



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

RODRIGO RAPOSO DA SILVA

**A EXPERIÊNCIA COM UM PROJETO DE  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS AULAS DE FÍSICA DO  
3º ANO DO ENSINO MÉDIO**

CAMPINA GRANDE – PB

2015

RODRIGO RAPOSO DA SILVA

**A EXPERIÊNCIA COM UM PROJETO DE  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS AULAS DE FÍSICA DO  
3º ANO DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly

Co-orientadora: Profa. Dra. Morgana Lígia Freire

CAMPINA GRANDE – PB

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586e Silva, Rodrigo Raposo da.  
A experiência com um Projeto de educação ambiental nas aulas de física do 3º ano do ensino médio [manuscrito] / Rodrigo Raposo da Silva. - 2015.  
143 p. : il. color.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.  
"Orientação: Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly, Departamento de Física".  
"Co-Orientação: Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire, Departamento de Física".  
1. Ensino de Física. 2. Educação ambiental. 3. Metodologia de projetos. 4. Energia solar. I. Título.

21. ed. CDD 530

RODRIGO RAPOSO DA SILVA

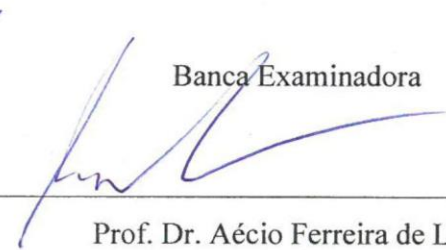
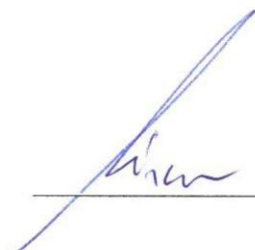
## A EXPERIÊNCIA COM UM PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS AULAS DE FÍSICA DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada a Banca Examinadora como requisito para obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Área de concentração: Ensino de Física

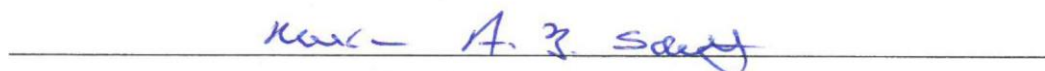
Aprovado em 15 junho de 2015

Banca Examinadora



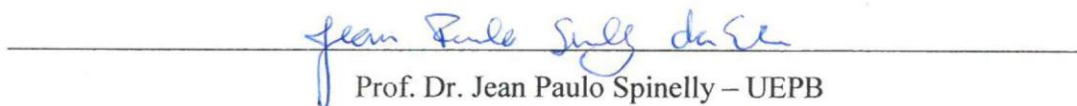
---

Prof. Dr. Aécio Ferreira de Lima  
(Examinador Externo)



---

Prof. Dr. Marcos Antônio Barros  
(Examinador Interno)



---

Prof. Dr. Jean Paulo Spinelly – UEPB  
(Orientador)

CAMPINA GRANDE – PB

2015

Este trabalho é dedicado, a todos os educadores ambientais do nosso país que lutam diariamente para a conservação do nosso maior patrimônio “a natureza”.

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, Dr. Jean Paulo Spinelly pela atenção, dedicação, paciência e Profissionalismo, demonstrados, durante o árduo processo de produção e pesquisa deste trabalho dissertativo.

Ao Professor Silvano de Andrade, coordenador do programa de pós-graduação em Ensino de Ciência e Matemática e a todos os professores do programa, pelas importantes contribuições que trouxeram para a minha formação docente.

A Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira e aos seus gestores, por conceder o apoio moral e intelectual e de recursos, como salas e laboratórios, que tornaram a produção desta pesquisa uma vivência agradável no ambiente escolar.

Aos alunos do 3º ano F manhã, pela confiança depositada no professor e por terem participado efetivamente da experiência, dos trabalhos com os projetos de pesquisa.

"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo para às presentes e futuras gerações."

Artigo 225 da Constituição

## RESUMO

SILVA, R.R. **A Experiência com um Projeto de Educação Ambiental nas Aulas de Física do 3º Ano Médio**, 2015, 143 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual da Paraíba – 2015.

O referido trabalho trata-se, de uma pesquisa envolvendo a Educação Ambiental, em uma abordagem CTSA para o Ensino de Física, realizada durante as aulas de Física do 3º ano F da Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira, no ano letivo de 2013. O trabalho descreve as etapas de produção de um projeto na turma do 3ºF, no qual os alunos realizaram pesquisas, direcionadas para o estudo de sistemas, capazes de converter a energia solar em outras formas de energia e que tivessem aplicações, como fornos, aquecedores solares e painéis solares. Foi proposto aos alunos, que criassem tais aparelhos, utilizando a reciclagem e os materiais de baixo custo. A referida pesquisa é justificada pelas necessidades de renovação do Ensino de Física, que procuram tornar os conhecimentos escolares mais significativos para a vida do estudante, inclusive mantendo relações com conhecimentos de outras áreas, é o caso da Educação Ambiental. Entre as principais ações do projeto, destacamos o uso e manipulação de pequenos painéis solares e medidores de energia, o desenvolvimento de miniprojetos com materiais reciclados e a construção de uma maquete, simulando uma casa sustentável. Com a aplicação da rotina de trabalho com projetos, na turma do 3º ano F, procurou-se investigar a partir de dados qualitativos colhidos a partir da aplicação de um questionário naquela turma, informações que dessem subsídio para a construção de uma proposta didática para o Ensino de Física em uma abordagem CTSA. Como produto da investigação, foi produzida uma proposta didática, cujo tema é a Energia Solar, abordada através da construção de miniprojetos.

**PALAVRAS CHAVE:** Educação Ambiental, Ensino de Física, Metodologia de Projetos, Energia Solar.



## **ABSTRACT**

**SILVA, R.R Experience in an Environmental Education Project in Physics classes of senior high school**, 2015 143 f. Dissertation (Master) – State University of Paraíba - 2015.

This work is a research project on Environmental Education which was carried out during the development of physics classes of senior high school, class F, at Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira, during the school year 2013. The work describes the steps of the research project application in senior class, in which students conducted research directed to the study of systems capable of converting solar energy into other forms of energy that had applications, like ovens, solar heaters and solar power panels. The students were supposed to develop such apparatus by utilizing reuse of materials. Such research is justified by the renovation needs of education that seek to make the most significant school knowledge to the student life, including keeping with knowledge from other areas, such as environmental education. Such research is justified by the renovation needs of Physical Education, seeking to make the most significant school knowledge to the student life, including maintaining relationships with knowledge from other areas, in the case of Environmental Education. Among the main actions accomplished in the research project, we have the use and handling of solar mini panels and energy meters, the development of solar equipment with recycled materials and model building with solar panels. With the implementation of this work routine, we inquired from qualitative data collected through a questionnaire. With the application with project work routine, the class of 3rd year F, we tried to investigate from qualitative data gathered from the application of a questionnaire that class, information that give subsidy for the construction of a didactic proposal for the Physics Teaching in a CTSA approach. As product research, it has produced a didactic proposal, whose subject is the Solar Energy, addressed by building mini-projects.

**KEY WORDS:** Environmental Education, Physics Education, Project Methodology, Solar energy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Histórico da Educação Ambiental Global com os Principais Fatos.....	26
<b>FIGURA 2:</b> Histórico da Educação Ambiental Brasileira.....	29
<b>FIGURA 3:</b> Estrutura Organizacional do PRONEA.....	30
<b>FIGURA 4:</b> Fusão Termonuclear no Núcleo do Sol.....	38
<b>FIGURA 5:</b> Diferentes Estruturas moleculares dos metais.....	39
<b>FIGURA 6:</b> Armadilha unidimensional.....	41
<b>FIGURA 7:</b> Representação do momento angular do elétron.....	42
<b>FIGURA 8:</b> Momento magnético do elétron.....	43
<b>FIGURA 9:</b> Momento magnético do spin.....	43
<b>FIGURA 10:</b> Bandas de Energia.....	44
<b>FIGURA 11:</b> Estrutura de bandas de diferentes materiais.....	44
<b>FIGURA 12 (a):</b> Bandas de energia de um isolante.....	45
<b>FIGURA 12 (b):</b> Bandas de energia de um metal.....	45
<b>FIGURA 13:</b> Movimento de lacunas em um semicondutor.....	47
<b>FIGURA 14:</b> Semicondutores.....	49
<b>FIGURA 15:</b> Banda de condução e banda de valência de um semicondutor tipo n.....	49
<b>FIGURA 16:</b> Banda de condução e banda de valência de um semicondutor tipo p.....	50
<b>FIGURA 17</b> Junção p-n.....	51
<b>FIGURA 18:</b> Diferença de potencial de contato $V_0$ da camada de depleção.....	51
<b>FIGURA 19:</b> Efeito fotovoltaico.....	52
<b>FIGURA 20:</b> Circuito equivalente de uma célula fotovoltaica Ideal.....	53
<b>FIGURA 21:</b> Curva I-V de uma célula fotovoltaica de silício.....	55
<b>FIGURA 22:</b> Estrutura básica de uma célula fotovoltaica.....	56

<b>FIGURA 23:</b> Painéis solares monocristalino, policristalino e de Filmes finos.....	56
<b>FIGURA 24:</b> Comparação entre diferentes tipos de células.....	57
<b>FIGURA 25:</b> Módulo fotovoltaico.....	58
<b>FIGURA 26:</b> Hierarquia fotovoltaica.....	59
<b>FIGURA 27:</b> Modelo de sistema fotovoltaico para uma residência.....	60
<b>FIGURA 28:</b> Características da escola tradicional.....	61
<b>FIGURA 29:</b> Características da escola renovada.....	62
<b>FIGURA 30:</b> A introdução dos projetos de trabalho na escola Pompeu Fabra.....	64
<b>FIGURA 31:</b> Diferença entre projetos de trabalho e centros de interesse.....	67
<b>FIGURA 32:</b> Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira.....	68
<b>FIGURA 33:</b> Questionário do projeto de pesquisa.....	80
<b>FIGURA 34:</b> Representação do efeito estufa no forno solar tipo caixa.....	105
<b>FIGURA 35:</b> Forno solar com abas laterais.....	107
<b>FIGURA 36:</b> Parte interna do forno solar.....	109
<b>FIGURA 37:</b> Montagem das caixas e ajustes.....	110
<b>FIGURA 38:</b> Produzindo a tampa.....	110
<b>FIGURA 39:</b> Tampa do forno solar.....	111
<b>FIGURA 40:</b> Produção do refletor.....	112
<b>FIGURA 41:</b> Forno solar tipo caixa, produzido com materiais de baixo custo.....	112
<b>FIGURA 42:</b> Desenho esquemático de um sistema de aquecimento solar residencial.....	113
<b>FIGURA 43:</b> Efeito termossifão.....	114
<b>FIGURA 44:</b> Estrutura do coletor solar fechado.....	115
<b>FIGURA 45:</b> coletor térmico aberto.....	116
<b>FIGURA 46:</b> coletor térmico a vácuo.....	116

<b>FIGURA 47:</b> Rendimento dos diferentes coletores.....	117
<b>FIGURA 48:</b> trajetória do Sol e desvio do norte geográfico.....	117
<b>FIGURA 49:</b> Reservatório térmico.....	118
<b>FIGURA 50:</b> Conectores e suportes.....	119
<b>FIGURA 51:</b> Encaixes das tubulações no coletor .....	120
<b>FIGURA 52:</b> Fazendo o corte que servirá de suporte para o coletor.....	120
<b>FIGURA 53:</b> Usando a serra para fazer o rasgo.....	121
<b>FIGURA 54:</b> Encaixe das placas nos tubos.....	121
<b>FIGURA 55:</b> Aquecedor solar.....	122
<b>FIGURA 56:</b> Instalação do pescador e da torneira.....	122
<b>FIGURA 57:</b> Experiência para visualizar o efeito termossifão.....	123
<b>FIGURA 58:</b> Formação do material tipo P.....	124
<b>FIGURA 59:</b> Formação do material tipo P.....	125
<b>FIGURA 60:</b> Junção p-n.....	126
<b>FIGURA 61:</b> Potencial de contato $V_o$ , produzido pela zona de depleção.....	126
<b>FIGURA 62:</b> Efeito fotovoltaico.....	127
<b>FIGURA 63:</b> Estrutura básica de uma célula fotovoltaica.....	128
<b>FIGURA 64:</b> Módulo fotovoltaico.....	129
<b>FIGURA 65:</b> Construção da base e disposição dos leds.....	130
<b>FIGURA 66:</b> Identificação dos terminais do led.....	130
<b>FIGURA 67:</b> Soldagem dos terminais das extremidades.....	131
<b>FIGURA 68:</b> Soldagem dos terminais das linhas do meio.....	132
<b>FIGURA 69:</b> Experimento com uso de calculadora.....	132
<b>FIGURA 70:</b> Ilustração de uma casa sustentável .....	133
<b>FIGURA 71:</b> Corrente elétrica.....	134

<b>FIGURA 72:</b> Gerador de força eletromotriz.....	136
<b>FIGURA 73:</b> Associação de geradores em série.....	136
<b>FIGURA 74:</b> Hierarquia fotovoltaica.....	137
<b>FIGURA 75:</b> Geradores ligados em paralelo.....	138
<b>FIGURA 76:</b> Sistema fotovoltaico ligado à rede pública.....	139
<b>FIGURA 77:</b> Sistema fotovoltaico isolado.....	140
<b>FIGURA 78:</b> Projeto da casa.....	141

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1:</b> Principais vantagens dos projetos de pesquisa na concepção dos alunos do 3º ano F.....	83
<b>GRÁFICO 2:</b> Principais vantagens dos projetos de pesquisa na concepção dos alunos do 3º ano F.....	84
<b>GRÁFICO 3:</b> Conteúdos trabalhados no projeto de pesquisa.....	85
<b>GRÁFICO 4:</b> Materiais práticos utilizados e produzidos no projeto de pesquisa.....	86
<b>GRÁFICO 5:</b> Características do trabalho que o representam como uma prática em Educação Ambiental.....	87

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1:</b> As atividades do projeto em cada local da escola.....	69
<b>TABELA 2:</b> Distribuição dos trabalhos nas equipes.....	71
<b>TABELA 3:</b> Atividades do projeto no cronograma dos meses.....	74
<b>TABELA 4:</b> Modelo de Matriz usada na categorização dos dados.....	78
<b>TABELA 5:</b> Miniprojetos.....	99
<b>TABELA 6:</b> Slides dos seminários.....	101

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>FOTOGRAFIA 1:</b> Reuniões de grupo.....	72
<b>FOTOGRAFIA 2:</b> Atividade com painéis solares.....	73
<b>FOTOGRAFIA 3:</b> Atividades com reciclagem de materiais.....	75
<b>FOTOGRAFIA 4:</b> Forno solar a montagem de aquecedor solar.....	76
<b>FOTOGRAFIA 5:</b> Construção da maquete.....	77
<b>FOTOGRAFIA 6:</b> Instalação elétrica da maquete.....	142
<b>FOTOGRAFIA 7:</b> Testes dos painéis com luz artificial.....	143
<b>FOTOGRAFIA 8:</b> Paisagismo.....	143



## **LISTA DE SIGLAS**

EA- Educação Ambiental

CNE – Conselho Nacional de Educação

ECO92 – Conferência do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano

EJA – Educação de Jovens e Adultos

MEC – Ministério da Educação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MMV – Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira

ONU – Organização das Nações Unidas

PIEA – Programa Internacional de Educação Ambiental

PCNS - Parâmetros Curriculares Nacionais

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PRONEA – Programa Nacional de Meio Ambiente

PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Ciência e a Cultura

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 Educação Ambiental.....	20
2.1.1 A trajetória da Educação Ambiental nas conferências internacionais sobre meio ambiente e desenvolvimento humano.....	22
2.1.2 Educação Ambiental no Brasil e o PRONEA.....	26
2.1.3 Educação Ambiental e perspectivas para o Ensino de Física.....	32
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	37
3.1 Energia Fotovoltaica.....	37
3.1.1 Estrutura dos sólidos e bandas de energia.....	38
3.1.2 Efeito fotovoltaico.....	47
3.1.3 Modelo matemático da célula fotovoltaica.....	53
3.1.4 A Célula Fotovoltaica e os painéis solares.....	55
3.1.5 Sistema de Energia fotovoltaica em uma residência.....	58
3.2. O trabalho com a metodologia de ensino por projetos.....	60
4. METODOLOGIA.....	67
4.1. Os sujeitos da pesquisa.....	67
4.2 O universo da pesquisa.....	67
4.3 Descrevendo o projeto de pesquisa.....	69
4.3.1 A escolha do tema.....	69
4.3.2 A execução do projeto.....	70
4.3.3 A produção do projeto.....	74
4.4 O questionário usado como coleta de dados.....	77
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
5.1 Resultados.....	81
5.2 Discussões.....	87
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
7. REFERÊNCIAS.....	94
APÊNDICE: Proposta Didática.....	98
ANEXO A: Miniprojeto Fogão Solar Tipo Caixa.....	105

ANEXO B: Miniprojeto Aquecedor Solar.....	113
ANEXO C: Miniprojeto Painel Fotovoltaico Caseiro.....	124
ANEXO D: Miniprojeto Casa sustentável.....	133

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o Ensino Médio passa, nos últimos anos, por reformulações que pretendem torná-lo mais significativo para os jovens, ajudando-os a enfrentar os desafios que são impostos pela sociedade atual.

Essas reformulações no ensino estão previstas nas orientações contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS) e entre elas, destaca-se a estruturação de um currículo, baseado em competências e habilidades que devem ser adquiridas pelos alunos ao fim do Ensino Médio. Em relação ao Ensino de Ciências, observa-se, nas orientações dos Parâmetros Curriculares, a necessidade de rompimento com modelos tradicionais de ensino, que baseados em simples processos de transmissão e reprodução de informações, reforçam o conceito de uma Ciência neutra e desinteressante.

Aliado aos métodos de ensino tradicionais, existem problemas no cotidiano das escolas que interferem diretamente nas possibilidades de renovação do ensino. Um currículo inflexível, o déficit de carga horária nas disciplinas do eixo tecnológico, a falta de incentivo à profissão docente e a estrutura precária das escolas, são alguns dos desafios que precisam ser superados.

Uma das maneiras de enfrentar estes desafios é a utilização de propostas didáticas que valorizem o método ativo no processo de ensino-aprendizagem, das quais destacam-se os projetos de pesquisa.

Os projetos de pesquisa são propostas didáticas que exploram diferentes aspectos na sala de aula, como a pesquisa, o trabalho coletivo, a interdisciplinaridade e a cidadania, contemplando de maneira mais assídua, as competências e habilidades previstas nos PCNS. Martins (2001) se refere a esses projetos como uma maneira de tratar o conhecimento dentro de uma visão globalizante de saberes e, segundo o autor, são numerosas as escolas que já adotam essa forma de organizar seus currículos.

Entre as linhas de ação que podem ser utilizadas na produção dos projetos em sala de aula, temos a Educação Ambiental, prevista nos PCNS como tema transversal no Ensino fundamental e pelo artigo 2º, da lei nº9796 (BRASIL, 1999), como um componente essencial e que deve estar presente de forma articulada, em todos os níveis e modalidades de ensino.

No Ensino de Física, a temática ambiental pode seguir a proposta de projetos de pesquisa, em uma abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente). Na abordagem CTSA, a Física é compreendida em um contexto mais amplo e complexo, onde

podem ser debatidos os problemas causados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, como também, possíveis soluções, obtidas a partir da aplicação de estudos e pesquisas que tentem diminuir, os impactos causados pelos meios produtivos humanos sobre o meio ambiente natural.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é a construção de uma proposta didática que compartilhe da metodologia dos projetos descrita por Martins (2001). A proposta consiste no desenvolvimento de quatro miniprojetos com abordagem CTSA, no ensino de Física; e sua elaboração foi baseada nas concepções obtidas através da aplicação dessa metodologia em uma turma piloto do ensino médio.

O texto dissertativo está organizado como segue: No segundo capítulo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os conhecimentos que fundamentam a pesquisa, onde se discute temas que estão relacionados à Física, Ensino de Física, Educação Ambiental e Projetos de Pesquisa; No terceiro capítulo foram abordados os aspectos metodológicos da atividade investigada, descrevendo o universo e os sujeitos da pesquisa, transcrevendo, em uma abordagem qualitativa de estudo de caso, os passos dados para a elaboração e execução do projeto de pesquisa e apresentando o questionário como instrumento de coleta de dados; No quarto capítulo são expostos os resultados e as discussões do questionário aplicado, os quais servem de base para elaboração da proposta didática; No capítulo cinco, é apresentada a proposta didática; Por fim, são feitas as considerações finais. Além desses capítulos, há um anexo, onde são dispostos os miniprojetos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

A Educação Ambiental (EA) é uma temática que está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas e, podemos evidenciar essa tendência nos diversos meios de comunicação de massa e na crescente preocupação da população com temas do cotidiano que dizem respeito à preservação dos recursos naturais e a qualidade de vida do homem.

A segurança dos recursos hídricos, o descarte adequado dos resíduos sólidos, as doenças respiratórias causadas pela poluição térmica e as crises de abastecimento de energia elétrica ocorridos nas grandes cidades, são exemplos de temas ambientais largamente debatidos.

Historicamente, a preocupação com o meio ambiente, ganhou maiores dimensões em meados do século XX junto às primeiras conferências sobre meio ambiente e desenvolvimento humano.

Nessas conferências, a EA é mencionada como essencial para o entendimento dos problemas ambientais e para a formação de atitudes positivas em relação à preservação dos recursos naturais e a melhoria das condições de vida da população.

