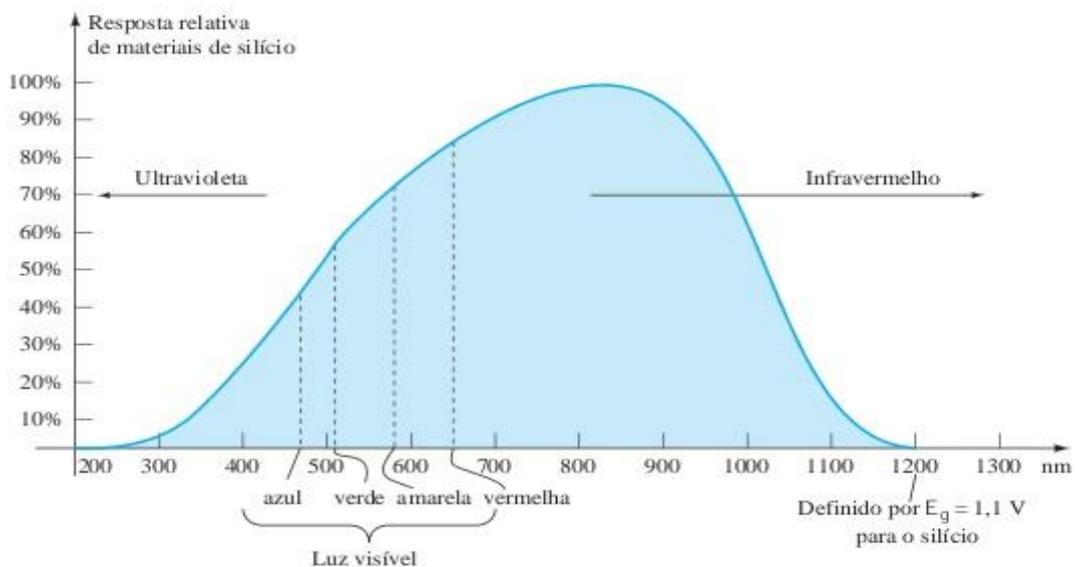


Figura 14 – extraído de DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS E TEORIA DE CIRCUITOS / Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky tradução: Sônia Midori Yamamoto – 11ª Ed são Paulo : Pearson Education do Brasil, 2013 pags. 687/688.

De acordo com o item 2.3 deste manual, “Para se atingir tensões em células solares cada vez mais elevadas, tensões de saída podem ser estabelecidas por meio da conexão em série das células solares (...)”. Para obter valores maiores de corrente na tensão de circuito aberto de uma única célula, as células solares podem ser ligadas em paralelo. Em nosso projeto, todas as células serão convenientemente ligadas em paralelo até atingirmos a tensão de 20 volts, faixa limite de conversão do regulador USB step up, que geralmente vem ajustado com uma faixa de entrada de 7 a 21 volts de tensão com saída de 5 volts, tensão exigida para cargas em **smartphones** .

Se um gráfico de tensão versus corrente for gerado (...), para determinada luz incidente, uma curva para a potência associada à célula solar pode ser gerada simplesmente usando-se a equação de potência eficaz, $P = V \cdot I$. ¹ No nosso caso, precisaremos captar em nossa célula solar uma faixa tolerável de funcionamento do módulo regulador de tensão step up de 7 a 20 volts na saída da célula, e isso se faz com associações em série pra elevarmos a tensão desejada do aparato para regulação na saída de 5 volts e na corrente dimensionada para a potência projetada.

No caso de um projeto de uma célula de 1,2 watts, a tensão de saída será de 5 volts (necessária para o funcionamento correto do smartphone/tablet). O cálculo para dimensionar a célula encontra-se no tópico abaixo.

4.2 PRIMEIRA ATIVIDADE: CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DA CÉLULA SOLAR DE SILÍCIO ACOPLADA AO POWERBANK CASEIRO

Para carregarmos nossos aparatos eletrônicos, , por meio da conversão direta da energia de radiação solar em energia elétrica, necessitamos de uma junção p-n de um material semicondutor.