A Educação Ambiental surge em um cenário de discussões de diversas conferências ambientais, como um conhecimento multidisciplinar, capaz de melhorar as condições de vida do homem no ambiente, transformado pelas suas próprias atividades produtivas e sociais, devendo essa ser praticada em todos os segmentos da sociedade, tanto no ensino formal como no ensino não formal.

Atualmente, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS), recomendam que a prática da Educação Ambiental ocorra em caráter transversal e apenas nas séries do Ensino Fundamental, similar ao que ocorre aos conhecimentos sobre ética e sexualidade.

A incorporação dos temas transversais desenvolve a flexibilidade e o dinamismo do Currículo na medida em que esses temas ganham importância equiparada às áreas de conhecimento convencional, priorizando-se a sua contextualização de acordo com diferentes realidades vivenciadas (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, 1997).

Embora os PCNS recomendem a EA como tema a ser trabalho apenas no Ensino Fundamental, o mesmo apresenta-se como um instrumento de grande importância para o

exercício da cidadania, devendo ser incentivado nos diferentes segmentos da sociedade, incluindo a educação formal e não formal.

Essa necessidade de maior abrangência da Educação Ambiental é reiterada no artigo 2º, da lei nº9796 (BRASIL, 1999) que considera educação ambiental um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal.

Prevista em lei, é importante que a educação ambiental esteja implantada no cotidiano das escolas de ensino básico, como um instrumento de formação do cidadão e que a cada dia os professores e técnicos das escolas estejam mais capacitados para desenvolver suas práticas.

Estas práticas não podem ser concebidas ingênua e simplificada, os projetos realizados nas escolas, devem despertar nos jovens a sua criatividade para o desenvolvimento de tecnologias visando à diminuição dos impactos ambientais. Para atingir este propósito, os conhecimentos das disciplinas tecnológicas, entre elas a Física, assume vital importância.

Talvez, uma das dificuldades em realizar ações bem planejadas sobre Educação Ambiental nas escolas, esteja na falta do conhecimento dos educadores sobre os pressupostos da EA que foram formados por fragmentos de diversas conferências mundiais sobre meio ambiente e desenvolvimento humano, realizadas entre as décadas de 70 e 90.

Os educadores ambientais ainda estão se apropriando de conceitos e métodos de disciplinas já estabelecidas. Talvez por isto os educadores ambientais não estejam bem definidos e hajam tantos “educadores ambientais de ocasião” (PEDRINI, 1997, P.14).

Estes pesquisadores podem ser caracterizados, principalmente, como professores que atuam no ensino formal e que desenvolvem diversos projetos em Educação Ambiental. Esses trabalhos podem estar relacionados à preservação, ao tratamento de resíduos sólidos, a programas de saúde, entre vários outros.

Ainda de acordo com Pedrini (1997, p.15),

Hipotetiza-se então que entre permanecer omissos e inertes, face à destruição sócio-ambiental de que são testemunhas, muitos educadores ambientais de variadas trajetórias profissionais partem para a prática. Mesmo inadequadamente qualificados deslocam-se sem referenciais teóricos conceituais para a realidade, tentando reverter o quadro caótico de devastação ambiental urbana, fazendo recortes espaço-temporais inadequados. Mas o idealismo e a força de vontade são tão grandes que é possível que alguns educadores possam estar superando todas as dificuldades e atingindo seus objetivos.

Segundo Pedrini (1997), o planejamento participativo, a metodologia de projetos, a interdisciplinaridade e a avaliação por simulação são alguns pressupostos básicos apontados pela Organização das Nações Unidas para a Ciência e a Cultura (UNESCO), como necessários, para a realização de uma intervenção didática pedagógica eficiente por parte dos professores, causando uma mudança no comportamento dos educandos via aquisição de novos conhecimentos.

Os estabelecimentos de ensino formal são os espaços de atuação destes profissionais, que trazem para os seus interiores, diferentes olhares e concepções a cerca das práticas ambientais. No entanto, a falta de conhecimento dos pressupostos acima apontados, diminui consideravelmente a influência que suas práticas exercem nas escolas.

Nesse contexto, buscam-se os parâmetros que caracterizem a Educação Ambiental como área de conhecimento nas conferências internacionais sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, realizadas a partir da década de 70, nas quais a Educação Ambiental é um tema amplamente discutido.

### **2.1.1 A TRAJETÓRIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS CONFERÊNCIAS INTERNACIONAIS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO HUMANO**

As conferências mundiais sobre meio ambiente e desenvolvimento humano, foram fundamentais para o desenvolvimento da Educação Ambiental nas últimas décadas e o ponto de partida para conceber este conhecimento fragmentado, foi a primeira conferência sobre o meio ambiente humano ocorrida na cidade de Estocolmo em 1972.

Entre as décadas de 70 e 90, após a conferência de Estocolmo, foram realizadas diversas outras conferências e encontros, com o objetivo de buscar mecanismos que conciliassem desenvolvimento econômico e meio ambiente em caráter mundial, determinando a criação de pareceres, manifestos e programas de Educação Ambiental.

Em Belgrado, foi realizado um encontro internacional de Educação Ambiental em 1975 e em Tbilisi, no ano de 1977, realizou-se a conferência intergovernamental sobre o mesmo tema, que culminou com o desenvolvimento de um Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA).

No ano de 1987, em Moscou, durante o congresso internacional sobre Educação e Formação Relativas ao Meio-ambiente, foi apontado um plano de ação para a década de 90,



que previa entre outras prioridades a formação de docentes na área de Educação Ambiental e a implantação desta em todos os níveis da educação formal.

Já na década de 90, durante a conferência do Rio de Janeiro em 1992, ocorreu a construção da agenda 21 com importantes encaminhamentos de incentivo ao desenvolvimento humano em seus vários aspectos: político, social, econômico e ecológico procurando minimizar os impactos socioambientais através do desenvolvimento de ações articuladas e participativas, integrando os setores públicos e privados.

A Declaração relativa à conferência de Estocolmo sobre meio ambiente e desenvolvimento humano, segundo a Organização das Nações Unidas (1972), proclamou o homem como construtor do meio ambiente, devendo o mesmo fazer uma constante avaliação de sua experiência e da sua capacidade de transformar o que o cerca com discernimento, podendo trazer grandes benefícios, e se aplicada imprudentemente poder causar danos incalculáveis.

O desenvolvimento tecnológico como instrumento de dominação e exclusão, a exploração inadequada dos recursos naturais e o crescimento demográfico da população em regiões que afete o desenvolvimento e a qualidade de vida são preocupações compartilhadas na declaração de Estocolmo.

Também foi afirmado nesta declaração, que nos países em desenvolvimento, a maioria dos problemas ambientais, são motivados pelo subdesenvolvimento e nos países industrializados os problemas estão relacionados a industrialização e o desenvolvimento tecnológico (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1972).

Medidas como o fortalecimento das políticas ambientais dos Estados, o planejamento racional e dos assentamentos humanos e o fomento ao desenvolvimento de pesquisas sobre problemas ambientais são apontados nesta declaração, como princípios a serem seguidos para a conservação e melhoria do ambiente humano. No entanto, para que consigamos melhorar a qualidade do meio ambiente, a conscientização da população mundial sobre suas responsabilidades para a conservação do planeta é fundamental.

É indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada e de uma conduta dos indivíduos, das empresas e das coletividades inspirada no meio ambiente e em toda sua dimensão humana. É igualmente essencial que os meios de comunicação de massas evitem contribuir para a deterioração do meio ambiente humano e, ao contrário, difundam informação de caráter educativo sobre a necessidade de protegê-lo e melhorá-lo, a fim de que o homem possa desenvolver-se em todos os aspectos. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1972, p.6).

Para Pedrini (1997), as inquietações colocadas na declaração de Estocolmo fizeram com que a Educação Ambiental passasse a ser reconhecida como essencial para solucionar a crise ambiental global. Além disso, outra consequência desta conferência foi à criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Estabelecido em 1972, o PNUMA tem entre seus principais objetivos manter o estado do meio ambiente global sob contínuo monitoramento; alertar povos e nações sobre problemas e ameaças ao meio ambiente e recomendar medidas para melhorar a qualidade de vida da população sem comprometer os recursos e serviços ambientais das gerações futuras (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2014).

Do encontro de Belgrado ocorrido em 1975, resultou uma carta manifesto, expressando a situação da problemática ambiental e propondo um programa mundial de Educação Ambiental, que culminou anos depois com a criação do Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA).

A carta de Belgrado manifesta a intenção de resolver as causas básicas da pobreza, fome, contaminação, analfabetismo, dominação e exploração propondo uma nova formação ética na qual os problemas não sejam vistos de forma fragmentada, apoiando um crescimento econômico no qual os recursos da terra sejam utilizados de forma benéfica para toda a humanidade e que as políticas de exploração econômica sejam questionadas, considerando as suas consequências para a sociedade e os recursos naturais disponíveis.

De acordo com O Ministério do Meio Ambiente (2014, p.1)

Para que se possa alcançar mudança de prioridades, milhões de pessoas terão que adequar as suas prioridades e assumir uma ética individualizada e pessoal, e manifestar, em seu comportamento global, uma postura de compromisso com a melhoria da qualidade do meio ambiente e da vida de todos os povos do mundo.

O programa de Educação Ambiental Mundial proposto em Belgrado teve como objetivo o cumprimento de metas, nas quais podemos destacar:

A meta da Educação Ambiental é formar uma população mundial consciente e preocupada com o meio ambiente e com os problemas associados, e que tenha um conhecimento, aptidão, atitude, motivação e compromisso para trabalhar individualmente e coletivamente na busca de soluções para os problemas existentes e para prevenir novos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014, p.2).

Para alcançar tal meta, foram traçados em Belgrado diretrizes e objetivos, dos quais destacamos que a prática da Educação Ambiental deve ocorrer em um processo contínuo e com o uso de métodos interdisciplinares que enfatizem a participação ativa na prevenção e

solução de problemas ambientais em nível local, nacional e internacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

Seguindo a trajetória das conferências e encontros internacionais, observa-se que a Educação Ambiental recebe cada vez mais notoriedade, quanto à possibilidade de reverter um quadro de degradação ambiental que se instala mundialmente e que vem acompanhado de sérios problemas socioambientais.

Em relação ao congresso internacional sobre educação ambiental, realizado em Moscou no ano de 1980, o Ministério do Meio Ambiente (2014), afirma que:

A Educação Ambiental deve ser dirigida à comunidade despertando o interesse do indivíduo em participar de um processo ativo no sentido de resolver problemas dentro de um contexto de realidades específicas, estimulando a iniciativa, o senso de responsabilidade e o esforço para construir um futuro melhor. Por sua própria natureza, a Educação Ambiental pode, ainda, contribuir satisfatoriamente para a renovação do processo educativo.

A conferência de Moscou de 1987 apontou um plano de ação para a década de 90, com alguns pressupostos de reorientação educacional, que tinham como objetivo a modificação do comportamento da população, a partir do desenvolvimento de hábitos e habilidades, promoção de valores e tomada de consciência quanto às questões sócioambientais.

Segundo Pedrini (1997, p.29) alguns pressupostos deste processo de reorientação educacional, são: o desenvolvimento de um modelo curricular, intercâmbio de informações sobre o desenvolvimento de currículo, promoção de avaliação de currículo, desenvolvimento de novos recursos instrucionais, capacitação de docentes e licenciados em Educação Ambiental, e informar sobre a legislação ambiental.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992 (ECO92), foi marcada pelo encontro de entidades governamentais e não governamentais que contribuíram para os debates e o desenvolvimento de propostas que apontam possíveis soluções para os problemas socioambientais.

Podemos enumerar como principais fatos ocorridos em meio a esta conferência a construção da Agenda 21, a declaração de florestas, a convenção-quadro sobre mudanças climáticas, a realização de workshops enfocando a implementação imediata da Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e o Fórum das ONGs, do qual derivou o tratado da educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global.

Entre alguns dos princípios observados nas declarações do rio temos: ser dever do estado adotar legislações ambientais eficazes e promover o desenvolvimento sustentável, estando o ser humano no centro das preocupações, a declaração também remete as mulheres e aos povos indígenas e suas comunidades, papel vital no gerenciamento do meio ambiente e no desenvolvimento (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992).

Figura1 - Histórico da educação ambiental global com os principais fatos



Fonte: <http://slideshare.net>

Em Tessaloníki, cinco anos após a conferência do Rio, foi relatado um insuficiente progresso nas ações ambientais, estes relatos enfocaram que a Educação Ambiental, deveria seguir um processo de reorientação.

De acordo com O Ministério do Meio Ambiente (2013), a declaração de Tessaloníki, reorienta a educação na direção da sustentabilidade nos níveis, formal e não formal e a Educação Ambiental passa a seguir o quadro de recomendação de Tbilisi, focando as questões globais tratadas na agenda 21 e nas conferências da ONU, como referência a uma educação para o meio ambiente e sustentabilidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

## 2.1.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL E O PRONEA

Assuntos relacionados ao meio ambiente e desenvolvimento humano, aliados a outros que são de interesse da população, como os direitos da mulher e dos povos indígenas, as mudanças climáticas e a preservação das florestas, formam um conjunto de conhecimentos inclusos nas políticas ambientais e nos programas de educação do Brasil.

Os programas de preservação ambiental no Brasil foram iniciados ainda no século XVIII com leis de proteção às florestas e de combate ao desmatamento, no entanto, as referidas leis são alvo desde sua criação, de constante desrespeito. O extrativismo da madeira e a derrubada das florestas que abrem espaço para o agronegócio são atividades que demonstram a fragilidade dos nossos programas de proteção ao meio ambiente e a necessidade de melhoramento e de intensificação destes.

Segundo o Ministério da Educação (1992), o Brasil passou por experiências desastrosas com respeito aos impactos ambientais, o estilo de desenvolvimento econômico seguido pelo nosso país, que pode ser caracterizado como excludente e de concentração de renda, colocou na mão de poucos um volume de poder, riquezas e impunidade sem precedentes.

Políticas específicas e/ou isoladas de controle ambiental tendem a gerar resultados limitados, criando um sentimento de impotência e frustração entre aqueles diretamente interessados na questão ambiental. Legislação, infraestrutura técnica e Educação Ambiental são alguns exemplos dessas políticas (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1992, p.22).

Observamos uma ineficácia das políticas ambientais no combate às degradações do meio ambiente. Durante décadas as suas ações não conseguiram realizar um controle dos impactos causados pelo modelo de desenvolvimento instalado em nosso país, e o resultado é uma acentuação dos níveis de pobreza da população e dos problemas socioambientais.

De acordo com Layrargues (2004), o determinismo ecológico tende a reduzir a questão ambiental a um problema estritamente ecológico, sem incorporar as demais dimensões sociais, políticas e culturais que atravessam e condicionam o fenômeno ambiental.

Buscando subsídios para explicar essa visão reducionista da educação ambiental formada na sociedade brasileira, observamos uma política ambiental conservacionista, que tenta manter o controle sobre as ações de exploração indiscriminada de áreas florestais e ao mesmo tempo delibera a criação de reservas naturais em território Nacional.

O resultado é uma política ambiental conservacionista do início do século XIX que não surtiu muitos efeitos, já que as leis que proíbem o corte florestal não são respeitadas e que acompanhadas de ações em educação ambiental sem consistência e que, não consideram a complexidade ambiental envolvida no fenômeno, colaboraram diretamente para o aumento da pobreza.

Segundo o Ministério da Educação (1992, p.12), em nível governamental, a mobilização visando a Educação Ambiental ainda é considerada insuficiente. Entre

importantes iniciativas, podemos destacar medidas como a lei 5197/67, que determinou a aprovação pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), de livros escolares com textos sobre a proteção da fauna, a lei 6938/81, que, dentre outras providências, estabeleceu a criação de um Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), o parecer 226/87, que indicou o caráter interdisciplinar da Educação Ambiental e recomendou sua realização, e o artigo 225 da constituição de 1988.

Um passo para a institucionalização da Educação Ambiental foi dado com a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que estabeleceu em 1981, no âmbito legislativo a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino, incluindo a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para a participação ativa na defesa do meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

A Política Nacional do Meio Ambiente segundo a lei 6.938 (BRASIL, 1981) tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Ainda, de acordo com a lei 6.938 (BRASIL, 1981), garantir o equilíbrio ecológico, o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais, proteção de ecossistemas, recuperação de áreas degradadas e a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino são alguns dos princípios que necessitam ser atendidos para que os objetivos das políticas ambientais se efetivem.

Reforçando os objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), de acordo com a Constituição Federal, artigo 225 (BRASIL, 1988) direito de todos, ter um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso do povo essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para presentes e futuras gerações e que para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Aliado a Política Nacional do Meio Ambiente e ao que garante a constituição, tivemos em 1992, a realização da conferência intergovernamental do Rio de Janeiro sobre meio ambiente e desenvolvimento humano.

Como fruto deste movimento, que contou com a participação massiva da sociedade em eventos paralelos e de grande repercussão que é o caso do fórum das Organizações não governamentais, foram produzidos a agenda 21 e o tratado de educação ambiental para sociedades sustentáveis.

Figura 2 - Histórico da educação ambiental brasileira



Fonte: <http://slideshare.net>

Outros fatos importantes que marcam a trajetória da Educação Ambiental no Brasil, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2013), foram à inclusão pelos Parâmetros Curriculares Nacionais da Educação Ambiental no ensino fundamental como tema transversal, a lei nº 9.795 de 1999 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e o decreto lei nº 4.281, de 2002 que regulamenta a lei da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA).

A Política Nacional de Educação Ambiental contribuiu para a realização de um Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA), construído a partir de consulta pública, que contou com a participação de educadores ambientais de todo o País nos debates para sua aprovação.

Sua consulta pública foi realizada em parceria com as Comissões Interestaduais de Educação Ambiental e as Redes de Educação Ambiental, em oficinas intituladas: “Construindo Juntos o Futuro da Educação” e envolveram mais de 800 educadores ambientais de 22 estados brasileiros (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.15).

Na ocasião, as oficinas se tornaram momentos oportunos para a realização de debates a cerca das realidades locais, demonstrando o caráter participativo e inclusivo do qual foi formado o programa e, em sintonia com o tratado de educação ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global.

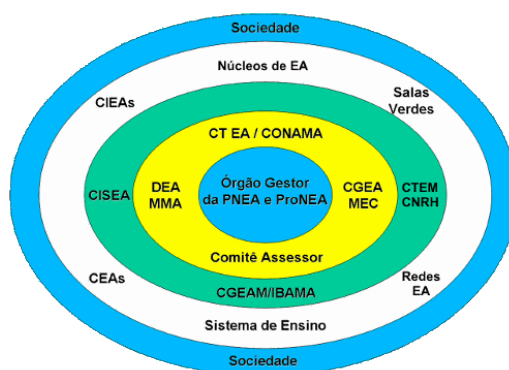
A educação ambiental para uma sociedade equitativa é um processo de aprendizagem permanente, baseado no respeito a todas as formas de vida. Tal educação afirma valores e ações que contribuem para a transformação humana e social e para a preservação ecológica. Ela estimula a formação de sociedades socialmente justas ecologicamente equilibradas, que conservam entre si relação de

interdependência e diversidade. Isto requer responsabilidade individual e coletiva em nível local, nacional e planetário (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2014, p.1).

A constante ameaça à biodiversidade do nosso país e as péssimas condições de vida, pelas quais passam parte da nossa população são fatores que justificam a instalação de um programa de Educação Ambiental que trabalhe a difícil realidade de diversos brasileiros, os quais dependem das fontes primárias para a sua sobrevivência e que são negligenciados quanto aos serviços básicos de educação, saúde e segurança.

As iniciativas de reunir educadores ambientais de diferentes partes do Brasil são importantes para a construção de um programa que abrace as diferentes realidades vivenciadas pela população, discutindo as principais diferenças culturais, econômicas e sociais das regiões, neste sentido, os órgãos governamentais seguem uma estrutura organizacional.

Figura 3 - Estrutura organizacional do PRONEA



Fonte: <http://educacaobrasilambiental.blogspot.com.br>

Nesta estrutura, podemos observar que o Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com o Ministério da Educação (MEC) desenvolve um sistema organizacional que procura consolidar o Programa nacional de Educação Ambiental, realizando ações como a implantação de salas verdes e de centros de educação ambiental, além da realização de conferências sobre meio ambiente nos estabelecimentos de ensino básico de todo o país.

É necessário realizar ações que envolvam os jovens, produzindo nestes, uma consciência de conservação ecológica e discutindo os principais problemas socioambientais que os afligem em seu cotidiano local, pois, percebemos uma falta de sintonia entre a teoria utópica discutida em vários anos de conferências ambientais e o que vem sendo praticado.

Podemos descrever a realidade dos problemas socioambientais de nosso país na ótica de uma história circundada por injustiças sociais, desrespeito à diversidade do povo e sua cultura e que tem como uma de suas causas principais uma educação insuficiente, que não



condiz com a necessidade de formação das sociedades sustentáveis e em meio a este cenário, surge o Programa Nacional de Educação Ambiental.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2005), O PRONEA almeja contribuir para o enraizamento de uma cultura de respeito e valorização da diversidade e da identidade, com ações voltadas à proteção, recuperação e melhoria socioambiental, propiciando um efeito multiplicador com potencial de repercussão na sociedade.

As Diretrizes do Programa Nacional de Educação Ambiental estão orientadas para promover a educação ambiental nos diversos setores da sociedade, criando espaços bem abertos para debates e propostas que tenham como objetivo desenvolver políticas públicas que fortaleçam a perspectiva transversal, na qual esta é trabalhada.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2005, p.33), buscando o envolvimento e a participação social na proteção, a recuperação e melhoria das condições ambientais e de qualidade de vida, o PRONEA assume as seguintes diretrizes: transversalidade e interdisciplinaridade, descentralização espacial e institucional, sustentabilidade socioambiental, democracia e participação social.

Ainda de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2005, p.37) são princípios norteadores do PRONEA:

Concepção de ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência sistêmica entre meio natural e o construído, o socioeconômico e o cultural, o físico e o espiritual, sob o enfoque de sustentabilidade.  
 Abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais, transfronteiriças e globais.  
 Respeito à liberdade e à equidade de gênero.  
 Reconhecimento da diversidade cultural, étnica, racial, genética, de espécies e de ecossistemas.  
 Enfoque humanista, histórico, crítico, político democrático, participativo, inclusivo, dialógico, cooperativo e emancipatório.  
 Compromisso com a cidadania ambiental  
 Vinculação entre diferentes dimensões do conhecimento; entre os valores éticos e estéticos; entre a educação, o trabalho, a cultura e as práticas sociais.  
 Democratização na produção e divulgação do conhecimento e fomento à interatividade na informação.  
 Pluralismo de ideias e concepções pedagógicas  
 Garantia de continuidade e permanência do processo educativo  
 Permanente avaliação crítica e construtiva do processo educativo  
 Coerência entre o pensar, o falar, o sentir e o fazer.  
 Transparência.

Destacamos também, o objetivo do PRONEA, da construção de sociedades sustentáveis, usando para estes fins, os processos de Educação Ambiental, voltados para formação de valores humanistas. A difusão da legislação ambiental por intermédio de programas e projetos, a disponibilização de informações sobre experiências exitosas nesta

área e o apoio a novas iniciativas em Educação Ambiental são ações que contribuem para a valorização e aprimoramento dos processos educativos supracitados.

Algumas linhas de ação e estratégias são desenvolvidas pelo PRONEA com o objetivo de promover os processos de formação em Educação Ambiental no ensino formal, das quais destacamos, o incentivo à inclusão da dimensão ambiental no Projeto Político Pedagógico (PPP) das escolas e a organização de eventos conjuntos entre as áreas de Educação Ambiental formal e não formal.

### **2.1.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE FÍSICA**

No Ensino de Física, os olhares dos pesquisadores já se direcionam para a perspectiva de utilizar da Educação Ambiental como um instrumento de ensino da disciplina.

Em trabalhos apresentados nos Encontros de Pesquisa no Ensino de Física (EPEF), entre os anos de 2000 e 2008, a Educação Ambiental segue a tendência de ser abordada, mas, vinculada a temática Ciência, tecnologia e Sociedade (CTS).

Silva, Cavalari e Muenchen (2011), analisaram em trabalhos do EPEF, diferentes visões que os pesquisadores compartilham da relação sociedade natureza, nos quais se verificou considerações sobre a complexidade, às incertezas e controvérsias, a cerca desta relação, críticas ao modelo econômico vigente e considerações sobre a temática ambiental e o processo educativo.

Na investigação desenvolvida pelos autores supracitados, foi realizado um levantamento bibliográfico dos trabalhos apresentados nos encontros desde o VII, até o XI EPEF e selecionados catorze trabalhos, que discutiam a temática ambiental.

Analisados, quanto à relação que estabelecem entre sociedade-natureza, os trabalhos se destacam por apresentar em sua maioria um discurso crítico, entre estes, Bastos Filho (2000) argumenta sobre o papel da Física na compreensão dos problemas ambientais e Xavier & Kerr (2002) abordam sobre a dificuldade em construir modelos de representação de fenômenos considerados controversos, como exemplo das mudanças climáticas (SILVA, CARVALHO E MUENCHEN, 2011).

As controvérsias destacadas nos textos estão, em sua maioria, relacionadas com questões internas à comunidade científica ou com os impactos sociais produzidos

pelas intervenções científicas e tecnológicas como, por exemplo, a construção de usinas geradoras de energia em larga escala – hidrelétricas, termoelétricas e termonucleares (SILVA, CARVALHO E MUENCHEN, 2011, p.5)

Tratando especificamente da produção de energia em larga escala, de acordo com Silva e Carvalho (2002), o suprimento eficiente de energia é uma condição básica para o desenvolvimento econômico e social, no entanto, os diferentes impactos ambientais advindos da produção da energia são dificilmente percebidos pela sociedade.

Esta problemática ambiental tem sido explicada pela racionalidade econômica e tecnológica dominante e como contraponto do modelo de produção em vigor, temos a construção de uma racionalidade produtiva alternativa, que em última análise é delimitada por paradigmas científicos que dificultam a reorientação das práticas produtivas em direção a um desenvolvimento sustentável (SILVA & CARVALHO 2002, apud LEFF 2001).

São vários os impactos ambientais, causados por diferentes fontes de produção de energia elétrica em larga escala, as termelétricas, por exemplo, possui o grande problema, a emissão de gases poluentes como o CO<sub>2</sub>, que é considerado o principal causador do aquecimento global.

No caso das hidrelétricas, que são consideradas fontes de energia limpa, também ocorrem impactos significativos ao meio ambiente, devido principalmente a construção de lagos artificiais, que causam devastações na fauna e flora local e impactos sociais, econômicos e culturais, provenientes do possível deslocamento de populações ribeirinhas das áreas ocupadas.

A produção de energia por Termelétricas, hidrelétricas, usinas nucleares e tantas outras de formas de obtenção de energia, é certamente um tema bastante controverso e precisa ser discutido junto à população, como uma forma de conscientizá-las e equipá-la com dados técnicos e científicos que as qualifiquem para participarem de decisões, debates e a busca por meios alternativos de produção de energia.

Para Silva e Carvalho (2002, p.344, apud Astolfi, Develay, 1998 e Saviani, 2000),

O processo educativo tem sido visto como uma das possibilidades para equipar um grande número de pessoas com informações e competências para participar deste debate emergente e cada vez mais presente na sociedade. Neste sentido, consideramos que cabe ao ensino de Ciências naturais, em particular, dotar os alunos de chaves essenciais para a solução de questões científicas e técnicas do cotidiano, e propiciar-lhes o desenvolvimento de atitudes e métodos de pensamento próximos aos dos cientistas.

A incorporação da problemática ambiental, causada pela produção de energia elétrica em larga escala no currículo das escolas e em particular no Ensino de Ciências pode trazer importantes vantagens para o processo de ensino-aprendizagem, promovendo um ensino mais contextualizado, que tem como objetivo compreender a temática de forma ampla, complexa e com profundidade.

Existem ocasiões em que os fenômenos naturais não são bem discutidos em sala de aula pelos professores e a ciência passa a ser traduzida a partir da simples reprodução de modelos matemáticos, permeados de equações, algo que se torna pouco atrativo ao estudante e que se intensifica quando o referencial é o Ensino de Física.

De acordo com Silva e Carvalho (2002, p.344, apud Silva e Saad 1998 e Manteiro e Medeiros 1998)

Os professores de ciências naturais, especificamente de Física, têm-se utilizado de manuais de ensino de forma indiscriminada, como única referência para estruturar e dirigir as aulas. Entretanto, esses manuais, em sua maioria não sugerem nenhuma atividade educativa relevante ligada aos grandes debates a cerca dos diferentes significados do conhecimento científico e suas diferentes aplicações.

Observando, a diversidade de discursos ambientalista que incorporados por setores liberais da sociedade, procuram desenvolver um conceito de desenvolvimento sustentável, que tende a despolitizar os movimentos sociais mais críticos, torna-se necessário que a abordagem da temática ambiental no Ensino de Física ocorra também de maneira crítica, desenvolvendo estudos mais complexos sobre os problemas de degradação ambiental.

Essas tentativas se constituem desde tarefas simples como, por exemplo, a identificação e mapeamento das diferentes situações de degradação ambiental, até o desenvolvimento de exercícios mais ousados de busca de modelos explicativos que nos permitam compreender as origens dos atuais padrões da relação sociedade-natureza (Silva e Carvalho, 2007).

A abordagem da temática ambiental em sala de aula requer do professor, competências e habilidades que geralmente não foram trabalhados nos seus cursos de formação, como por exemplo, a flexibilização dos conteúdos escolares oriundos dos programas do livro didático e dos manuais de ensino e as abordagens dos conteúdos em uma perspectiva CTS.

Silva e carvalho (2007, apud Gayford et. al. 2002) apontam que o trabalho com temas controversos, exige do professor um novo entendimento do processo científico e destaca a importância de desvincular o tema a ser trabalhado de uma sequência de conteúdos, levando em consideração a abordagem de diferentes aspectos que estejam relacionados a problemática em questão.

Nos trabalhos apresentados durante o EPEF realizado em 2008, vários autores se posicionaram a cerca de uma abordagem da temática ambiental no Ensino de Física, a partir de uma perspectiva CTSA (Ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente).

Por exemplo, de acordo com Silva, Cavalari e Muenchen (2011, apud Prestes & Silva 2008), destacam que, em situações-problemas propostas para os estudantes, os mesmos estabeleceram importantes relações com a CTSA, ao desenvolver percepções complexas a cerca da situação-problema, consequências ambientais e relações com o desenvolvimento científico e tecnológico.

Ainda em relação à abordagem CTSA no Ensino de Física.

É necessário, tornar claro os problemas ambientais em seus diversos níveis de complexidade, conhecendo seus mecanismos, situando e reconhecendo suas consequências para a vida do homem e do planeta. A abordagem CTSA associada à explicitação de valores sociopolíticos e ambientais oferece os referenciais para tratar deste problema complexo (SILVA, CAVALARI e MUENCHEN 20011, apud PRESTES & SILVA 2008).

No Ensino de Física, a abordagem dos problemas ambientais, pode seguir diferentes caminhos, nos quais destacamos as abordagens CTSA e especificamente as discussões em torno de temas controversos.

A assimilação da CTSA como instrumento de ensino da Física, promove um ensino mais contextualizado e emancipatório e uma possibilidade de trabalho nesta perspectiva, é introduzir no currículo, conhecimentos científicos e técnicos, necessários para o entendimento da problemática ambiental.

No entanto, não é satisfatório apenas discutir os problemas ambientais, é necessário também, na abordagem CTSA, que sejam apontadas, possíveis soluções para a diminuição dos efeitos da degradação ambiental. Por exemplo, no caso dos problemas acarretados pela produção de energia elétrica em larga escala, aponta-se como solução para o caso, a substituição gradual das matrizes energéticas não renováveis por fontes alternativas, como solar e eólica.

Segundo Silva e Carvalho (2002), as tecnologias solar e eólica são as mais adequadas em um paradigma de desenvolvimento sustentável, a eletricidade solar fotovoltaica, executada por dispositivos semicondutores não produz elementos residuais que alterem o equilíbrio da atmosfera.

No entanto, discutidas criticamente, observa-se que estas fontes alternativas, embora não produzam poluição térmica e nem provoquem efeitos nocivos à saúde do homem, não deixam de produzir impactos ao meio ambiente, porém não podem ser comparadas aos enormes efeitos causados pelas fontes não renováveis.

Entre os principais impactos causados pela fonte solar, citamos alterações na paisagem e nos padrões de uso da terra, e a necessidade de armazenamento da energia em baterias, tecnologias que apresentam alto índice de materiais tóxicos e que após a sua vida útil, precisarão ser descartadas no meio ambiente (SILVA E CARVALHO, 2002).

Na abordagem da Ciência Física, a partir de uma perspectiva CTSA, é importante que se discuta de maneira mais completa, o processo de produção de energia fotovoltaica, incluindo no currículo de Física, conhecimentos sobre o uso de tecnologias, voltadas para o uso da energia fotovoltaica para diversos fins e não apenas a produção de energia elétrica.

Entre os conhecimentos relacionados à energia fotovoltaica que podem ser incluídos no currículo da disciplina de Física, citamos: as estruturas químicas dos materiais semicondutores, os modelos matemáticos construídos a partir de parâmetros físicos de fabricação da célula fotovoltaica e os painéis e módulos fotovoltaicos.

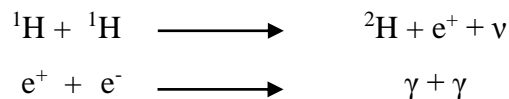
No entanto, não se pode descartar, outras aplicações da energia solar na abordagem CTSA, como a construção de fogões solares, que podem ser usados como alternativa para a substituição de combustíveis de biomassa, como a lenha, muito utilizada nos países em desenvolvimento e os aquecedores solares que possuem grande importância no aquecimento de residências e no aquecimento de água.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica que é captada pelos painéis solares, instalados na superfície da Terra, tem sua origem nas reações nucleares que ocorrem no interior do Sol, também chamada de fusão termonuclear, na qual há uma liberação significativa de energia.

No processo de fusão termonuclear, dois átomos de hidrogênio ( $^1\text{H} + ^1\text{H}$ ) colidem formando um dêuteron ( $^2\text{H}$ ), com a criação simultânea de um pósitron ( $e^+$ ) e um neutrino ( $\nu$ ), ocorrendo posteriormente, no encontro com o elétron livre à aniquilação do pósitron, com a produção de dois raios gama (WALKER, 2001).



A fusão termonuclear ocorre no núcleo do Sol com temperaturas elevadíssimas, fenômeno que os cientistas costumam chamar de fornalha nuclear, em que os átomos de hidrogênio necessitam de uma energia cinética capaz de romper a barreira de coulomb criada entre as duas partículas de mesma identidade elétrica que proíbem a sua aproximação e conseqüente a fusão dos átomos.

Segundo Walker (2001), quando um dêuteron é produzido, logo colide com um próton para formar um núcleo de  $^3\text{He}$ , dois destes núcleos de  $^3\text{He}$  se encontram ocasionalmente formando uma partícula alfa e dois prótons, como resultado o ciclo termonuclear do Sol, é composto pela combinação de quatro prótons e dois elétrons na formação de uma partícula alfa, dois neutrinos e seis raios gama.

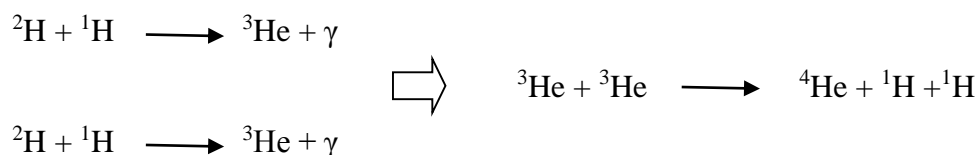
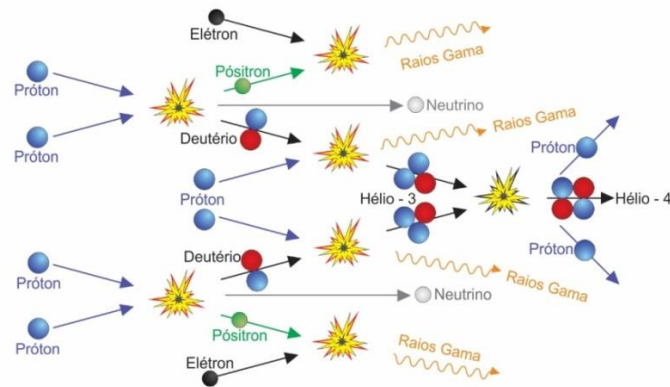


Figura 4 – Fusão termonuclear no Núcleo do Sol



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br>

Praticamente todas as fontes de energia utilizadas em nosso planeta são oriundas desse processo nuclear do Sol, os ventos que impulsionam os barcos a vela e os moinhos, os combustíveis fósseis formados a milhões de anos, do qual são produzidos a gasolina e seus derivados, sendo esses largamente utilizados no setor de transportes são exemplos destas fontes de energia.

Nas atividades humanas, a energia solar, também denominada energia fotovoltaica pode ser utilizada diretamente de várias formas: sistemas de aquecimento de água com coletores térmicos, iluminação de interiores com luz ambiente, fogões e fornos solares para cozinhar alimentos, estufas para a produção agrícola em locais de clima frio e a produção de eletricidade da energia do sol utilizando sistemas fotovoltaicos.

Antes de abordar as aplicações da energia solar, iremos discutir as principais propriedades que permitem a condução da eletricidade através dos materiais condutores e semicondutores. Materiais semicondutores como exemplo do silício que se constitui como base para a construção das células fotovoltaicas, unidades com capacidade de captação e transformação de energia solar em elétrica.

### 3.1.1 ESTRUTURA DOS SÓLIDOS E BANDAS DE ENERGIA

As várias propriedades dos sólidos são conhecidas pelo ser humano há séculos, no entanto, as origens de tais propriedades só vieram a ser entendidas a partir da primeira metade do século XX propiciadas pelos estudos avançados da mecânica quântica.



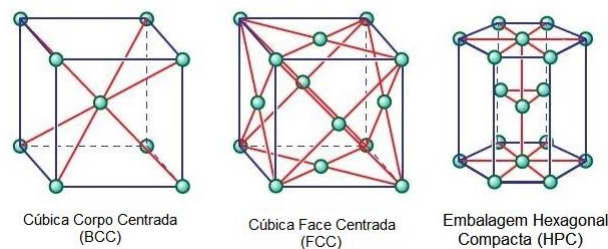
Os materiais sólidos podem ser divididos em amorfos e cristalinos, os sólidos amorfos são formados em um processo em que os líquidos são resfriados rapidamente, formando estruturas que apresentam ordenadas em um curto alcance, um exemplo de um sólido amorfo é o vidro. Os sólidos cristalinos possuem um ponto de fusão bem determinado o que implica a formação de um sólido com estrutura regular de longo alcance sobre muitos diâmetros atômicos.

As estruturas cristalinas podem ser representadas por células unitárias com padrões de simetria e regularidade que se repetem ao longo do sólido, estas estruturas variam de acordo com as partículas e suas respectivas ligações.

Na figura abaixo, por exemplo, temos as diferentes estruturas dos metais, e entre elas, está representada a célula unitária do cobre que possui o formato de um cubo, chamada de rede cúbica de faces centrada, a qual se repete em diversos materiais como o cristal de sódio, o diamante e o silício.

Figura 5 - Diferentes estruturas moleculares dos metais

Estruturas Cristalinas Metálicas Comuns



Fonte: <http://automoveiseletricos.blogspot.com.br>

Observados do ponto de vista elétrico, os sólidos podem ser classificados em condutores, isolantes e semicondutores de acordo com três características básicas: resistividade, coeficiente de temperatura da resistividade e a concentração de portadores de carga.

A resistividade é uma medida da oposição que o material faz ao fluxo de elétrons em seu interior. Assim, os isolantes são materiais que possuem valores de resistividade muito elevados, como é o caso do diamante. Já os condutores são aqueles em que a resistividade possui um valor extremamente baixo, como os metais. Por sua vez, os semicondutores são materiais nos quais, para baixas temperaturas, os valores de resistividade são superiores às dos condutores.

O coeficiente de temperatura da resistividade dos semicondutores é maior que o dos metais e é negativo, enquanto a dos metais é positivo. Em outras palavras, a resistividade de um semicondutor diminui quando a temperatura aumenta, enquanto a dos metais aumenta quando a temperatura aumenta (WALKER, 2001, p.92).

Na teoria clássica, a condução de eletricidade está relacionada à condução do calor, o movimento dos elétrons através do metal submetido a um campo elétrico nulo se assemelha ao movimento de um gás de moléculas, no qual as velocidades médias dos elétrons podem ser obtidas através do teorema da equipartição e o equilíbrio térmico do gás é mantido por colisões entre elétrons e a rede de íons.

Embora a teoria clássica dos elétrons livres apresente falhas para explicar o fenômeno da condução térmica, tal teoria oferece um ponto de partida para um tratamento mais sofisticado dado pela teoria quântica, para o comportamento dos diferentes materiais quanto à condução.

Segundo Tipler (1981, p. 279) são feitas duas modificações da teoria clássica que permitem entender a condutividade elétrica através da teoria quântica, são elas a substituição da distribuição clássica de Maxwell-Boltzmann pela distribuição da energia de Fermi no gás de elétrons e a investigação do efeito das propriedades ondulatórias dos elétrons nas colisões com os íons da rede.

Na teoria quântica, os elétrons são tratados como ondas de matéria. Isso significa que estas partículas possuem um comprimento de onda, associado ao seu movimento, dado pela equação:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (1)$$

sendo  $\lambda$  o comprimento de onda de De Broglie,  $h$  a constante de Planck ( $6,62 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$ ) e  $p$  o momento da partícula.

Os elétrons ao serem confinados em diferentes armadilhas quânticas, sejam elas unidimensionais e idealizadas como um poço de energia potencial infinita, ou tridimensionais e reais como o átomo de hidrogênio, nas quais não podem ser consideradas partículas livres, ficam sujeitas ao princípio de confinamento. Por sua vez, o confinamento de uma onda leva a quantização, ou seja, a existência de estados discretos com energias discretas. A onda pode ter apenas uma destas energias (WALKER, 2001, p. 146).

Para melhor compressão do princípio de confinamento das ondas de matéria, recorreremos às ondas estacionárias que podem ser produzidas em uma corda. As ondas são

ditas estacionárias porque elas não se propagam pela corda, simplesmente oscilam para cima e para baixo em um padrão fixo.