Uma solução encontrada é montar uma ou a associação em paralelo de duas ou mais delas de placas de silício monocristalino adquirida pronta de 1,2 watts (as placas deverão ser ligadas umas às outras em paralelo para soma das potências) perfazendo um total de múltiplos da quantidade da potência fundamental de 1,2 w (watts); portanto, duas perfazem um total de 2,4w , três 3,6w ... e portanto $n \times 1,2w$ onde n é a quantidade de células elementares. Uma aplicação muito interessante é acoplarmos a placa a uma bagagem móvel como uma mochila por intermédio de velcros , bolsa ou algo transportável (figura 15)

Para a aquisição desta células de silício monocristalino, acessou-se o site de compras mercado livre, com o projeto ficando no valor de em média 33 reais por projeto. O interessante é que na hora da atividade, o aparato seja adquirido em quantidades consideráveis pra abaixar o valor do envio por projeto. Para a produção de energia, a única aquisição que se faz necessário será a compra das placas.



Figura 1 – célula fotovoltaica de silício colada por velcros em mochila pronto para captação de energia radiante

4.2.1 - LISTA DE FERRAMENTAS (QUANTIDADES ESTIMADAS POR PROJETO):



- 03 (três) elásticos de borracha número 18 : Sua função no projeto é

aprisionar o case de saboneteira transparente . Para acesso de carga na rede de concessionária elétrica de sua cidade, é necessário acoplar um cabo mini usb de um carregador de celular para acionar a carga da bateria sem a energia solar no caso da ausência do sol e necessidade de utilizar o aparato. O elástico libera e habilita o acesso ao encaixe do cabo USB.



- Solda de estanho trifásica. Solda de estanho trifásica. Este componente

visa unir os elementos acima descritos na placa formando eletronicamente o circuito. Depende exclusivamente do ferro de solda e , em se tratando do primeiro contato do aluno com este tipo de solda, recomenda-se o auxílio do professor e/ou técnicos de laboratório com habilidade em solda.



- Conjunto ferro de solda 40 watts :



- 0,90 m cabo paralelo de som 2x0,75mm²



- Um alicate de corte de 8".

4.2.2 LISTA DE MATERIAL PARA MONTAGEM DO APARATO:



- Uma ou duas células solares de silício monocristalino de 1,2 w. Esta

fonte pode ser encontrada em sites de compras como mercado livre a preço muito acessível, tornando o projeto em questão viável por ser considerado de baixo custo. Uma vez que duas sejam acopladas, faz-se necessário a ligação em paralelo uma da outra para somar as potências (2x1,2w). Porém, projetos com uma única célula também são bem-sucedidos, porém funciona somente com exposição direta do sol na célula.



- De uma a três baterias íon-lítio 18650 3,7 volts de 5000 mAh. Com a

perspectiva de custo zero se extraída de uma lâmpada de emergência que tenha a bateria em bom estado conforme a proposta de reaproveitamento sugerida. Sua função reside no acúmulo de energia captada pela radiação solar por intermédio da célula solar pra uso posterior da carga com corrente contínua (CC). Três baterias com a carga completa rendem um acúmulo (mediante análise e testes) uma faixa entre 15 a 21% de reposição de carga dependendo da capacidade da bateria do **smartphone**.



- 01 módulo conversor regulador de tensão USB step up dc-dc 5 volts .

é responsável de receber e corrigir a saída da tensão num range de 5 a 24 volts de entrada e tensão exata de saída de 5 volts num ajuste microprocessado com

tensão necessária pra alimentar o **smartphone/tablet** entregando a corrente de acordo com a potência fornecida pela área da célula solar. Nesse módulo, conecta-se o cabo USB 2.0 ao aparelho já com a tensão de saída corrigida.



- 01 módulo micro USB TP4056 carregador de bateria de lítio. Fornece

um excelente custo-benefício e é responsável de receber carga externa provida da alimentação concessionária de corrente alternada. Pode também receber a alimentação da célula solar e possui dois leds que indicam o nível da carga da bateria, o vermelho indica carga incompleta e o azul indica carga completa.