Este comportamento pode ser produzido em uma corda de comprimento  $L$  presa nas duas extremidades. Ao ser posta em vibração serão produzidas na corda ondas quantizadas confinadas ao comprimento  $L$  entre suas extremidades fixas, as quais terão os comprimentos de onda determinados pela equação abaixo,

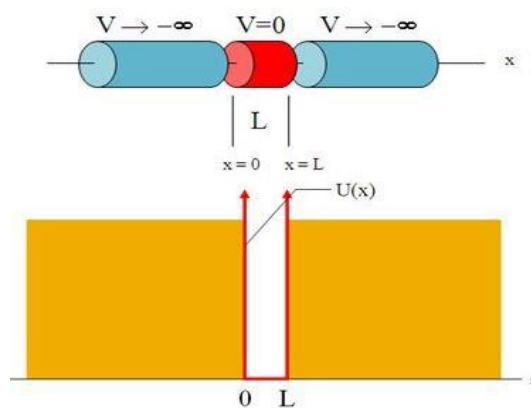
$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (2)$$

em que  $n$  identifica os diferentes estados de oscilação da corda e que só pode assumir números inteiros (1, 2, 3, 4... ).

Para as ondas de matéria produzidas por elétrons, a interpretação é a mesma, no entanto ao invés dos comprimentos de onda, utilizamos os valores de energia produzidos por estes elétrons quando colocados em confinamento para o estudo de suas propriedades ondulatórias.

Na armadilha de elétrons descrita como poço profundo de energia potencial infinito, o elétron fica confinado em um cilindro central de comprimento  $L$  cujo potencial é nulo, o mesmo é fixado entre dois outros cilindros semi-infinitos onde são produzidos potenciais  $-\infty$  (WALKER, 2001).

Figura 6 - Armadilha unidimensional



Fonte: <http://images.slideplayer.com.br>

A onda de matéria produzida pelo elétron na circunstância descrita fica restrita a região do cilindro  $L$ . Usando a equação (1) e a relação entre a energia cinética e o momento linear do elétron,  $p = \sqrt{2mE}$ , chegamos a:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}} \quad (3)$$

Substituindo a equação (3) em (2) e isolando a energia dos elétrons, obtemos

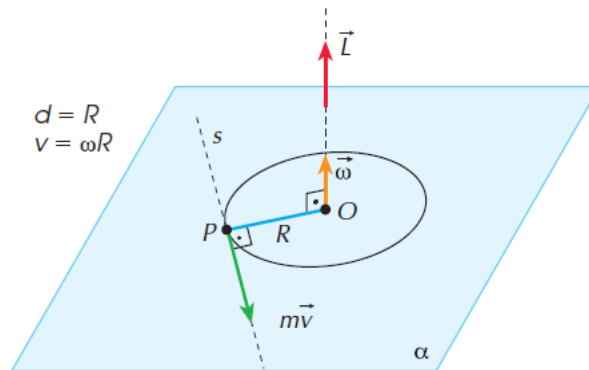
$$E_n = \left( \frac{\hbar^2}{8mL^2} \right) n^2, \quad \text{para } n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

onde  $\hbar = h/2\pi$ . Esse resultado mostra que a energia varia de acordo com  $n$ , número que define o estado quântico dos elétrons. Assim, os elétrons só podem assumir valores discretos de energia e nunca valores intermediários entre dois números quânticos sucessivos.

Elétrons, assim como prótons, nêutrons e quarks pertencem a um grupo de partículas que não possuem número quântico spin inteiro, denominadas férmions, tais elétrons são identificados num átomo, a partir de um conjunto de quatro números quânticos:  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  e  $m_s$ .

O número quântico principal,  $n$ , está relacionado com a distância do elétron ao núcleo do átomo e o número quântico orbital,  $l$ , é relativo ao momento angular da partícula que é dado pelo produto  $rp$ , onde  $r$  é a distância do núcleo e  $p = mv$  é o momento linear da partícula. Tais grandezas físicas descritas neste parágrafo estão representadas na figura abaixo.

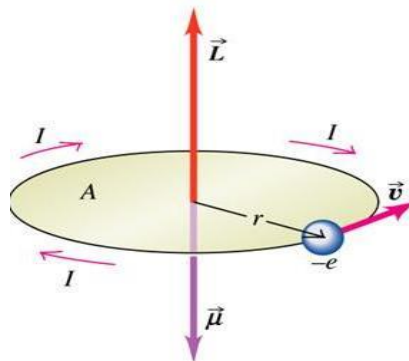
Figura 7 - Representação do momento angular do elétron



Fonte: <http://plutaoplanetaplutao.blogspot.com.br>

Em relação aos números quânticos do elétron, temos ainda o número quântico magnético orbital que, representado por  $m_l$ , está relacionado ao momento magnético orbital produzido pelo elétron. O movimento do elétron é equivalente ao movimento de uma espira percorrida por uma corrente, produzindo assim um momento magnético. O momento angular e o momento magnético possuem sentidos opostos como mostrado na figura em sequência.

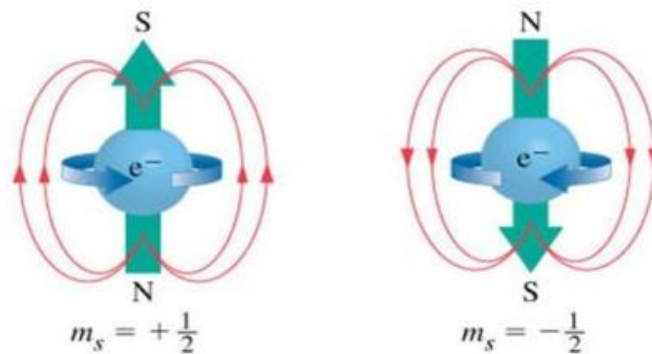
Figura 8 - Momento magnético do elétron



Fonte: <http://www.universitario.com.br>

O último número quântico a mencionar é o momento magnético de spin, representado por  $m_s$ . Este número quântico, segundo Walker (2001, p. 170) é referente ao momento angular intrínseco do elétron, que se constitui uma propriedade fundamental desta partícula, assim como a carga e a massa, o mesmo, só pode vir a assumir os valores  $+1/2$  e  $-1/2$ .

Figura 9 - Momento magnético do spin



Fonte: <http://www.infoescola.com>

Walker (2001, p. 175), afirmar que o princípio de exclusão de Pauli, não permite que dois elétrons confinados em uma mesma armadilha tenham no mesmo conjunto dos quatro números quânticos descrito nos parágrafos anteriores.

O princípio de exclusão de Pauli implicará então, na formação de  $N$  estados quânticos na rede cristalina de um metal e como os elétrons de um átomo, ocupam diferentes estados de excitação, determinados pelos seus níveis de energia  $E_n$ , estes níveis de energia serão multiplicados pelos  $N$  átomos que a compõem.

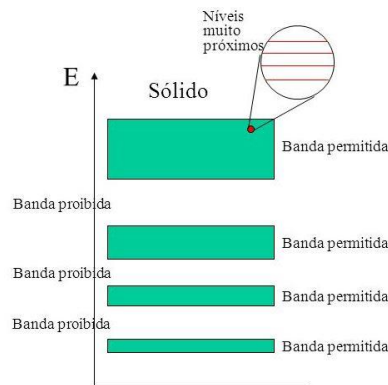
Cada elétron de cada um dos átomos irá ocupar um estado quântico diferente, os elétrons dos átomos vizinhos que possuem estados quânticos aproximados irão formar as

bandas de energia no átomo que estarão separadas por bandas proibidas, as quais correspondem a níveis de energia que nenhum elétron pode ocupar.

As bandas de menor energia são mais estreitas que as de maior energia. Isto acontece porque os elétrons que ocupam as bandas de menor energia estão mais próximos do núcleo atômico, e as funções de onda associadas a estes elétrons não sofrem uma grande superposição com as funções de onda associadas aos elétrons correspondentes aos átomos vizinhos (WALKER, 2001, p.193).

Na figura a seguir, estão representadas as bandas de energia de um sólido, na qual podemos observar que as bandas de menor energia, possuem espaçamento menor que as bandas de maior energia, as quais se encontram localizadas mais distantes do núcleo atômico.

Figura 10 – Bandas de energia



Fonte: <http://slideplayer.com.br>

Nos materiais isolantes, condutores e semicondutores, a estrutura de bandas de energia é a mesma, elas se diferenciam apenas pelo tamanho da banda proibida, como demonstra a figura abaixo.

Figura 11 - Estrutura de bandas de diferentes materiais



Fonte: <http://www.mundoeducacao.com>

A banda proibida separa duas bandas de energia do átomo denominadas, bandas de condução e de valência. A seta, colocada ao lado da figura, indica os níveis de energia destas bandas em ordem decrescente de valores, os níveis mais altos são ocupados pela banda de condução e a banda de valência ocupa níveis de energia mais baixos.

A banda de valência corresponde à banda de maior energia do átomo, a qual se encontra ocupada por elétrons denominados semilivres, partículas situadas em posições mais distantes do núcleo do átomo que os demais elétrons.

Para que os elétrons consigam conduzir corrente elétrica é necessário que eles passem para estados de energia mais altos, em outras palavras é preciso que eles ultrapassem a banda proibida e cheguem até a banda de condução.

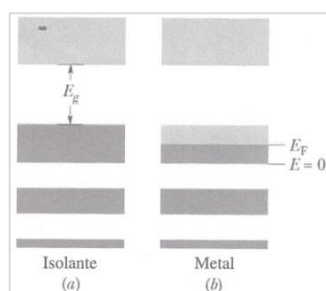
Nos materiais isolantes a probabilidade dos elétrons ultrapassem a banda proibida é praticamente nula devido ao seu alto valor.

Nestes materiais a condução dos elétrons é praticamente descartada, mesmo que este seja submetido a uma diferença de potencial, isto se explica pelo fato da banda de condução não possuir espaços vazios para serem ocupados e ao mesmo tempo o princípio de exclusão de Pauli impede que os elétrons ocupem espaços já ocupados por outros elétrons.

Ao contrário dos isolantes, a condução dos elétrons em materiais condutores é facilitada, devido a grande quantidade de estados que os elétrons podem vir a ocupar na banda de condução.

Esta transferência ocorre, quando os elétrons atingem um nível de energia maior que a energia Fermi, que corresponde ao maior nível de energia ocupado em um sistema quântico fermiônico. Nos metais existem muitos estados maiores que a energia Fermi para o qual os elétrons podem ser transferidos.

Figura 12 - (a) Bandas de energia de um isolante com os níveis ocupados em cinza-escuro e os níveis desocupados em cinza claro. (b) Bandas de energia de um metal, o nível mais alto ocupado é o nível de Fermi. Todas as bandas estão separadas por níveis de energia representados por  $E_g$ .



Fonte: Walker, 2001, p. 194

Segundo Tipler (1981), o cálculo da energia Fermi feita para uma temperatura de 0K não possui grandes diferenças para valores de temperaturas usuais, para o cálculo da energia Fermi dos elétrons, vamos considerar que os mesmos, estão confinados em uma armadilha de três dimensões, com estados de energia tão próximos que podemos considerar como contínuos.

A energia Fermi é determinada pela expressão abaixo,

$$E_F = \frac{h^2}{8m_e} \left( \frac{3N}{\pi V} \right)^{2/3}, \quad (5)$$

em que  $N/V$  representa a densidade de elétrons por  $\text{cm}^3$  da amostra de metal,  $h$  é a constante de Planck e  $m_e$  a massa do elétron. Sua demonstração é complexa e vamos nos deter apenas as aplicações desta equação.

Usando a equação acima, no cálculo da Energia Fermi, para uma amostra de cobre, a uma temperatura de zero kelvin, tem-se que:

$$E_F = \frac{h^2 c^2}{8m_e c^2} \left( \frac{3N}{\pi V} \right)^{2/3}. \quad (6)$$

Considerando uma densidade de elétrons de  $8,47 \times 10^{22}/\text{cm}^3$  equivalente a  $8,47 \times 10^{-2}/\text{\AA}^3$  e que a equação  $m_e c^2$ , representa a massa de repouso do elétron, cujo valor é  $0,511\text{Mev}/c^2$ , chegaremos ao seguinte resultado:  $E_F = 7,03\text{eV}$ . Em termos práticos, isto significa que os elétrons que descrevem funções de onda próximas à energia Fermi, para uma amostra de cobre com as especificações citadas acima, necessitam adquirir níveis de energia superiores a  $7,03\text{eV}$ , para conduzirem corrente elétrica.

Segundo Walker (2001, p. 195), apenas alguns elétrons, com níveis de energia muito próximos a energia Fermi, são conduzidos para posições mais altas na banda de condução, isto se explica pelo pouco ganho de energia obtido pelo fator térmico que é obtido pela relação  $ok$ , onde  $k$  é constante de boltzmann ( $1,38.10^{-34}\text{J/K}$ ).

No entanto, se for aplicada uma diferença de potencial nas extremidades do material sólido, certamente será produzida uma corrente elétrica no material, pois existem muitos estados com níveis de energia superiores a energia Fermi que podem ser ocupados por estes elétrons.

Mas, tanto nos materiais condutores, quanto nos materiais semicondutores, não podemos excluir a possibilidade de alguns elétrons serem conduzidos devido ao processo de agitação térmica do material.



Em relação aos semicondutores, um fato importante é que devemos considerar nestes materiais a ocorrência de um movimento de cargas positivas  $+e$ . Este movimento ocorre, porque os poucos elétrons que passam da banda de valência para a banda de condução se combinam com lacunas (cargas positivas) lá existentes. Com isto teremos um número igual de lacunas tanto na banda de condução quanto na banda de valência.

Estas lacunas que passaram para a banda de condução se comportam como cargas  $+e$  em movimento, quando sobre elas for emitido um campo elétrico. O movimento de lacunas ocorre, devido aos elétrons que se movem no sentido contrário ao campo elétrico, ocupando os espaços das lacunas. O primeiro elétron a ocupar uma lacuna, deixa em seu lugar de origem outra lacuna que será ocupada pelo elétron com função de onda mais próxima e assim sucessivamente.

Figura 13 – Movimento de lacunas em um semicondutor



Fonte: <http://www.electronica-pt.com>

O movimento sucessivo dos elétrons através das lacunas é entendido como o deslocamento de cargas positivas no sentido do campo elétrico, considerado tão importante para a compreensão das propriedades dos semicondutores, quanto o movimento dos portadores de carga negativa.

### 3.1.2 EFEITO FOTOVOLTAÍCO

O efeito fotovoltaico foi observado em 1839 por Edmund Becquerel, na ocasião quando placas metálicas eram mergulhadas em substâncias eletrolíticas havia a produção de uma diferença de potencial, mais tarde em 1877 dois inventores americanos W.G. Adams e R. E. Day utilizaram as propriedades fotocondutoras do Selênio para produzir o primeiro dispositivo sólido capaz de produzir eletricidade quando exposto a luz (VALLÊRA; BRITO, 2006).

O dispositivo construído por Adams e Day possuía eficiência muito baixa, em torno de apenas 5%, a melhor eficiência dos dispositivos de captação da energia fotovoltaica precisaria esperar pela tecnologia dos semicondutores.

Para Vallêra e Brito (2006), a primeira célula fotovoltaica foi desenvolvida no Bell Laboratories em New Jersey em 1953, onde os químicos Calvin Fuller e Gerald Person desenvolveram um processo de dopagem do silício, no qual introduziram impurezas de gálio em sua estrutura produzindo cargas móveis positivas e posteriormente banharam este mesmo sólido em uma solução de lítio, criando um excesso de cargas negativas em sua superfície, na região em que os dois materiais dopados se encontram surge um campo elétrico permanente.

A célula fotovoltaica é constituída por duas camadas de materiais semicondutores dos tipos p e n. Os materiais semicondutores tipo p e n que formam a célula fotovoltaica são construídos em um processo de dopagem em que porcentagens de outros elementos são acrescentadas a estrutura do silício.

Uma célula fotovoltaica constituída por cristais de silício puro não produziria energia elétrica, os elétrons passariam para a banda de condução mais acabariam por se recombinar com os buracos, não dando origem a qualquer corrente elétrica, para haver corrente elétrica é necessário que exista um campo elétrico, uma diferença de potencial entre duas zonas da célula. Através do processo conhecido como dopagem do silício (CASTRO, 2008, P.18).

Para melhor compreender a construção da célula fotovoltaica, é necessário primeiro analisarmos a estrutura microscópica do átomo de silício e o compartilhamento dos elétrons de valência entre átomos vizinhos a partir de ligações covalentes.

Um átomo de silício é formado por 14 prótons e 14 elétrons e em sua camada mais externa, conhecida como banda de valência, existem quatro elétrons. Estando os átomos de silício disposto em uma estrutura cristalina, os elétrons da camada de valência serão compartilhados com os átomos vizinhos através de ligações covalentes.

Ligação covalente é uma ligação química na qual os átomos compartilham elétrons, em cada uma destas ligações o átomo compartilha um de seus elétrons com o átomo vizinho, podendo chegar a um número de oito elétrons na banda de valência, que significa o estado estável do átomo (CASTRO, 2008).

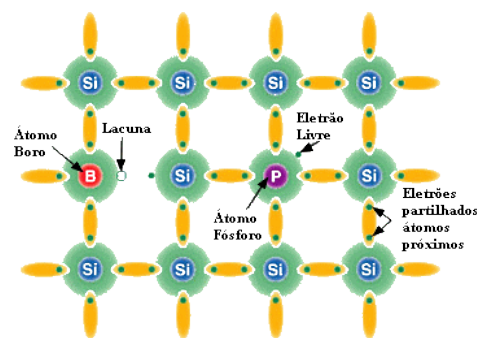
Para modificar as propriedades elétricas de uma rede cristalina de silício, temos que incorporar em sua estrutura, um pequeno número de átomos de outros materiais, esse processo é chamado de dopagem do silício e caso não fosse realizado, o silício não passaria de um material isolante.

De acordo com Castro (2008), o Boro que é um material com três elétrons na última camada é usado para a formação das camadas do semiconductor tipo p e para a formação da região n é geralmente usado o fósforo, material que possui cinco elétrons na última camada.

Estes dois materiais dopantes, Boro e Fósforo, ao serem introduzidos na estrutura cristalina do Silício, irão compartilhar elétrons da sua camada de valência com os átomos vizinhos do Silício, através de ligações covalentes.

Na figura abaixo, está representado o resultado da introdução dos materiais dopantes na rede cristalina do Silício. O Boro (trivalente), ao completar as ligações covalentes com os átomos de silício, deixa um buraco que se comporta como carga positiva e das ligações covalentes com o átomo de fósforo (pentavalente), resultará um elétron livre.

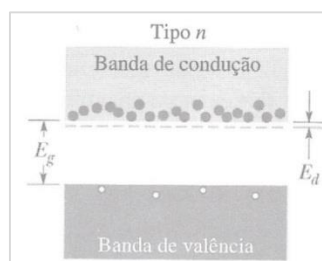
Figura 14 – Semicondutores



Fonte: [electronica-pt.com](http://electronica-pt.com)

Os elétrons livres, resultantes das ligações covalentes entre os átomos de Fósforo e os vizinhos átomos de silício se encontram em níveis de energia  $E_d$  que ficam próximos do nível de energia mais baixo da banda de condução  $E_g$ , isto permite que estes elétrons sejam transferidos com facilidade para a banda de condução, aumentando consideravelmente a concentração de elétrons nesta banda de energia e deixando poucas lacunas na banda de valência.

Figura 15 – Estrutura de bandas do semiconductor tipo n



Fonte: Walker, 2001, p.200

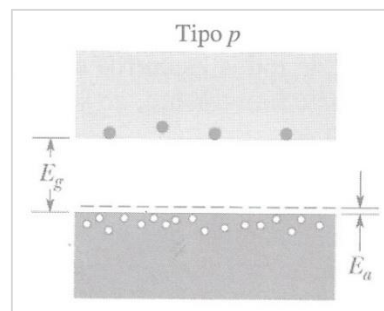
Ao contrário da dopagem com o fósforo, em que os portadores de carga na sua maioria são os elétrons, no processo de dopagem em que são utilizadas amostras de Boro que possuem valência = 3, os portadores de carga majoritários serão as lacunas.

As ligações covalentes formadas entre boro-silício compartilham apenas sete elétrons, deixando um espaço vazio ou lacuna nestas ligações que podem ser facilmente preenchidas por elétrons da banda de valência do silício.

Os elétrons da banda de valência se encontram a um nível de energia  $E_a$  muito próximo ao nível de energia no qual estão localizadas as lacunas deixadas pelos átomos aceitadores, à energia necessária para transferir os elétrons para este nível é bem menor que a energia para transferi-los até a banda de condução.

No semiconductor tipo p, os átomos aceitadores acrescentam lacunas com nível de energia  $E_a$  muito próximo à banda de valência, os elétrons desta região são facilmente excitados para este nível de energia, passando a existir um número maior de buracos na banda de valência. O número de elétrons na banda de condução se torna ainda menor, pois uma parte deles se recombina com buracos da camada de valência.

Figura 16 – Estrutura de bandas do semiconductor tipo p

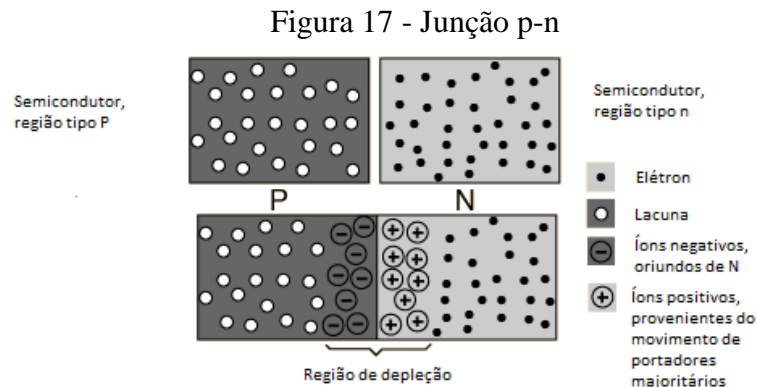


Fonte: Walker, 2001, p.200

Na construção da célula fotovoltaica, as duas camadas de silício descritas, camada p e camada n são unidas para formar uma junção p-n. Na junção formada pela união destes dois materiais, ocorre um movimento de portadores de carga majoritários de ambas as partes visando tanto o equilíbrio eletrônico como a estabilidade química.

Os elétrons em excesso do lado n são deslocados para o lado p, atraídos pelas cargas positivas que lá existem majoritariamente. Neste deslocamento, os elétrons ocuparão o espaço das lacunas do material p localizadas próximas à junção e produzirão lacunas no material n, na região da qual foram deslocados.

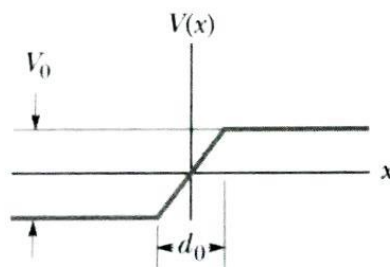
O movimento dos portadores de carga majoritários de ambas as partes do material semiconductor dá origem a uma carga elétrica na região próxima a junção denominada carga espacial, formando uma zona de depleção que impede a formação de novos pares de elétrons e lacunas.



Fonte: Walker, 2001, p. 202

A carga espacial produz na zona de depleção uma diferença de potencial  $V_0$  que impede que os elétrons e os buracos continuem a atravessar a junção e apenas cargas elétricas com energias mais levadas conseguirão vencer a barreira de potencial e conduzir para a junção oposta.

Figura 18 - Diferença de potencial de contato  $V_0$  entre as extremidades da camada de depleção, de largura  $d_0$ .



Fonte: Walker, 2001, p. 202.

As cargas negativas oriundas da junção n evitam as regiões de potenciais menores produzidas pelas cargas espacial negativa, localizada no lado oposto da zona de depleção, e acabam retornando ao lado n.

Da mesma forma, as lacunas produzidas pelos átomos aceitadores, na camada positiva, serão repelidas pelo aumento de potencial que é gerado pelos íons positivos da zona de depleção, situados na extremidade oposta.

Esta diferença de potencial gerada na zona de depleção permite que os portadores de carga majoritários de n, fiquem separados das lacunas do material p.

O efeito fotovoltaico ocorre quando a luz atinge a camada n do material semiconductor, fornecendo energia suficiente para que os portadores de carga majoritários desta camada se movimentem através da estrutura de bandas do material.

Ao serem atingidos pelos fótons da radiação solar, os elétrons irão receber destas partículas, uma quantidade de energia que é calculada pela expressão:

$$E = h\nu \quad \text{ou} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad (7)$$

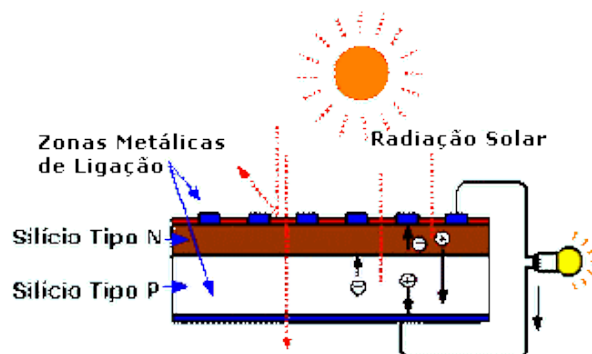
A energia absorvida pelo elétron, é calculada multiplicando-se a constante de planck (h) pela frequência da radiação incidente  $\nu$ , em que  $c$  é a velocidade da luz ( $3.10^8\text{m/s}$ ) e  $\lambda$  representa o comprimento de onda da luz incidente.

No entanto, não são todos os elétrons que ao absorverem a energia dos fótons na camada n, irão gerar o efeito fotovoltaico, apenas aqueles que possuem níveis de energia mais altos e que estão localizados próximos à banda de condução são capazes de produzir tal efeito.

Tais elétrons, provenientes de átomos doadores, estão fracamente ligados ao núcleo dos átomos e quando excitados pelos fótons, estas partículas são deslocadas da banda de valência para a banda de condução do material, produzindo um movimento ordenado de cargas elétricas através do sólido.

Os elétrons são direcionados para um terminal negativo, localizado sobre a região n da célula e ao passarem por uma carga elétrica acoplada em série com a célula, chegam até a camada p do material.

Figura 19 – Efeito fotovoltaico



Fonte: <http://www.electronica-pt.com>

Na camada p, os elétrons continuam a se deslocar através das lacunas que foram produzidas no material e como o seu deslocamento da camada n, também produziu lacunas naquela região, o movimento destas partículas é estendido para além da junção p-n.

Pode-se afirmar que, em consequência da incidência de luz solar sobre a célula, é produzida uma corrente fotogerada, este fluxo de elétrons é contínuo enquanto houver incidência de luz sobre a célula e descrito matematicamente como o modelo de um diodo, ligado a uma fonte de corrente fotogerada.

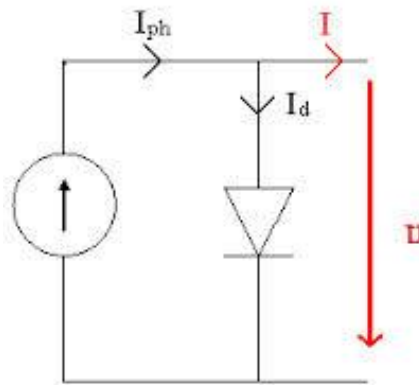
### 3.1.3. MODELO MATEMÁTICO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA

As características físicas de uma célula fotovoltaica são semelhantes às características de um diodo semicondutor. Tanto a célula quanto o diodo são formados por duas camadas de materiais semicondutoras, dopadas com materiais trivalentes (camada n) e pentavalente (camada p) e na região em que as duas camadas se encontram é formada a zona de depleção.

O modelo de uma célula fotovoltaica ideal pode ser entendido como um diodo semicondutor ligado em paralelo a uma fonte de corrente, no qual não consideramos as perdas internas da célula, ocasionadas pelo efeito joule, ou por corrente produzida através de indução eletromagnética.

No circuito abaixo, os fótons incidentes na superfície da célula provenientes da luminosidade, excitam os elétrons do material semicondutor produzindo uma corrente fotogerada (efeito fotovoltaico)

Figura 20 - Circuito equivalente de uma célula ideal



Fonte: Castro (2008, p.21)

Aplicando a lei das malhas de Kirchoff, percebemos que a corrente elétrica de saída, que passa pela carga que será ligada a célula é igual a corrente fotogerada ( $I_{ph}$ ) menos a corrente do diodo ( $I_d$ ).

$$I = I_{ph} - I_d. \quad (8)$$

A corrente que percorre o diodo é calculada a partir da equação abaixo, na qual  $I_s$  representa o movimento de portadores minoritários, causado pela agitação térmica do material,  $V$  é a tensão nos terminais do diodo,  $K$  é constante de Boltzmann e  $T$  é a temperatura do diodo.

$$I_d = I_s \left[ \exp\left(\frac{qV}{KT}\right) - 1 \right]. \quad (9)$$

A corrente do diodo, também pode ser escrita segundo um potencial térmico  $V_T$ , que é dado pela seguinte fórmula.

$$V_T = \frac{KT}{q}. \quad (10)$$

Ao substituir a equação (10) em (9), obteremos a equação do diodo em função do fator térmico, na qual adicionamos o fator de idealidade ( $m$ ) do diodo, um parâmetro que está associado diretamente à curva I-V da célula fotovoltaica e que, para diodos ideais, o fator de idealização é 1.

$$I_d = I_s \left[ \exp\left(\frac{V}{mV_T}\right) - 1 \right] \quad (11)$$

Substituindo a equação (11), na equação (8), obtemos que a corrente de saída da célula fotovoltaica, será dada pela equação seguinte:

$$I = I_{ph} - I_s \left[ \exp\left(\frac{V}{mV_T}\right) - 1 \right] \quad (12)$$

Para Castro (2008), nos modelos matemáticos da célula fotovoltaica, existem dois pontos de operação da célula que merecem atenção particular, são eles: o curto circuito exterior e o circuito aberto.

A partir dos pontos citados, podemos determinar respectivamente a corrente de curto circuito da célula fotovoltaica ( $I_{cc}$ ) e a tensão em vazio ( $V_{ca}$ ) ambos são valores fornecidos pelos fabricantes, através da curva I-V.

Para determinar a corrente de curto circuito, a tensão sobre os terminais do diodo deve ser nula, esta condição produz um corrente  $I_d = 0$ , o que significa que a corrente sobre a carga será máxima e igual a corrente fotogerada na célula.



$$I = I_{ph} = I_{cc} . \quad (13)$$

Quando nenhuma carga está ligada a célula fotovoltaica, determinamos a tensão máxima produzida nos terminais da célula ou tensão em vazio, determinada pela equação, segundo valores específicos de temperatura e radiação incidente.

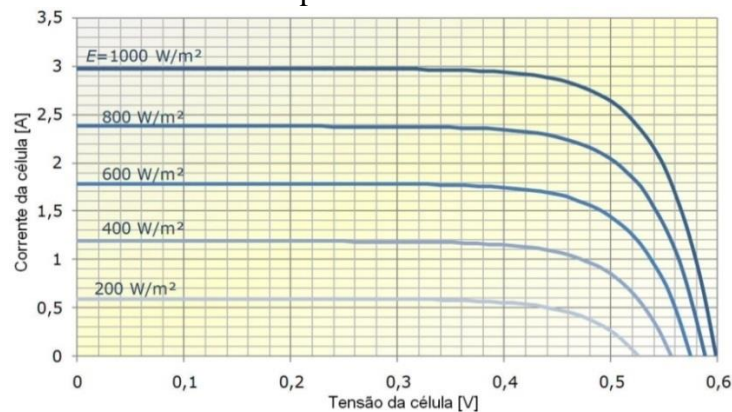
$$V_{ca} = mV_T \ln \left( 1 + \frac{I_{ph}}{I_s} \right) . \quad (14)$$

Levando em conta o resultado dado pela equação (12), segue de (13) que:

$$I_s = \frac{I_{cc}}{e^{V_{ca}/mV_T} - 1} . \quad (15)$$

Então, com os dados de  $V_{ca}$ ,  $I_{cc}$  e, conseqüentemente de  $I_s$ , podemos traçar a curva  $I$ - $V$  de uma célula fotovoltaica. No entanto, para determinarmos esta curva, que fornece importantes dados sobre a característica das células, precisamos usar valores de referência de temperatura e radiação incidente. As condições nominais de teste, normalizadas para a realização das medidas dos parâmetros característicos da célula, designadas condições de referência, de acordo com Castro (2008, p. 24), são: temperatura de 25°C (ou 298,16 K) e radiação incidente de 1000 w/m<sup>2</sup>.

Figura 21 - Curva  $I$ - $V$  de uma célula fotovoltaica de silício para diferentes valores de radiação e temperatura de 25°C.



Fonte: <http://lib.convdocs.org>

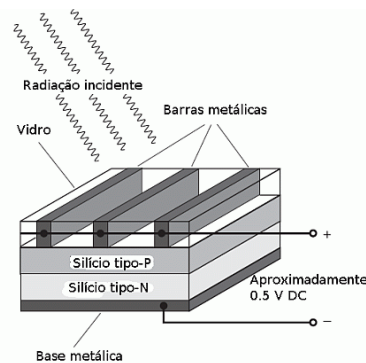
### 3.1.4 A CÉLULA FOTOVOLTAICA E OS PAINÉIS SOLARES

A célula fotovoltaica é um dispositivo sólido que compõem a unidade básica dos sistemas de produção de energia solar, uma única célula produz uma quantidade de energia pequena da ordem de 0,5 volts.

A estrutura de uma célula fotovoltaica é constituída basicamente pelas duas camadas de material semiconductor p e n que unidas formam a junção p-n. Sobre a camada n, são inseridos contatos metálicos em forma de grelha e depositado um material antirreflexivo que aumenta a capacidade de absorção da luz pela célula.

Tanto a camada n como a camada p vão possuir contatos metálicos ligados aos seus respectivos eletrodos que permitem interligá-la a uma carga ou associá-las a outras células fotovoltaicas.

Figura 22 - Estrutura básica de uma célula fotovoltaica

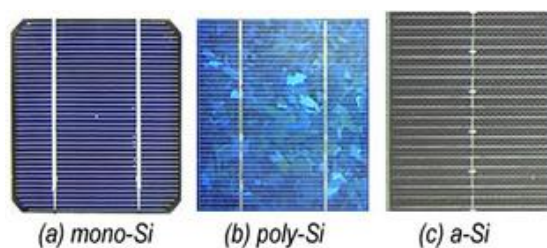


Fonte: <http://questoesbiologicas.blogspot.com.br>

Os painéis solares ou módulos solares são formados basicamente por três tipos de células fotovoltaicas, o silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo.

Segundo Villalva e Gazoli (2012) no silício monocristalino, as células são obtidas, a partir da serragem de lingotes fabricados a partir do silício purificado extraído do mineral quartzo, este material é serrado e fatiado para produzir borrachas de silício, ou wafers com dimensões entre 0,4 e 0,5 mm de espessura que irão constituir módulos fotovoltaicos com até 16% de eficiência.

Figura 23 - Painéis solares monocristalino, policristalino e de Filmes finos.



Fonte: [sunflower-solar.com](http://sunflower-solar.com)

Ainda de acordo com Villalva e Gazoli (2012), ainda temos os módulos policristalinos que comparados com os módulos monocristalinos, possuem processos de fabricação mais simples, aspecto heterogêneo e eficiência ligeiramente inferior e os dispositivos de filmes finos que fabricados a partir da pulverização de finas camadas de silício, sobre uma base feita de material rígido e flexível, desperdiçam menos material em sua construção, embora apresentem eficiência mais baixa.

Figura 24 - Comparação entre diferentes tipos de células

Tipo de Célula	Rendimento	Características
Monocristalino	15-18%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cristal único</li> <li>• Bom rendimento</li> <li>• Cor azul homogênea</li> </ul>
Policristalino	12-44%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferentes cristais</li> <li>• Preço inferior ao mono</li> <li>• Diferentes tons de azul</li> </ul>
Amorfo	<10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camada fina</li> <li>• Células finas em forma de lâmina</li> <li>• Cor castanha homogênea</li> </ul>

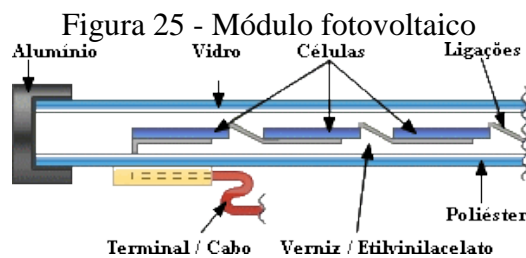
Fonte: <http://pt.slideshare.net>

Os módulos fotovoltaicos são estruturas que, ligadas em série, produzem o efeito somatório das tensões. Com o intuito de obter os melhores resultados, quanto à eficiência dos módulos, estes passam por vários processos de fabricação que introduzem em sua estrutura básica, um conjunto de estruturas periféricas que tornam a sua aplicação viável.

Além de uma melhor eficiência dos módulos, as estruturas periféricas, também produzem isolamento elétrico e resistência aos fatores climáticos como a umidade.

Entre as principais estruturas dos módulos fotovoltaicos, temos o encapsulamento com etilvinilacetato (EVA), um plástico elástico que promove maior isolamento e a introdução de uma parede de vidro sobre a camada n que aumenta à resistência do painel e a capacidade de absorver energia.

Na figura seguinte, temos um esquema mostrando a estrutura básica dos módulos fotovoltaicos e como as células fotovoltaicas estão dispostas em seu interior.



Fonte: [www.electronica-pt.com](http://www.electronica-pt.com)

As células fotovoltaicas são interligadas em série no interior dos módulos fotovoltaicos, formando ramos de células, nos quais as tensões são somadas, conjuntos destes ramos são conectados em paralelo, fazendo com que as correntes dos módulos fotovoltaicos se tornem mais elevadas.

As ligações em série e paralelo, realizadas no interior dos módulos fotovoltaicos, produzem aumentos de tensão e corrente, tornando viável a aplicação destes módulos a sistemas elétricos simples e complexos.

### 3.1.5 SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UMA RESIDÊNCIA

Capra (1985) já afirmava a três décadas, que a tecnologia fotovoltaica que foi usada primeiramente para funções militares, fornecendo a energia para o funcionamento dos satélites em órbita, passaria por um processo de barateamento tornando-se viável para aplicações domésticas, o mesmo já tinha acontecido antes com a indústria dos transistores e chips. Hoje, os sistemas fotovoltaicos são utilizados em um conjunto vasto de aplicações de pequena, média e grande potência, são exemplos destas aplicações os relógios e calculadoras solares, a eletrificação rural, os telefones de emergência, frigoríficos médicos, e sistemas híbridos de produção de energia elétrica.

A utilização de sistemas fotovoltaicos é cada vez mais acessível e novos materiais e modelos de ligações moleculares são pesquisados, com o objetivo de desenvolver sistemas fotovoltaicos mais eficientes.

Neste contexto, a energia fotovoltaica é vista com uma opção para substituir outras fontes de produção de energia elétrica, consideradas perigosas e poluentes, como é o caso da energia nuclear e dos combustíveis fósseis. A China, por exemplo, que vem sofrendo terríveis efeitos causados pela poluição térmica, encontrou na energia solar uma alternativa para diminuir dos níveis de poluição térmica. As usinas termoelétricas chinesas utilizam

principalmente o carvão mineral como matéria prima para o aquecimento das caldeiras, uma fonte de energia altamente poluidora e que está sendo substituída, em programas de incentivo ao uso de energias limpas, pela produção de energia fotovoltaica, que cresce em ritmo acelerado. No Brasil, a energia solar que antes era restrita a sistemas isolados de telecomunicação e eletrificação rural, passa atualmente por um processo de diversificação, com a construção de parques solares e sistemas de produção de energia domiciliar.

Segundo Villalva e Gazolli (2012) à publicação pela Aneel da resolução nº482, permite à microgeração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis e alternativas conectadas as redes de baixa tensão.

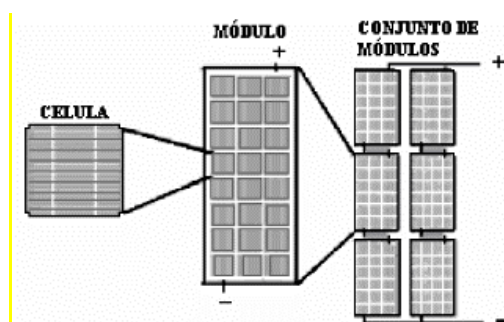
A microgeração de energia elétrica encontra aplicação em sistemas fotovoltaicos de média potência, nos quais os painéis solares instalados nos telhados das residências produzem energia elétrica para a iluminação e funcionamento de equipamentos elétricos domiciliares.

Estes sistemas são compostos basicamente de painéis os módulos fotovoltaicos, suporte para os painéis, controladores de carga de baterias, banco de baterias e inversores de corrente contínua para corrente alternada.

Os painéis solares são geralmente formados, por um conjunto de 30 a 36 células fotovoltaicas conectadas em série e os módulos fotovoltaicos são compostos por um conjunto de painéis solares, também interligados em série. Este tipo de ligação entre os painéis produz o efeito somatório das tensões geradas por cada uma das unidades.

Um conjunto de painéis ligados em série, produz uma configuração fotovoltaica conhecida como ramo. Um conjunto de ramos ligados em paralelo forma uma hierarquia fotovoltaica, que além de produzir tensões mais elevadas, produz também correntes elétricas mais elevadas que viabilizam a aplicação dos sistemas fotovoltaicos em residências.

Figura 26 - Hierarquia fotovoltaica

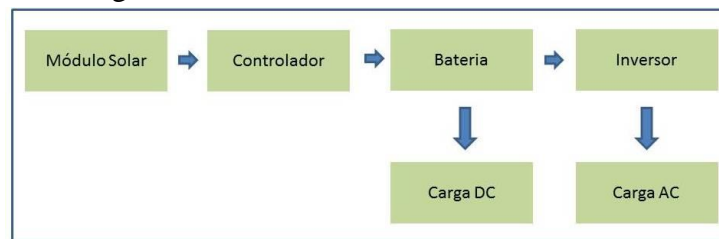


Fonte: <http://www.proceedings.scielo.b>

Para que os módulos solares funcionem adequadamente é necessário que estejam ligados a um sistema de baterias que garanta a autonomia do sistema, se o consumo de energia da residência for superior à energia produzida pelos módulos, o restante da energia será fornecido pelo banco de baterias.

Os sistemas fotovoltaicos domiciliares são baseados em painéis ou módulos solares, dispositivos que captam a energia solar, produzindo uma corrente elétrica fotogerada.

Figura 27 – Sistema fotovoltaico residencial



Fonte: <http://www.solarwaters.pt>

O banco de baterias é ligado ao controlador, um componente que gerencia e controla o processo de carga e descarga, sua instalação é realizada entre os módulos fotovoltaicos permitindo que as baterias sejam totalmente carregadas e evitando descargas abaixo do nível seguro.

O outro dispositivo utilizado no sistema fotovoltaico é o inversor de frequência que tem a função de converter o sinal elétrico contínuo, produzido no painel fotovoltaico em sinal elétrico alternado, cuja tensão de saída será de 110V ou 220V.