- 01 regulador de tensão LM 7805 . Sua função é regular a faixa de

tensão de 7 até 20 volts e de saída exata de 5 volts, com uma corrente máxima de 1 ampère . Em nosso projeto, objetivamos obter a tensão de 5 volts com correntes na faixa de 200 a 600mA, pois essa é a faixa de trabalho para recarga nas baterias dos aparelhos **smartphones e tablets**, buscando a tensão produzida pela célula solar.

Pesando apenas 1,4 grama-força, torna-se um componente indispensável em qualquer projeto quando o assunto é aparelhos de smartphone, uma vez que os aparelhos atuais possuem essa tensão para carga.



- Saboneteira transparente plástica. Serve como uma espécie de 'case'

para proteção mecânica e elétrica do powerbank caseiro. Uma solução inovadora e que ajuda a reduzir o custo final do projeto, bastando aprisionar com elásticos de papelaria. Recomenda-se a mesma ser transparente , pois só assim poder-se-á visualizar quando a carga estará incompleta (luz vermelha) ou completa (luz azul). Para indicar a transferência de carga, uma outra luz vermelha é também acionada a partir do momento que acionamos o interruptor no modo ligado (on).



- Diodo 1N4007 : Sua função básica é retificar (corrigir) a tensão no

sentido correto com alta tensão reversa (suporta até 1000 volts). Realiza uma espécie de 'filtragem' de transientes oriundos de vários fatores que tornaria inútil o circuito numa possível inversão de polaridade ou elevação na tensão sendo

um protetor natural do circuito. Sua corrente máxima de trabalho é de 1 Ampère e é outro semicondutor de junção p-n para esta finalidade.



- 01 Chave interruptora : A função específica desta chave consiste em

ligar e desligar a passagem de corrente ao circuito, impedindo a descarga no momento não desejado no fornecimento de carga da bateria de íon-lítio para o **smartphone** .Extraída da luminária de emergência, possui custo ZERO .



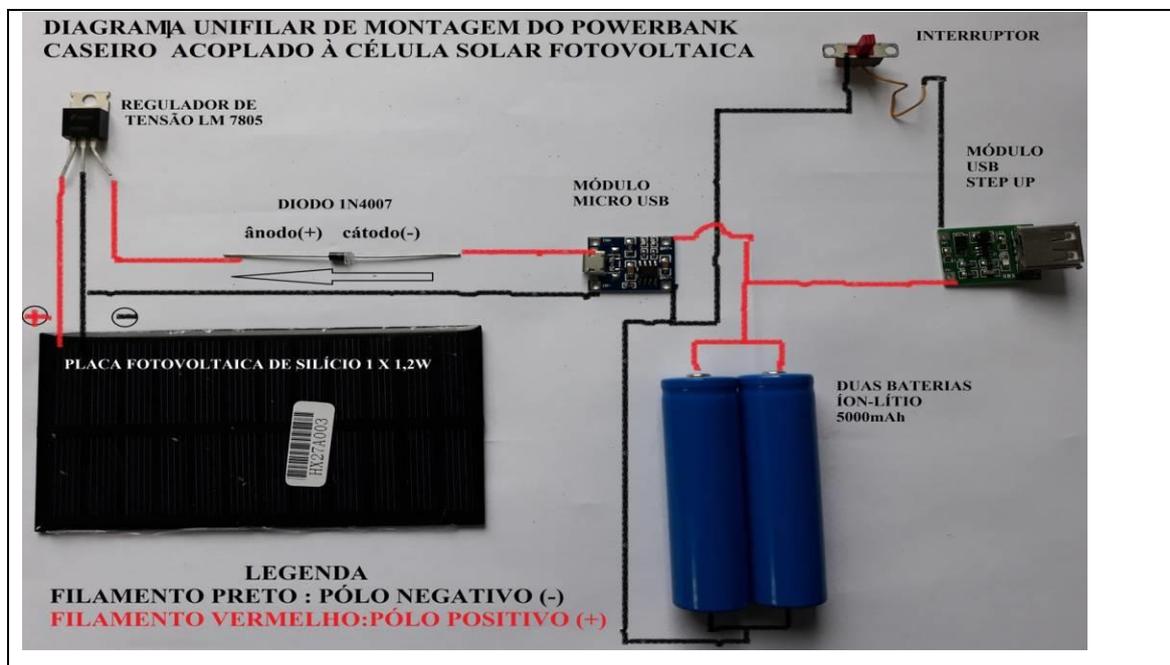
- 01 Placa PCI ilhada 280 pontos : sua função consiste em fixar com

pontos de solda o regulador de tensão 7805, o transistor 1N4007, além do interruptor, conversor USB 2.0 step up e o micro USB TP4076 abrigando todos os componentes eletrônicos exceto as baterias. Na ausência deste componente, um pedaço de papelão atende a necessidade do projeto.

4.3 - INSTRUÇÕES DE MONTAGEM DO POWERBANK CASEIRO ACOPLADO À CÉLULA SOLAR DE SILÍCIO:

Nas etapas a seguir, observe estritamente as recomendações dadas, pois delas dependem o perfeito funcionamento do aparato. A proposta do projeto consiste na mediação do professor habilitado e que tenha tomado conhecimento das etapas contidas neste manual para a execução da montagem . Iremos montar uma versão caseira de um carregador powerbank híbrido, podendo ser carregado pela tensão alternada de concessionária elétrica advindo de um carregador de smartphone ou acoplada a uma célula solar contendo duas ou três baterias íon-lítio reaproveitadas de lâmpadas de emergência, devendo as baterias estar em bom estado. Além de componentes eletrônicos responsáveis pelo gerenciamento e conversão energética como um módulo regulador de saída elevador 'step up' USB, um regulador de tensão 7805, um módulo de carga micro USB, fios, um transistor 1N4007, uma placa PCI ilhada 5 x 6 cm² (ou um pedaço de papelão na ausência deste componente, enxugando ainda mais o custo do projeto), um interruptor de três posições reaproveitado da luminária de emergência, soldas de estanho e uma saboneteira transparente utilizada como **case** com grande parte destes componentes disponibilizada em lojas de eletrônica especializada ou em sites de compra virtual como 'mercado livre'.

As ferramentas para a confecção de nossa célula solar acoplada ao powerbank híbrido caseiro consta de um ferro de solda, um sugador de solda (opcional), solda de estanho, fita isolante, alicate de corte e dois elásticos. O esquema eletrônico desse projeto será nosso seguro horizonte para atingirmos seguramente nosso objetivo. É necessário frisar a estrita observância do esquema de ligação do aparato obedecendo ao código de cores em que a linha vermelha representa o polo positivo (+) da bateria e a linha preta representa o polo negativo (-) da bateria. A simples troca desta polaridade em alguma etapa do circuito acarreta na imediata queima dos componentes eletrônicos. As dúvidas dos professores no que concerne à correta execução do projeto podem ser encaminhadas para o e-mail : leandro.britto@hotmail.com



OBSERVAÇÃO: A bateria de íon-lítio possui sensibilidade elevada em termos do aumento de temperatura, de modo que se exposta a elevadas temperaturas no sol, pode apresentar riscos. Portanto, **SOB NENHUMA HIPÓTESE** exponha o carregador *powerbank* à radiação solar juntamente com a célula solar fotovoltaica!!! Acondicione as baterias num local protegido por sombra, como por exemplo nas bolsas laterais da mochila.

4.3.1 CÁLCULO DO RENDIMENTO OU EFICIÊNCIA DO ARRANJO SÉRIE-PARALELO DAS CÉLULAS SOLARES DE SILÍCIO

$$\eta = \frac{P_{elet}}{P_{luz}} \times 100\% = \frac{P_{luz}}{\text{área (cm}^2\text{)} \times 1000 \text{mW/cm}^2} \quad (\text{XIII})$$

Em que:

η - é o rendimento do aparato, ou seja, é o fator de conversão da energia total de radiação total captada e a energia elétrica convertida (ou efetivamente entregue). Adimensional; o rendimento de uma célula solar de silício compreende na faixa de 16 a 20 % dependendo da qualidade da célula.