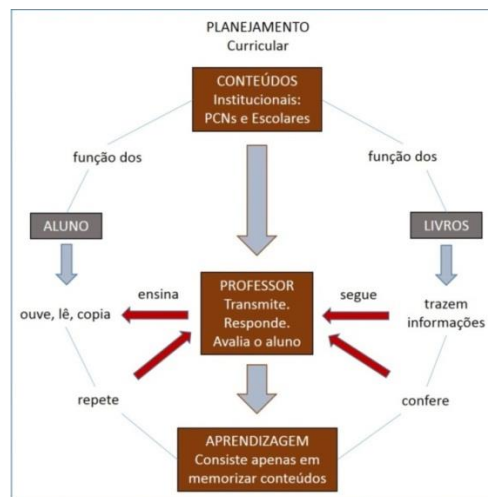
## 3.2 O TRABALHO COM A METODOLOGIA DE ENSINO POR PROJETOS

Os trabalhos em sala de aula com projetos de pesquisa são uma oportunidade para o professor desenvolver a metodologia do aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a conviver, apontados pela UNESCO como os pilares de uma educação autêntica.

Uma educação autêntica deve estar voltada para a formação da cidadania e o desenvolvimento da autonomia, preparando o indivíduo para o futuro em uma sociedade que passa por constantes transformações. Na sociedade atual, muitas das transformações da vida cotidiana passam despercebidas pelas escolas de ensino básico.

Persiste nestas instituições, a reprodução de um currículo de disciplinas pouco flexível, incentivado por métodos de ensino tradicionais. A reprodução pelo aluno, das informações transmitidas pelo professor de forma passiva e a uso do livro didático como única fonte de saberes, são características deste método.

Figura 28 - Características da escola tradicional



Fonte: Martins (2001, p 22)

Atualmente, é necessário que o professor adquira técnicas para utilizar diferentes ferramentas didáticas, renovando o ensino e estabelecendo uma melhor relação na sala de aula. A forma como são tratadas as novas tecnologias, por exemplo, influencia consideravelmente as relações nas aulas.

Neste cenário em que se exige do professor técnica e conhecimento sobre o uso das tecnologias, o ensino tradicional perde funcionalidade, já que as fontes de pesquisa se diversificam, havendo a necessidade de uma maneira diferente de tratar informações e de posicionar-se na relação professor-aluno.

Um recurso metodológico que geralmente reforça a concepção do professor que o ensino, deva ocorrer de forma mecânica, é o livro didático, que dispõe de conteúdos e exercícios sequenciados e que exploram pouco a pesquisa e a investigação. Embora, os conhecimentos transmitidos por estes não sejam em sua maioria práticos e mantenham pouca relação com o mundo vivencial do aluno, não podemos negar à sua importância histórica e formativa.

Para Pavão (2006, p.11),

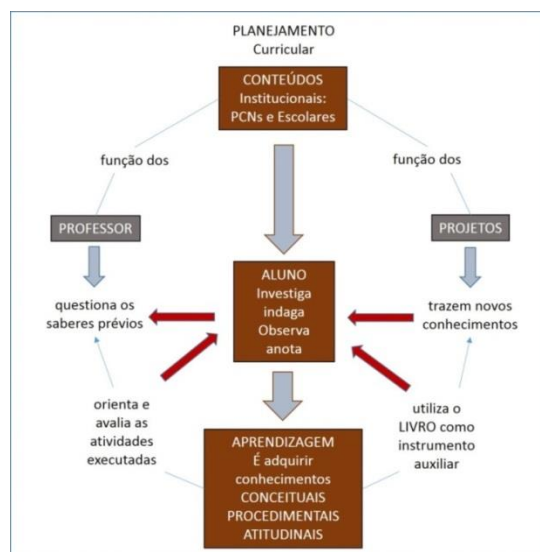
O livro didático é um suporte de conhecimentos e de métodos para o ensino, e serve como orientação para as atividades de produção e reprodução de conhecimento. Mas não podemos nos transformar em reféns do livro, imaginando encontrar ali todo o saber verdadeiro e a narrativa ideal. Sim, pois o livro é também instrumento de transmissão de valores ideológicos e culturais, que pretendem garantir o discurso supostamente verdadeiro dos autores. Em um processo pouco dinâmico como o que se estabelece no sistema tradicional de ensino de Ciências, cria-se um círculo vicioso: o professor torna-se um reproduzidor desses mitos e imagens errôneas e passa, ele também, a acreditar neles. O resultado desse processo é que, para os alunos, a ciência ensinada na escola acaba sendo chata pouco útil e muito difícil.

No modelo de escola renovada, o ensino se opõe às práticas tradicionais, a começar pelo livro didático que é usado como um instrumento auxiliar do ensino, o centro de interesse da escola se desloca para métodos ativos que priorizam a pesquisa em diversas fontes de informação, com o objetivo de desenvolver no aluno uma série de competências e habilidades que o ajudem a enfrentar os desafios da vida contemporânea.

Nos métodos ativos de ensino o professor passa a desenvolver o papel de orientador das atividades desenvolvidas pelos alunos em projetos de pesquisa, questionando os saberes prévios, orientando e avaliando as atividades executadas.

Nesse processo, como esquematizado na figura abaixo, o professor questiona os conhecimentos prévios dos estudantes na escolha do tema gerador e no caminhar das atividades de pesquisa, orientam as atividades e organizam o trabalho, esperando que destas experiências de interação sejam produzidos novos conhecimentos que tragam outra visão das coisas e dos fatos, diferente da do senso comum.

Figura 29 - Características da escola renovada



Fonte: Martins (2001, p. 24)



Os projetos de pesquisa têm como grande objetivo a produção do conhecimento em sala de aula a partir de uma temática, que gera um processo em que os alunos investigam, indagam, analisam e anotam informações que trabalhadas em sala de aula tem um grande potencial de transforma-se em um conhecimento significativo.

Para Martins (2001), os projetos são estudos ou propostas a desenvolver temas transversais, que têm início com a busca de informações pelos alunos utilizando procedimentos adequados e orientados pelo professor e que valorizam vários aspectos formativos como o trabalho em equipe, a participação, o saber fazer e o como fazer.

Qualquer que seja o método utilizado para a pesquisa, este deve ser precedido de um planejamento onde constem linhas de ação que levem a alcançar um determinado objetivo. O planejamento constitui-se de um projeto de trabalho que é definido de forma geral, como um modelo operacional metodológico, que por etapas e procedimentos, permitirá chegar a resultado definido. (MARTINS, 2005, p. 66).

Utilizar os projetos de pesquisa nas escolas, não significa um rompimento com o modelo tradicional, mas uma adaptação ao que já vem sendo feito e que está incorporado a nossa rotina de estudos, desta maneira a pedagogia renovada oferece mudanças positivas para a melhoria do ensino, tornando em particular a sala de aula um ambiente mais flexível e democrático.

Um exemplo da aplicação de projetos pesquisa em escolas de ensino básico foi o modelo desenvolvido na escola Pompeu Fabra. Em meados da década de 1980 a escola espanhola implantou os projetos de pesquisas como forma de organização dos conhecimentos escolares de forma gradativa nas séries do ensino fundamental.

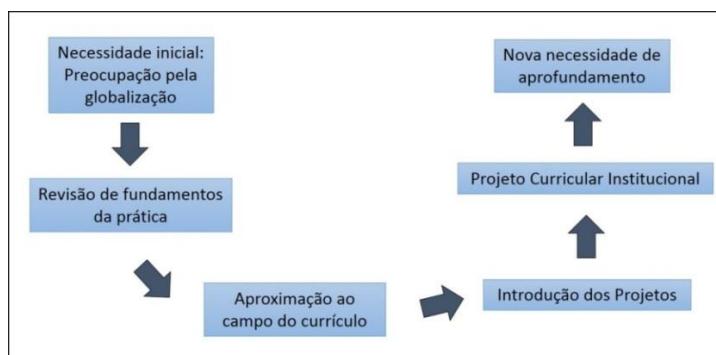
Para Hernández (1998), inovações costumam ser produzidas, entre outras razões por pressões exteriores, ou pela vontade de mudança de um grupo ou instituição, como consequência da insatisfação gerada nos professores da escola Pompeu Fabra pelo sistema de ensino que vigorava, estabeleceu-se a necessidade destes profissionais entrarem em um processo de reflexão e análise da própria prática profissional.

O sistema de ensino que vigorava na escola eram os centros de interesse que tentavam trabalhar a globalização usando os métodos da escola ativa nas séries finais do ensino fundamental. No entanto, havia uma grande insatisfação por parte dos professores, principalmente os professores do ensino médio que não dispunham de informações sobre como se processavam estes centros de interesse em outros segmentos dentro da própria instituição.

Ocorria também que os professores que trabalhavam com os centros de interesse questionavam se realmente estariam trabalhando a globalização, pois os projetos desenvolvidos não eram muito diferentes das tradicionais lições, a não ser pelo fato dos alunos poderem escolher o tema a ser trabalhado.

As insatisfações geradas na escola devido aos centros de interesse motivaram a formação de um grupo de trabalho com os professores da instituição, que através de uma assessoria institucional e apoio econômico desenvolveram um planejamento inovador em um processo de reflexão da própria prática de ensino.

Figura 30 - A Introdução dos projetos de trabalho na Escola Pompeu Fabra



Fonte: Hernandez (1998, p. 28)

A metodologia de Ensino por Projetos insere no cotidiano do professor um processo criativo e de reflexão sobre a prática que requer atitude de inovar e assumir riscos, neste processo é importante desenvolver temas que estejam voltados para a realidade, como questões ambientais, sociais, religiosas, fugindo das situações irreais fornecidas pelo currículo.

No caso da escola Pompeu Fabra, a forma como os projetos eram produzidos foi bastante questionado e os professores assumiram o risco de discutir a sua prática e buscar soluções para que realmente se atingisse a meta de um ensino global. Entre os principais objetivos deste planejamento produzido nesta escola, destacamos:

1. Abordar um sentido de globalização em que as relações entre as fontes de informação e os procedimentos para compreendê-la e utilizá-la fossem levados adiante pelos alunos, e não pelo professorado, como acontece nos enfoques interdisciplinares.
2. Introduzir uma nova maneira de fazer do professor, no qual o processo de reflexão e interpretação sobre a prática fosse à pauta que permite ir tornando significativa a relação entre ensinar e aprender.
3. Gerar uma série de mudanças na organização dos conhecimentos escolares, tomando como ponto de partida as seguintes hipóteses:

- a) Na sala de aula, é possível trabalhar qualquer tema, o desafio está em como abordá-lo com cada grupo de alunos e me especificar o que podem aprender dele.
- b) Cada tema se estabelece como um problema que deve ser resolvido, a partir de uma estrutura que deve ser desenvolvida e que pode encontrar-se em outros temas ou problemas.
- c) A ênfase na relação entre ensino e aprendizagem é, sobretudo, de caráter procedimental e gira em torno do tratamento da informação.
- d) O docente ou a equipe de professores não são os únicos responsáveis pela atividade que se realiza em sala de aula, mais também o grupo-classe tem alto nível de implicação, na medida em que todos estão aprendendo e compartilhando o que se aprende.
- e) Podem ser trabalhadas as diferentes possibilidades e interesses dos alunos em sala de aula, de forma que ninguém fique desconectado e cada um encontre um lugar para sua implicação e participação (HERNANDEZ, 1998, p.29).

Os projetos de trabalho desenvolvidos na escola Pompeu Fabra, implicam em uma organização de conhecimentos que não se ordena de forma rígida e não tratam os alunos de uma forma homogênea, é um trabalho que favorece o tratamento de informações referentes a diferentes conteúdos em uma intervenção psicopedagógica preocupada em favorecer a aprendizagem a partir da diversidade.

No quadro a seguir, os centros de interesse, alvo de críticas na Escola Pompeu Fabra são comparados com o ensino a partir da metodologia de projetos, através de diversos elementos como modelo de aprendizagem, função do professor, modelo curricular e papel do aluno.

Figura 31 - Diferença entre projetos de trabalho e centros de interesse

Elementos	Centros de interesse	Projetos
Modelo de aprendizagem	Por descoberta	Significativos
Temas trabalhados	As ciências naturais e sociais	Qualquer tema
Decisão sobre que temas	Por votação majoritária	Por argumentação
Função do professor	Especialista	Estudante, interprete
Sentido da globalização	Somatório de matérias	Relacional
Modelo curricular	Disciplinas	Temas
Papel dos alunos	Executor	Co-participante
Tratamento da informação	Apresentada pelo professorando	Busca-se com o professorado
Técnicas de trabalho	Resumo, destaque, questionários, conferências	Índice, síntese, conferências
Procedimentos	Recopilação de fontes diversas	Relação entre fontes
Avaliação	Centrada nos conteúdos	Centrada na relação é nos procedimentos

Fonte: Hernandez (1998, p. 65)

Segundo Martins (2001), a implementação dos projetos de pesquisa em sala de aula segue a seguinte sequência de etapas: preparação e planejamento, execução do trabalho de pesquisa, análise comparativa, a interação e aplicação prática e a avaliação.

Na preparação e planejamento é necessário justificar o projeto e formular objetivos e realizar uma sondagem a cerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema abordado.

1. Escolher e definir bem o tema ou assunto a estudar. Pode ser tirado de um conteúdo de alguma unidade didática do projeto curricular, ou ser um assunto de interesse dos alunos.
  2. Justificar para os alunos as razões pelas quais deverão fazer um trabalho de pesquisa sobre aquele assunto, explicando-lhes, também, que será mais fácil assimilarem alguns conceitos importantes que lhes serão indicados sobre o tema, numa atividade desse tipo.
  3. Formular dois ou três objetivos a serem almejados com o projeto e que visem melhorar os conhecimentos e as habilidades investigativas dos alunos.
  4. Fazer, por meio de algumas perguntas a sondagem ou diagnóstico dos saberes prévios ou informais que os alunos já possuem sobre o assunto a ser investigado, para depois aperfeiçoá-los e mudá-los.
- (Martins, 2005, p.87).

A execução do trabalho é a etapa em que os alunos realizam pesquisas e atividades de investigação em busca de informações que os ajudem a desenvolver o seu projeto, estas atividades podem ser pesquisas bibliográficas, observações de campo e entrevistas com pessoas que tenham um conhecimento mais profundo sobre o tema abordado.

Na análise comparativa, as respostas que os alunos deram as perguntas durante as primeiras sondagens do tema são confrontados, com os conhecimentos que eles obtiveram, depois do processo de execução do trabalho de pesquisa.

A interação prática acontece no momento em que os alunos expõem em sala de aula as suas pesquisas e construções através de apresentações e relatórios, para os trabalhos em equipes é importante que cada membro participe das exposições mostrando a sua produção individual e o conhecimento que adquiriu com as atividades de pesquisa.

Por último, temos a avaliação que deve interpretar as melhorias obtidas pelos alunos durante o processo de pesquisa no qual são observados a produção individual dos alunos e a sua colaboração no trabalho de equipes.

Esta avaliação deve ser formativa e corretiva ajudando no progresso dos indivíduos que participaram do processo e oferecendo novos rumos para o ensino; globalizante porque discute os conhecimentos adquiridos de uma forma ampla; diagnóstica e auto avaliativa, pois tem seus métodos julgados por professores e alunos.

## **4. METODOLOGIA**

Neste capítulo, será apresentada a metodologia usada no projeto de pesquisa desenvolvido com estudantes de uma turma do ensino médio.

Na execução do referido projeto, foi explorado o tema Energia Solar no ensino de conteúdos de Física, seguindo os pressupostos da CTSA.

### **4.1. OS SUJEITOS DA PESQUISA**

Os sujeitos desta pesquisa foram os alunos do 3<sup>a</sup> F do turno manhã da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Manoel Vieira, localizada no Município de Patos, interior do estado da Paraíba.

No início do ano letivo, a turma era formada por 30 alunos. Durante o ano houve três transferências e uma desistência, ficando o grupo composto por 26 alunos que, somados a dois vindos de outras unidades escolares, contabilizou um total de 28, que permaneceram até o final do ano letivo.

### **4.2 O UNIVERSO DA PESQUISA**

Com uma população de cerca de 100 mil habitantes, a cidade de Patos distante 307 km da capital João Pessoa e 180 km de Campina Grande, desenvolve importantes atividades nas áreas de educação, indústria e comércio, servindo de referência para toda a região do sertão paraibano.

Seu clima é semiárido quente, apresentando altas temperaturas durante todo o ano e poucas chuvas, o que prejudica diretamente as atividades agropecuárias. Chamada afetuosamente, por seus moradores e visitantes, de morada do Sol, a cidade dribla a adversidade do clima realizando diversas atividades, principalmente na área de serviços, que trazem prosperidade para o lugar.

Na área educacional, Patos desenvolve um importante trabalho para a comunidade através dos serviços prestados por universidades públicas e privadas que lá se instalaram. A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), a Universidade Federal de Campina Grande

(UFCG) e a Faculdade Integrada de Patos (FIP) são três importantes instituições instaladas na cidade.

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, Monsenhor Manuel Vieira, utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, está localizada no centro da cidade de Patos, em frente à Praça Presidente João Pessoa. Nela funcionam turmas do ensino médio, nos turnos manhã, tarde e noite. Na sua estrutura, a escola dispõe de dois laboratórios de informática, sendo um destes, equipado com recursos de Datashow e caixa de som, uma biblioteca, um laboratório de Ciências, uma sala de projetos, uma sala de recursos audiovisuais (televisão e DVD) e uma quadra poliesportiva localizada no pátio central.

Figura 32 – Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira



<https://geolocation.ws/v/P/60850762/colgio-estadual-monsenhor-manuel-vieira/en>

No desenvolvimento do projeto de pesquisa, o laboratório de informática foi bastante solicitado. Nele os alunos apresentaram seus trabalhos usando os recursos audiovisuais e realizaram várias discussões sobre os encaminhamentos do projeto, em um ambiente democrático e de troca de informações e ideias. Por sua vez, o laboratório de ciências também foi utilizado em atividades experimentais sobre painéis solares e energias renováveis. Já a sala de projetos foi o espaço destinado para a construção de materiais práticos, como painéis solares, ligações de lâmpadas em série e paralelo e confecção de maquetes.

Na tabela a seguir, são especificados os principais locais da escola, usados na pesquisa e o que foi produzido em cada ambiente, como biblioteca, sala de informática e laboratório de ciências.

Tabela 1 – As atividades do projeto em cada local da escola

<b>BIBLIOTECA</b> Pesquisas, reuniões de grupo, relatórios.	<b>SALA DE INFORMÁTICA</b> Apresentações de pesquisas, debates e pesquisas em sites.	<b>LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS</b> Experimentos, aulas práticas e reuniões.
<b>SALA DE AULA E SALA DE RECURSOS</b> Aulas expositivas, experimentos, reuniões em grupo e debates.	<b>SALA DE PROJETOS</b> Atividades práticas, experimentos, e reuniões.	<b>QUADRA POLIESPORTIVA</b> Experimentos

Fonte: Do autor

### 4.3 DESCREVENDO O PROJETO DE PESQUISA

O projeto de pesquisa começa com a escolha de uma temática, definição dos objetivos, que se desejam alcançar com as pesquisas e elaboração dos planos de trabalho e cronogramas de atividades. Atendida esta organização, segue-se a etapa de execução do projeto.

#### 4.3.1 A ESCOLHA DO TEMA

O início do projeto de pesquisa se deu no dia 10 de maio de 2013, com a ministração de duas aulas (90 min) sobre o tema energias renováveis.

Com o intuito de sensibilizar a turma para a necessidade do uso das energias renováveis, como alternativa para a diminuição dos níveis de poluição do meio ambiente e a melhoria de vida do homem, foi exibido um vídeo intitulado *Energias renováveis: um mundo melhor*. Em seguida, usando as imagens veiculadas pelo vídeo, foi feita uma exploração sobre o tema *energias renováveis*, onde se buscou, a partir de uma série de questionamentos, avaliar o conhecimento prévio dos alunos e desenvolver o interesse deles pelo estudo da temática.

As questões foram às seguintes: O que são energias renováveis? Quais as diferenças entre energias renováveis e não renováveis? Vocês têm conhecimento de algum sistema que produtor de energia, oriunda de fontes renováveis? E na região de Patos, qual é a forma de energia renovável que possui maior viabilidade local?

A discussão em torno dessa problematização foi muito proveitosa e os alunos compartilharam diversas experiências sobre a observação de fontes de energias renováveis e sistemas alternativos de produção de energia. Uma das discussões interessantes diz respeito à

instalação das torres de energia eólica no litoral nordestino; um aluno diz ter ficado fascinado durante uma viagem em que observou as grandes torres instaladas no litoral. Outra intervenção importante foi sobre a utilização de embalagens de leite longa vida para a construção de isolamentos térmicos nos telhados.

Estas intervenções relacionadas ao uso das energias e ao reaproveitamento de materiais demonstraram o interesse que os alunos possuíam com as questões relacionadas aos problemas socioambientais e ao uso das tecnologias. Quando questionados sobre a forma de energia que pode ser mais bem aproveitada na cidade de Patos, os alunos citaram a energia solar, a exemplo de algumas casas da cidade que já utilizavam esse sistema de produção de energia.

Após exibição do vídeo, foi proposto, aos alunos, a realização de um projeto de pesquisa, abordando o tema energias renováveis em que fosse possível aplicar os conteúdos de física do 3º ano, articulados à prática da educação ambiental.

A expectativa era que, com a execução do projeto, os alunos iriam adquirir mais conhecimentos sobre este processo de produção de energia, além de que, seria também uma forma de mudar a rotina da sala de aula, tornando as aulas mais dinâmicas e interativas.