P_{elet} - Potência elétrica convertida pelo processo fotovoltaico, em watts;

P_{luz} - Potência total ou recebida da radiação solar, em watts.

Exercícios

1) Grandezas como energia pode ser medidas em diferentes unidades. Uma delas, em escala apropriada para o elétron, bem como seus níveis de energia é conhecida como elétron-volt. Sabendo que uma unidade de energia elétron-volt (e.V) equivale a $1,6 \cdot 10^{-19}$ J, unidade de energia no sistema internacional de unidades (S.I), converta às seguintes unidades de energia para Joule:

Dados:	
1 G = 10^9 unidades	1 M = 10^6 unidades

- a) 1 G e.V : _____ J
 b) 40 M e.V : _____ J
 c) 10^{21} e.V : _____ J

2) - Calcule a energia (em elétron-volt, eV) dos fótons para a luz que tem um comprimento de onda da cor violeta , 400 nm e para a luz vermelha, que tem um comprimento de onda igual a 700nm , cores extremas do espectro da luz visível.

h

(dados: 1nanômetro 'nm' = $1,0 \times 10^{-9}$ m e constante de Planck $h = 4,1357 \times 10^{-15}$ eV).

3) - A intensidade da luz do sol na superfície da Terra seja aproximadamente 1400 w / m^2 . Supondo que a energia média do fóton é de 2,00 ev (correspondente a um comprimento de onda de aproximadamente 600nm), o número de fótons que atingem uma área de $1,00\text{cm}^2$ a cada segundo é de:

Dados:

i) $\Delta E = N \cdot E = h \cdot \nu$, onde n é o número de fótons , h a constante de Planck em elétron-volt e ν a frequência correspondente do fóton emitido em Hz

ii) $h = 4,135 \cdot 10^{-15}$ eV.s

iii) Intensidade luminosa (potência por unidade de área) $I = P/A$ em watts por metro quadrado.

iv) $\Delta E = P \cdot \Delta t$ em elétron-volt

(a)

(b)

(c)

(d)

4) Encontre a energia dos fótons para os três comprimentos de onda mais compridos da série de Balmer para o átomo de hidrogênio e calcule estes três comprimentos de onda.

5) De acordo com o modelo de Bohr, a energia cinética do elétron no estado fundamental do átomo de hidrogênio é $E_0 = -13,6 \text{ eV}$ e o raio de órbita para este mesmo estado equivale a $a_0 = 0,053 \text{ nm}$ (nanômetros, equivalente a

10^{-9}m) . A energia cinética do elétron no estado $n=2$ e o raio de órbita para $n=5$ corresponde a:

6) - Vamos extrair dados de nossa atividade experimental ?Certamente, a confecção de nossa célula solar acoplada ao powerbank foi um sucesso e, uma vez o dispositivo verificado em pleno funcionamento, iremos verificar inúmeros parâmetros de seu desempenho, como tempo de carga solar para preencher a bateria por completo, tempo de carga da rede de concessionária de energia para carga completa da bateria, qual o percentual que as baterias de nossos dispositivos (smartphones, tablets e outros) atingem com a transferência completa da carga da bateria para o seu dispositivo. Para isto, você terá em mãos o formulário do **APÊNDICE A** completo para preenchimento, bastando seguir os dados ali solicitados

Apêndice A

FORMULÁRIO DE EXTRAÇÃO DE DADOS DA CÉLULA SOLAR ACOPLADA AO POWERBANK CASEIRO

**FORMULÁRIO DE DESEMPENHO DA CÉLULA SOLAR ACOPLADO AO
POWERBANK CASEIRO**

NOME: _____

SÉRIE/TURMA: _____

PROFESSOR MEDIADOR: _____

DATA: ____ / ____ / ____

TEMPO DE CARGA DA BATERIA NO SOL: _____ horas _____ min

TEMPO DE DESCARGA NO CELULAR: _____ min

PERCENTUAL DE CARGA TRANSFERIDA PARA O

SMARTPHONE/TABLET/DISPOSITIVO: _____ %

CONCLUSÕES ACERCA DO

EXPERIMENTO: _____