Com a aceitação da proposta, por parte dos alunos, foram traçados os seguintes objetivos a serem atingidos com o desenvolvimento do projeto de pesquisa:

- ✓ Ensinar os conteúdos de física previstos no currículo da 3ª série do Ensino Médio para o ano letivo de 2013 e, ao mesmo tempo, inserir novos conteúdos da Física através do desenvolvimento do tema energia solar;
- ✓ Tentar globalizar os conhecimentos de física e educação ambiental no projeto de pesquisa;
- ✓ Tornar as aulas mais dinâmicas com a inserção de práticas de ensino inovadoras;
- ✓ Estimular a pesquisa e autonomia do aluno e a melhoria nas relações de trabalho entre os alunos e entre alunos e professor em sala de aula.

### **4.3.2 A EXECUÇÃO DO PROJETO**

Escolhido o tema e traçados os objetivos do projeto, se fazia necessário executá-lo, definindo um cronograma de trabalho e respondendo aos seguintes questionamentos.

O que fazer?

Como Fazer?



Que resultados seriam alcançados?

Para que os objetivos do projeto de pesquisa fossem atingidos, era preciso desenvolver um trabalho dinâmico que se distanciasse das características do ensino tradicional, usando de maneira mais eficiente os diferentes espaços da escola e que abraçasse os pressupostos da educação ambiental. Havia, também, uma preocupação por parte dos alunos, de que o projeto contemplasse questões ambientais e sociais.

Então, nesta perspectiva, surgiram algumas sugestões para o tema do projeto. Dentre elas, a mais coerente e acatada pelo grupo, foi o desenvolvimento de um modelo de produção e distribuição de energia solar para uma residência. A ideia foi construir uma maquete e utilizar minipainéis solares, que pudessem ser produzidos com materiais de baixo custo. Além disso, outras construções, como fogões solares e sistemas de aquecimento de água, também seriam viáveis, dando uma maior abrangência ao projeto.

Para a execução do projeto, foi necessário dividir a turma em cinco equipes, em que cada uma delas ficaria responsável pela pesquisa de parte do tema e por fabricar uma parte do material prático. Mas, antes de fazerem a parte prática, deveriam mostrar as suas pesquisas na sala de aula, onde poderiam receber críticas e opiniões dos demais alunos.

A primeira equipe formada, composta por quatro alunos, foi encarregada de pesquisar os painéis solares e desenvolver um painel solar, usando materiais reaproveitáveis. O segundo grupo, constituído por sete alunos, deveria pesquisar manuais técnicos sobre a instalação elétrica de residências, elaborando sistemas elétricos para a maquete. Esse grupo foi incumbido de fazer todas as ligações na maquete, inclusive a colocação dos painéis solares. A terceira equipe, composta por cinco alunos, ficou responsável por desenvolver um forno solar à partir do uso de materiais reciclados. À quarta equipe, constituída por sete alunos, coube a tarefa de construir a maquete e a paisagem em sua volta. Por fim, para quinta equipe, formada por cinco alunos, foi designada a tarefa de desenvolver um sistema de aquecimento de água.

Tabela 2 – Distribuição dos trabalhos nas equipes

Equipes	Atividades	Quantidade
1ª equipe	Pesquisa sobre painéis solares e desenvolvimento de um minipanel.	4
2ª equipe	Pesquisas em manuais técnicos e elaboração de sistemas elétricos.	7
3ª equipe	Construir um forno solar	5
4ª equipe	Construir a maquete e a paisagem em sua volta	7
5ª equipe	Desenvolver um sistema de aquecimento de água	5

Fonte: Do autor

A divisão do trabalho em equipes foi uma estratégia definida durante o mês de maio nas primeiras reuniões do projeto. Esta divisão permaneceu praticamente inalterada durante todo o processo, mesmo com a ausência de alguns alunos no cumprimento das atividades de pesquisa.

Esses transtornos, causados pela falta de compromisso no cumprimento das atividades, foram contornados através de diálogos entre o professor e os alunos, nos quais eram esclarecidos a importância das atividades de pesquisa, os objetivos do projeto, firmados durante a escolha do tema.

No mês de junho, os grupos já se encontravam estruturados e as primeiras pesquisas sobre Educação Ambiental e Energia fotovoltaica começaram a ser realizadas. As aulas semanais da disciplina foram divididas em duas partes, geralmente uma destas aulas era dedicada exclusivamente ao projeto, na qual os materiais bibliográficos eram apresentados e discutidos nas reuniões de grupo e as outras duas aulas eram dedicadas ao ensino dos conteúdos de Física que compõem o currículo tradicional.

Fotografia 1 – Reuniões de grupo



Fonte: Do autor

Após o recesso escolar, as pesquisas bibliográficas e as reuniões de grupo continuaram a ser realizadas, em consonância com as aulas de Física. No mês de agosto, estas pesquisas começaram a ser compartilhadas com o restante dos grupos em forma de seminários, nos quais os alunos relataram suas experiências e colheram sugestões das demais equipes.

As atividades práticas foram iniciadas no mês de setembro, usando recursos experimentais, como minipainéis solares e placas de circuito. Nessas atividades, os alunos em grupo fizeram ligações em série e paralelo de painéis solares e expondo o conjunto à luz do Sol, realizaram com o auxílio do multímetro digital, medidas de voltagem produzidas nos painéis.

Fotografia 2 – Atividade com painéis solares



Fonte: Do autor

Durante este mês, os alunos também realizaram debates sobre o tema educação ambiental. Temas importantes como o reaproveitamento dos materiais, foram abordados, justificando que seria importante, nos seus trabalhos, que eles pudessem utilizar materiais alternativos para construir as experiências.

Uma dificuldade para darmos continuidade às ações do projeto, foram às diversas atividades extraclasse desenvolvidas na escola. Tivemos que nos adaptar a algumas mudanças de ritmo imposta pela amostra de cultura e artes, que, praticamente, demanda um mês de atenção dos alunos para atividades artísticas e culturais.

Na tabela a seguir, é apresentada uma síntese do trabalho produzido, em escala de meses, iniciando pela escolha da temática na última semana do mês de maio, seguindo com as primeiras pesquisas em junho e suas respectivas apresentações em agosto.

Tabela 3 – Atividades do projeto no cronograma dos meses

Mês	Atividade
Maio	Escolha do tema.
Junho	Primeiras pesquisas e organização do trabalho. (Recesso escolar)
Julho	(Recesso escolar). Pesquisas e reuniões de grupo.
Agosto	Apresentações das primeiras pesquisas.
Setembro	Atividades práticas com painéis solares e debates sobre EA.
Outubro	Mês da amostra pedagógica da escola MMV.
Novembro	Construção da maquete e outros materiais.
Dezembro	Conclusão da maquete e aplicação do questionário.

Fonte: Do autor

Passado o período da amostra de cultura e artes, os alunos voltaram a se dedicar as atividades, iniciando a montagem da maquete durante o mês de novembro e encerrando em dezembro. Na construção da maquete, os painéis solares foram instalados no teto da maquete e, como a sala de projetos possui boa iluminação, foi possível realizar as experiências no interior da sala.

### 4.3.3 A PRODUÇÃO DO PROJETO

No mês de novembro, os alunos começaram a apresentar as suas primeiras construções. O grupo que produziu a atividade prática mais rapidamente, foi à equipe responsável pelo forno solar. O experimento foi testado na quadra da escola e, com o auxílio de um termômetro industrial, conseguimos medir temperaturas próximas a 100° C no interior do forno.

Outros materiais que estavam sendo produzidos pelas demais equipes, eram um painel solar com leds e um minimotor para uma garagem, ambos seriam instalados na maquete.

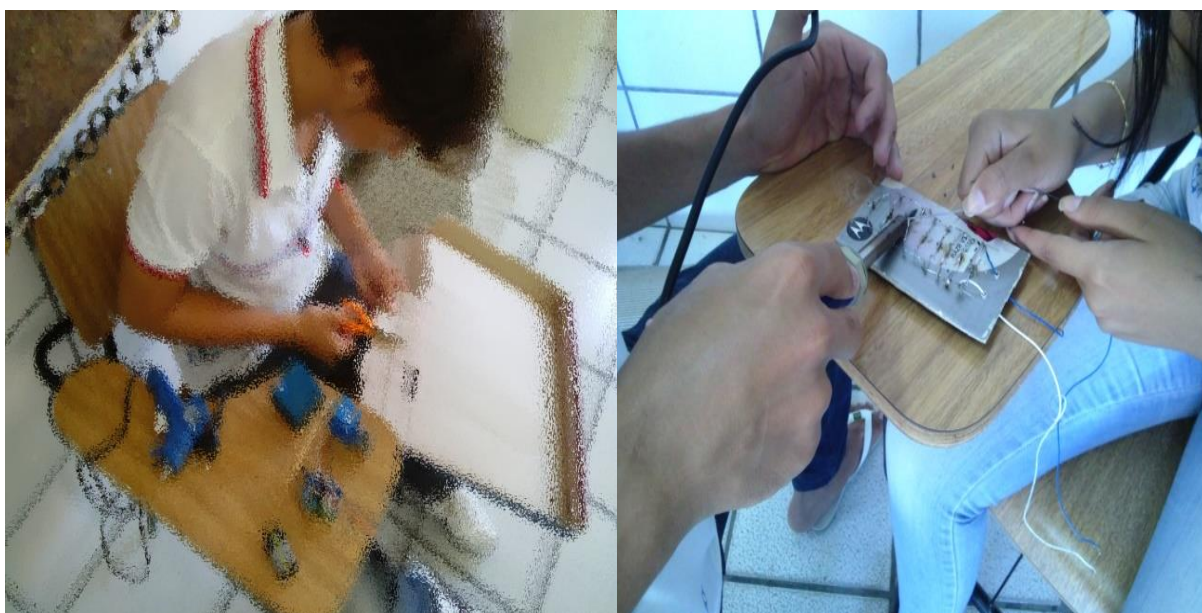
Inicialmente, planejou-se reciclar leds de placas eletrônicas para a construção do painel solar, mas, a quantidade de dispositivos retirados das placas foi insuficiente para as necessidades do projeto, tornando inviável à sua construção. A solução encontrada foi

adquirir alguns leds no comércio e iniciar o trabalho de soldagem. Os leds adquiridos foram colocados em uma base de papelão e tiveram os seus terminais soldados em paralelo.

Neste trabalho, os alunos precisaram adquirir a habilidade para soldar equipamentos elétricos e identificar os terminais positivo e negativo dos leds, além de realizar as medidas com voltímetro.

Nesta atividade houve dificuldades quanto à prática de soldagem, necessitando que a tarefa vinhesse a ser refeita e, após alguns testes, verificou-se que o painel construído estava produzindo uma energia igual ou maior que os painéis do laboratório da escola.

Fotografia 3 – Na esquerda temos a reciclagem de motores eletricos e na sequência à construção de uma célula fotovoltaica com leds.



Fonte: Do autor

Após alguns testes, conseguimos obter resultados nas medidas da voltagem, do painel construído, próximas aos valores produzidos pelos painéis do laboratório da escola.

Também foi elaborado um minimotor para uma garagem construída na maquete. Os motores foram reaproveitados de equipamentos das antenas parabólicas e o desafio era conseguir fazer o motor girar em ambos os sentidos simulando o movimento de um portão de garagem.

A inversão do movimento do motor foi realizada com o uso de uma chave analógica que faz a inversão do sentido da corrente elétrica gerada por uma bateria, causando grande satisfação quanto ao resultado. No entanto, o experimento apresentou dificuldades, quanto a

potência do motor potência, por ser muito pequena não era suficiente para levantar os materiais usados para simular um portão.

O aquecedor solar foi um dos experimentos mais trabalhosos. O grupo usou, como material para aquecimento da água, uma placa de pvc e tiveram bastante dificuldades para concertar vazamentos neste material. Porém, mesmo com os vazamentos, verificou-se que o equipamento funcionava adequadamente.

Neste aquecedor, a placa de pvc produz o efeito termossifão no líquido. A água fria de um reservatório é introduzida na parte inferior da placa de pvc e a medida que o calor é conduzido pela placa, a água se aquece, aumenta o seu volume e diminui sua densidade. Como as camadas de líquido quente dentro do aquecedor são mais leves, estas acabam sofrendo o movimento ascendente no sistema até chegar no reservatório.

Fotografia 4 – Forno solar a montagem de aquecedor solar



Fonte: Do autor

O grupo, que ficou responsável pela maquete, precisou coletar as opiniões dos outros grupos para iniciar o trabalho de construção. Alguns modelos apresentados eram inviáveis por não possibilitar a observação do seu interior, algo essencial para o trabalho com as instalações elétricas.

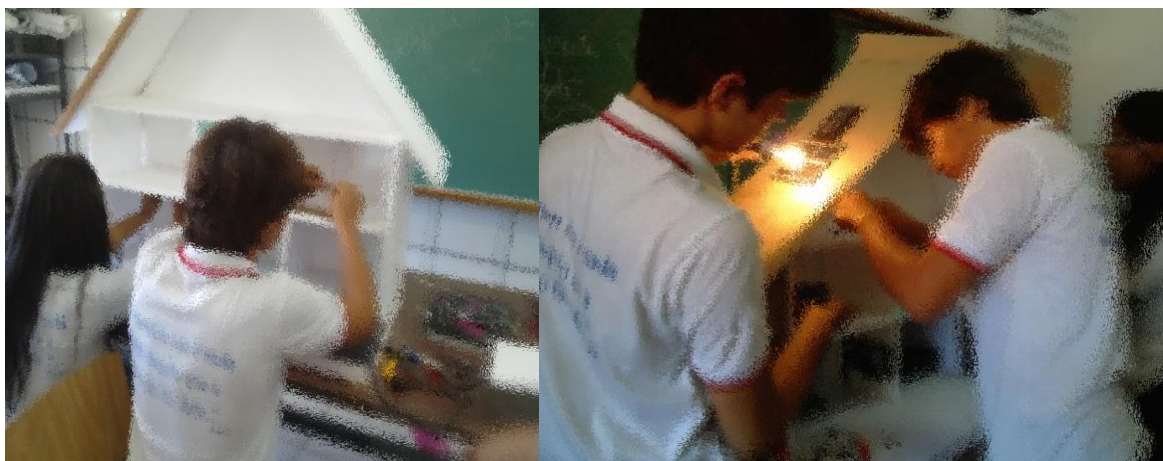
O modelo de maquete construído possui a parte da frente aberta, tornando mais fácil o trabalho de instalação dos equipamentos elétricos e a visualização do produto final, além de proporcionar uma melhor exploração didática do material. Para simular as lâmpadas foram

usados leds, que interligados em paralelo, iluminaram a maquete com a energia proveniente de quatro painéis solares, instalados no teto da maquete.

Para a ligação dos leds, os alunos precisaram identificar os seus terminais positivo e negativo, analisando a sua estrutura física, o terminal maior é o lado positivo e o terminal menor é o lado negativo e na ligação em série, foram ligados positivo com positivo e negativo com negativo dos respectivos leds, formando uma sequência de dispositivos.

Já os painéis solares foram ligados em serie, neste tipo de ligação os alunos interligaram o positivo de um dos painéis com o negativo do painel seguinte. Os terminais abertos foram ligados diretamente a sequência de leds.

Fotografia 5 - Construção da maquete



Fonte: Do autor

Os painéis foram interligados em série e testados com o voltímetro, com o objetivo de conhecer a quantidade de energia que produzida na associação e ao lado desta associação, foi instalado o painel produzido com materiais de baixo de custo. Neste experimento, os alunos puderam então, comparar a iluminação produzida na maquete pela associação de painéis industriais e pelo painel de baixo custo.

#### **4.4 O QUESTIONÁRIO USADO COMO INSTRUMENTO DE COLETA DOS DADOS**

Os questionários são instrumentos práticos e democráticos de coleta de dados, usados em pesquisas com características qualitativas e quantitativas, que necessitam ter certos cuidados quanto a sua elaboração, descrição dos dados e posterior análise.

Para se construir um bom questionário é preciso observar a sequência das questões. O questionário precisa envolver o participante, deixando as perguntas mais difíceis de responder para o final e iniciando-o com perguntas mais brandas. Outros aspectos importantes para a elaboração dos questionários é evitar as ambiguidades, ajustar o nível de perguntas aos participantes e apresentar-se pequeno e fácil de ser preenchido.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), existem três fases na análise dos questionários. A primeira delas é a preparação dos dados, dispostos geralmente em modelos de matrizes, a segunda é a descrição dos dados na matriz, onde os dados serão contabilizados e as proporções das respostas serão calculadas e a terceira é a interpretação destes dados.

Ainda de acordo com Bogdan e Biklen (1994), quando os questionários possuem perguntas em aberto, os dados das respostas deverão ser incluídos na matriz através de um processo de categorização que pode ocorrer de forma preestabelecida ou derivada das respostas do questionário.

Tabela 4 – Modelo de Matriz usada na categorização dos dados, P representa os respondentes e R a categoria de respostas.

	R1	R2	R3	R4	R5
P1					x
P2					
P3			x		
P4	x				
P5		x			
P6		x			
P7	x				

Fonte: Do autor

Na forma preestabelecida, o pesquisador se vale da literatura para desenvolver as diferentes categorias de tipos de respostas esperadas para determinado questionamento e, no processo derivado dos dados, o pesquisador utiliza, como fonte de conhecimento para o processo de categorização, as respostas dos participantes.

Sobre a categorização por derivação de dados, Bogdan e Biklen (1994, p.143) afirmam que:

Alternativamente, o pesquisador pode transcrever um conjunto de respostas, incluindo as mais longas, e resumir cada uma em poucas expressões simples. O pesquisador poderá escrever cada conjunto de expressões em um cartão. Então procurará agrupar expressões similares, decidir o que elas têm em



comum e assim definir as categoriais de acordo com o que pensa que as respostas traduzem.

O tratamento de dados do questionário aberto, usando a categorização da derivação dos dados, possui certas vantagens. Entre estas, citamos a possibilidade da inclusão de todo o conteúdo das respostas e a não imposição dos interesses do pesquisador sobre os dados.

Definida a categorização, o pesquisador precisa elaborar um sistema de codificação da matriz que reúna, inclusive, os casos das pessoas que se recusaram a responder uma determinada questão, os que não sabem responder e os que optaram por colocar todas as alternativas como resposta.

Para a coleta de dados desta pesquisa foi elaborado um questionário aberto constituído de oito perguntas que levantaram informações relevantes sobre aspectos metodológicos do trabalho didático desenvolvido em sala de aula com os projetos.

Nas duas primeiras perguntas do questionário foi solicitado que os alunos descrevessem, a experiência com o projeto de pesquisa nas aulas de física, nesta descrição, os mesmos deveriam abordar sobre as rotinas de trabalho individual e de grupo.

O terceiro item do questionário pede aos participantes que listem as vantagens e desvantagens de ter trabalhado com projetos de pesquisa nas aulas da disciplina de física e no quarto quesito, solicita-se aos participantes que abordem sobre os trabalhos desenvolvidos no projeto de pesquisa, a partir das suas contribuições individuais.

A quinta questão pede aos alunos que apontem os principais conteúdos de física que poderão ser trabalhados com a aplicação dos projetos e a sexta pergunta, solicita que os participantes descrevam a parte prática do projeto, aquilo que eles construíram e manusearam durante as aulas e que mantem relações com os conteúdos.

No penúltimo ítem é solicitado que os alunos apontem características do trabalho que possam classificá-lo como um projeto de pesquisa em Educação Ambiental. Por último, na oitava questão, os alunos dão suas contribuições para futuros trabalhos através de sugestões.

Na aplicação do questionário, pediu-se aos alunos que não utilizassem nenhuma forma de identificação, como assinaturas, rubricas ou número da chamada, pois o mesmo foi usado exclusivamente com o objetivo de coletar dados para pesquisa, não havendo a necessidade de identificação por parte dos participantes, uma vez que não se trata de um instrumento para avaliá-los.

Os dados obtidos no questionário serão usados exclusivamente para análise da atividade realizada com os grupos, servindo de base para a produção de uma proposta didática, sobre a temática da educação ambiental para o Ensino de Física.

Figura 33 – Questionário do projeto de pesquisa

<b>QUESTIONÁRIO</b>	
1-	Fale sobre a sua experiência, em trabalhar com projetos de pesquisa em educação ambiental para o ensino de física, em sua turma de Ensino Médio.
2-	Relate sobre a rotina vivenciada por você, seu grupo e sua turma para que este trabalho vinhesse a ser concretizado.
3-	O que você considera com principais vantagens e desvantagens em trabalhar com este método de estudo.
4-	Faça um breve relato sobre sua participação e produção nas atividades sugeridas em sala de aula.
5-	Que conteúdos de física foram trabalhados na realização deste projeto por todos os grupos envolvidos.
6-	Em que materiais práticos produzidos podemos evidenciar a relação entre a teoria e a prática no projeto.
7-	Em sua concepção o que caracteriza este trabalho como um projeto de pesquisa em educação ambiental?
8-	Aponte sugestões para a realização de futuros projetos de pesquisa que envolvam esta temática.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 RESULTADOS**

Como resultado desta pesquisa, serão apresentados os dados, referentes às respostas obtidas, nos questionários aplicados aos 28 alunos da turma do 3º ano F.

Os referidos dados são expostos de duas formas distintas: Na primeira, as repostas referentes às questões 1, 2, 4 e 8, que não sofrem categorização, são apresentadas na forma descritiva e as respostas das questões 3, 5, 6 e 7, que seguiram o processo de categorização, terão seus dados apresentados em forma de gráficos.

Essa metodologia diferenciada para exposição dos dados do questionário é justificada, porque o primeiro grupo de questões é constituído de perguntas amplamente abertas e nelas os alunos puderam descrever as atividades realizadas e dar sugestões para futuros trabalhos envolvendo o trabalho com Projetos. Por sua vez, no segundo grupo, perguntou-se especificamente sobre as vantagens e desvantagens das aulas com os projetos, os conteúdos vivenciados no projeto, os materiais usados e as concepções dos alunos sobre a natureza da atividade, e os dados coletados, tornaram viável uma categorização das respostas obtidas.

Começando por apresentar as respostas do primeiro grupo de perguntas, temos que, na primeira questão, foi solicitado aos alunos que falassem sobre a experiência, vivenciada na turma, com os Projetos de Pesquisa em Educação Ambiental aplicado no Ensino dos conteúdos de Física.

Em geral, na questão 1, os participantes relataram a experiência vivenciada como diferente, um método proveitoso, considerado como bom ou ótimo e citaram a importância do projeto em destacar ações de estímulo à conservação do meio ambiente, como a reciclagem e o uso das energias renováveis. Alguns alunos, em particular, falaram da construção da célula fotovoltaica com leds e a importância do uso da energia solar em processos térmicos, como o aquecedor solar produzido com placa de PVC. Um participante relatou que, apesar dos temas tratados serem relevantes, não houve aprofundamento nas questões abordadas; outro participante descreveu a atividade como difícil de ser executada, por ter que unir reciclagem e tecnologia e uma quantidade significativa de alunos descreveram a importância de ter trabalhado com atividades práticas no projeto. A atividade também foi relatada como um

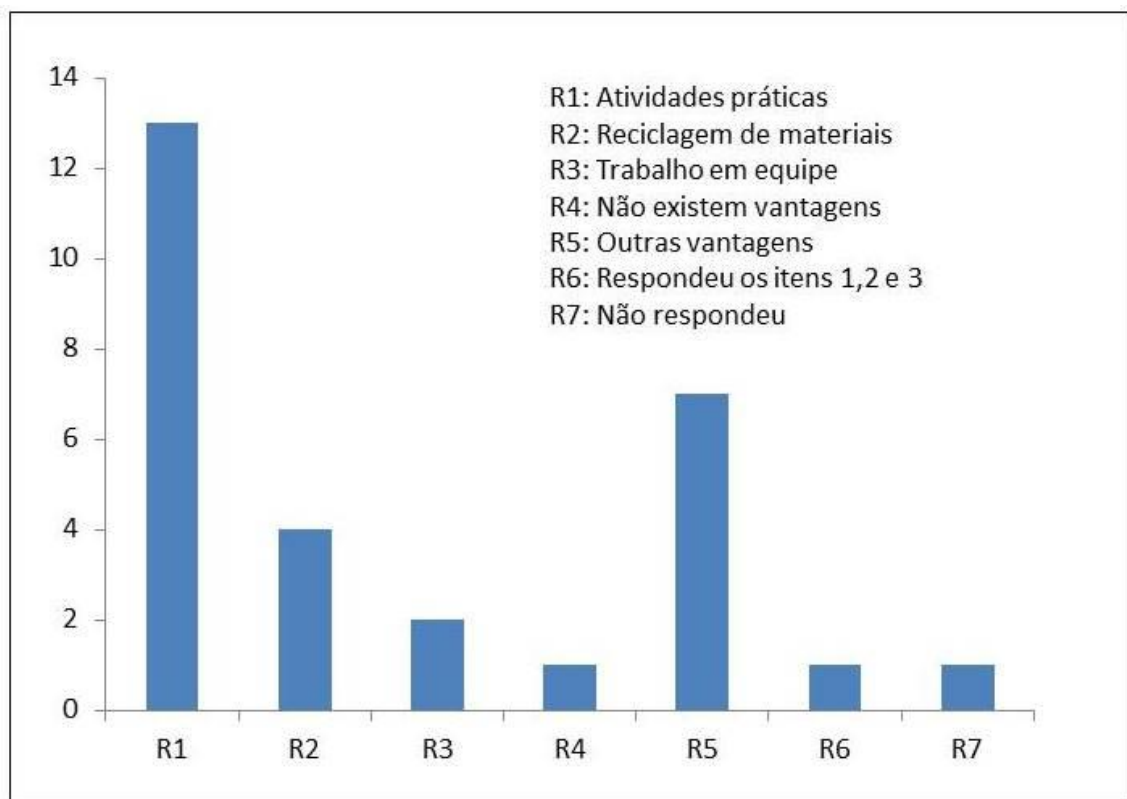
processo de conscientização, no qual os alunos puderam aprender sobre Educação Ambiental, um tema pouco visto em sala de aula e de grande importância para o planeta.

Na segunda questão foi solicitado aos participantes, que relatassem sobre a rotina vivenciada pelo grupo para que o trabalho fosse concretizado. Os respondentes descreveram que as rotinas envolveram reuniões em grupo e que estas eram realizadas na escola e nas casas dos membros das equipes. Neste ítem, as pesquisas foram mencionadas como essenciais para o desenvolvimento do trabalho prático que viria em seguida. Também foi citada a colaboração do professor para a realização das atividades e que, no início, houve desinteresse por parte de alguns grupos, mas com os estímulos do professor, as atividades foram enfim realizadas. A rotina de trabalho com o projeto de pesquisa foi considerada branda por parte dos grupos que terminaram o projeto em tempo hábil e sem grandes dificuldades; porém, parte dos respondentes mencionou uma rotina desgastante que contou com muitas reuniões, discussões e a realização de diversas tarefas. Entre as dificuldades citadas, estão à resistência de alguns componentes das equipes de não participarem das atividades solicitadas e as discussões que nem sempre chegava a um consenso. Nesse contexto, um dos alunos destacou a oportunidade que o trabalho a proporcionou de aprender a trabalhar em equipe.

Na questão 3, foi perguntado aos alunos o que eles consideram como principais vantagens e desvantagens em trabalhar com este método de estudo nas aulas. As respostas dadas foram classificadas em duas partes, a primeira descrevendo as vantagens e a segunda as desvantagens da experiência com os projetos. As principais vantagens apontadas foram: o desenvolvimento de atividades práticas, a reciclagem de materiais e o trabalho em equipe. As demais vantagens citadas, embora com menor frequência, as quais foram categorizadas como outras vantagens, foram: a perda da timidez, a superação das adversidades e a promoção de debates e pesquisas de novos conteúdos. O gráfico 1 mostra que a oportunidade de trabalhar com atividades práticas e a categoria outras vantagens são os mais representados. Por outro lado, a reciclagem de materiais e o trabalho em equipe aparecem logo após as atividades práticas como os mais citados. Além disso, mostra que uma quantidade muito pequena de participantes não respondeu a esta questão e alguns disseram que não existe nenhuma vantagem em trabalhar com os Projetos de Pesquisa nas aulas. Em relação às desvantagens em trabalhar com os projetos de pesquisa, foram mencionadas com mais frequência, o desinteresse dos alunos, a falta de estrutura e materiais da escola, o tempo das aulas e a rotina de trabalho. Outras desvantagens que foram citadas, e inclusas no ítem outras desvantagens do gráfico, foram à ausência do professor, a parte teórica e dos cálculos que não foram priorizados e a falta de experiência em trabalhar com atividades práticas. O desinteresse dos

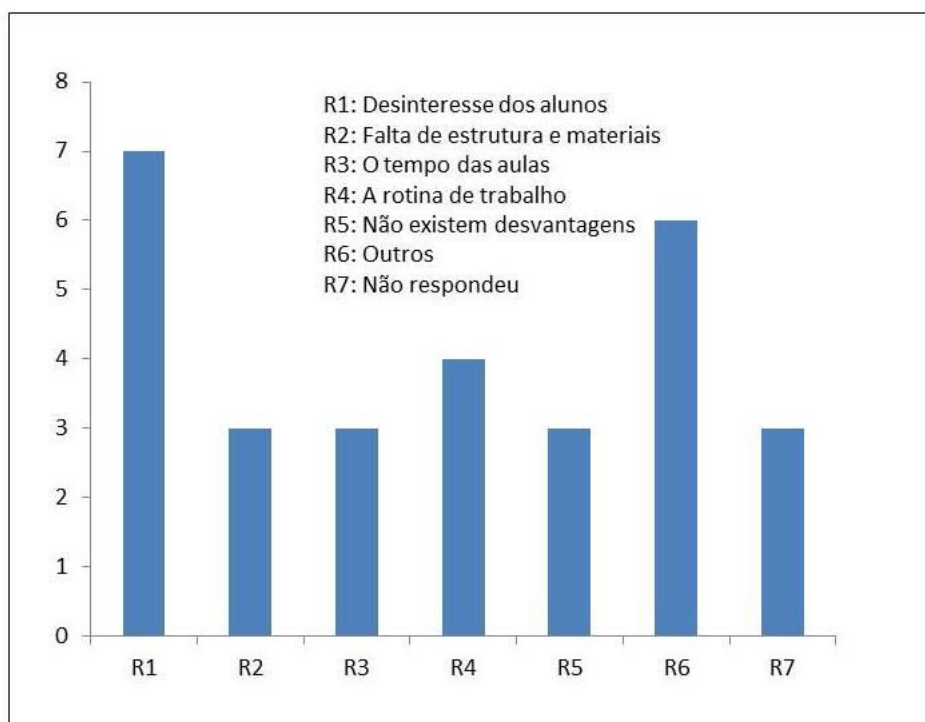
alunos e a categoria outras respostas foram os mais citados, seguidos da rotina de trabalho. A falta de estrutura e materiais e o tempo das aulas foram duas categorias que apresentaram o mesmo número de respostas. Também apresentaram o mesmo nível de respondentes, as respostas categorizadas como nenhuma desvantagem e o daqueles que se absteram de responder. Esses dados relativos às desvantagens com o trabalho com Projetos de Pesquisa podem ser observados e melhor comparados no gráfico 2.

Gráfico1 - Principais vantagens dos projetos na concepção dos alunos do 3º ano F.



Fonte: Do autor

Gráfico 2 - Principais desvantagens dos projetos na concepção dos alunos do 3º ano F



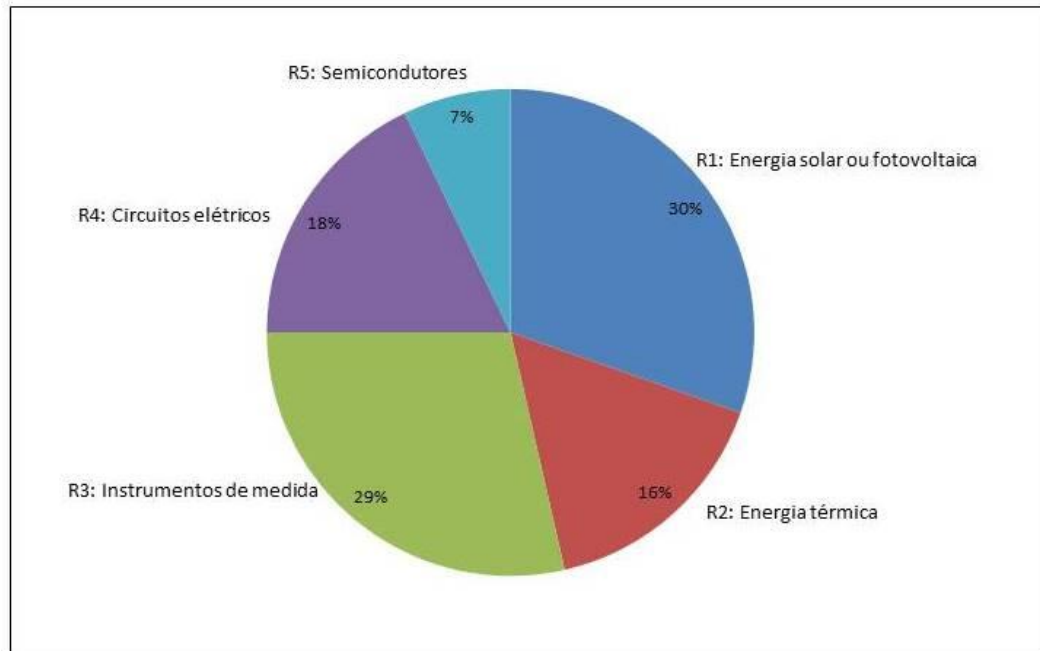
Fonte: Do autor

Na questão quatro foi solicitado aos alunos que descrevessem sua participação e produção individual no projeto. Neste item eles citaram as suas participações em debates, reuniões e seminários e a elaboração de atividades práticas. A instalação de leds na maquete, a montagem de célula fotovoltaica, a reciclagem de motores e os experimentos com placas solares, estão entre os itens mais citados.

Na questão cinco, os participantes foram questionados sobre os conteúdos de física trabalhados durante o projeto. No tratamento dos dados, foi obtido, como principais respostas, a energia fotovoltaica, a energia térmica, os instrumentos de medida, os circuitos elétricos e os semicondutores. No gráfico 3, foi possível observar a proporção das respostas dadas pelos participantes, quando questionados sobre os conteúdos de Física. Nele, a energia fotovoltaica aparece como o conteúdo mais citado. Na categoria energia fotovoltaica foram inclusas as respostas em que são mencionados os painéis solares e a célula fotovoltaica e, do mesmo modo, também foram inclusos, no conteúdo instrumentos de medida, respostas em que são citados os multímetros e os termômetros. Os circuitos elétricos e a energia térmica aparecem no gráfico em proporções parecidas. Em particular, os circuitos elétricos são representados pelas respostas que falam sobre associações em serie e paralelo, voltagem e corrente elétrica. A categoria energia térmica refere-se às respostas em que os alunos mencionam os fogões e

aquecedores solares. Os semicondutores também são citados, porém em uma porcentagem menor que as outras categorias.

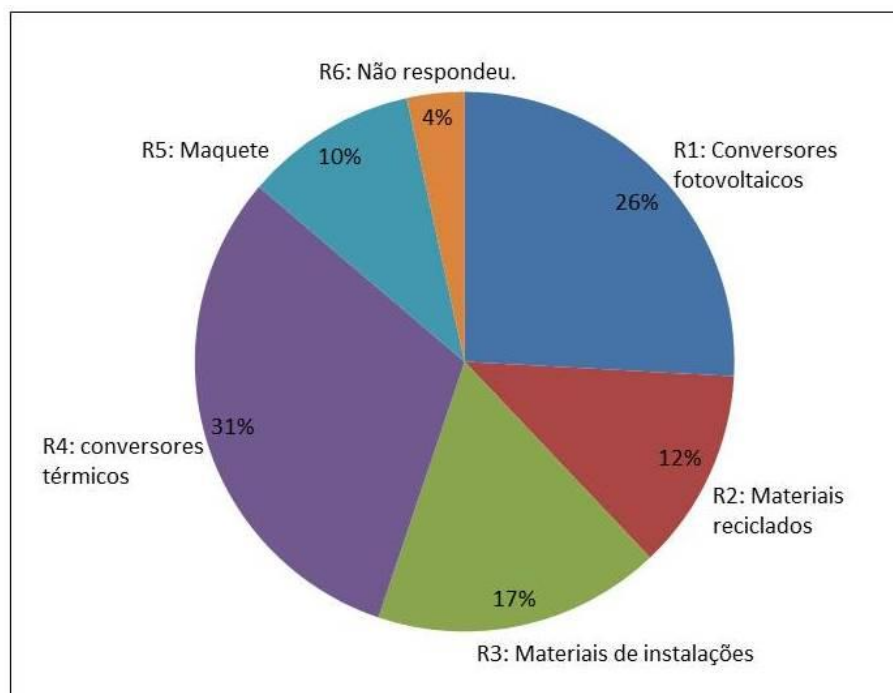
Gráfico 3 – Conteúdos trabalhados no projeto de pesquisa



Fonte: Do autor

Na questão número seis, perguntou-se aos alunos sobre os materiais, produzidos no projeto, que evidenciam a relação entre a teoria e a prática, na atividade didática. As seguintes respostas foram categorizadas: conversores fotovoltaicos, materiais reciclados, materiais de instalações elétricas, conversores térmicos e a maquete. Os resultados da categorização dos dados da questão seis são apresentados no próximo gráfico. Nele poderemos observar que os conversores térmicos, representados por fogão e aquecedor solar, são mais lembrados que os conversores fotovoltaicos. Os conversores fotovoltaicos representam as respostas em que foram citados os painéis solares e a célula fotovoltaica, e os conversores térmicos são representados pelo fogão solar e o aquecedor solar. Materiais usados nas instalações elétricas e nas atividades de reciclagem, como, por exemplo, multímetros, ferro de solda, fios condutores, motores elétricos e leds, também são citados e categorizados como materiais de instalações elétricas. Alguns alunos não detalharam a resposta de forma específica e deram como resposta a maquete e todos os seus elementos. Respostas desta natureza foram enquadradas na categoria maquete.

Gráfico 4 – Materiais práticos produzidos e usados no projeto de pesquisa

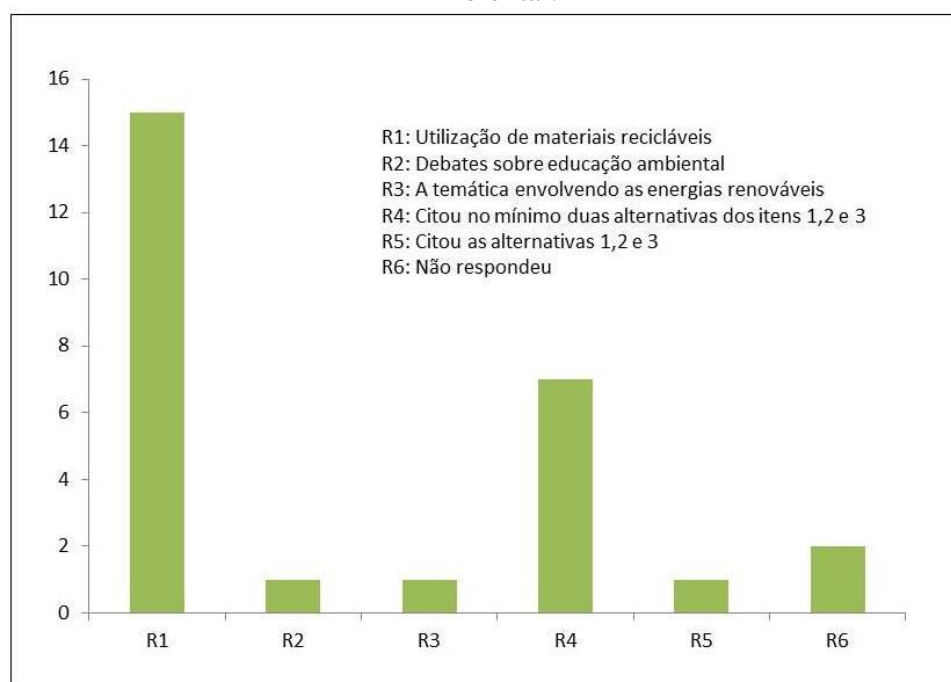


Fonte: Do autor

Na pergunta sete, os alunos foram questionados sobre as suas concepções a cerca do projeto, foi perguntado a eles, o que poderia caracterizar o trabalho como um projeto de pesquisa em educação ambiental. As respostas seguiram três categorias: o uso de materiais recicláveis, os debates sobre Educação Ambiental e a temática envolvendo as energias renováveis. A maioria dos participantes apontou a reciclagem como principal característica do projeto. Essa categoria representa as respostas nas quais os alunos falam sobre o reaproveitamento de materiais e o uso de materiais de baixo custo. Os debates sobre Educação Ambiental e o tema energias renováveis, conforme se observa no gráfico a seguir, também foram citados, porém, a proporção de respondentes foi bem menor. Uma parte considerável dos participantes mencionaram no mínimo duas alternativas em suas respostas correspondentes as categorias R1, R2 e R3 do gráfico e alguns chegaram a citar as três alternativas como resposta.



Gráfico 5 – Características do trabalho que o representam como uma prática em Educação Ambiental.



Fonte: Do autor

Na questão oito, foi solicitado aos alunos que dessem sugestões para futuros trabalhos envolvendo a temática em estudo. As principais sugestões foram as seguintes: acrescentar outras opções de energias renováveis como eólica e maremotriz, expandir o trabalho e dar continuidade a projetos maiores, aplicar o projeto em escola de ensino fundamental a partir de exposições, transmitindo aquilo que foi aprendido para outros alunos. Outras sugestões interessantes foram a realização de palestras, o estudo de toda a teoria da disciplina através desta metodologia e exposição de trabalho na escola. Um dos respondentes ofereceu a sugestão de falar com autoridades do município de Patos, para realizar um projeto de implantação de energia solar na cidade.

## 5.2 DISCUSSÕES

Segundo os dados obtidos no questionário, entre as importantes ações evidenciadas no projeto estão, à reciclagem de materiais e a abordagem dada à temática, energias renováveis.

A reciclagem de materiais, segundo a maioria dos participantes do projeto é a principal característica do projeto que o qualifica como uma ação em Educação Ambiental, a

mesma é descrita nas respostas do questionário como uma importante ação de conservação do meio ambiente e citada como umas das principais vantagens de se trabalhar com os projetos.

As atividades envolvendo a reciclagem e a utilização de materiais de baixo custo, podem ser evidenciadas no projeto em diversas perspectivas, como o reaproveitamento de motores, a utilização de leds na produção de células fotovoltaicas e a construção de fornos e aquecedores solares com materiais de baixo custo.

Outras ações, como a realização de debates, também reforçam a ideia de introduzir em sala de aula, projetos voltados para o desenvolvimento de soluções científicas para os problemas ambientais e que sejam produzidas pelos próprios alunos a partir do trabalho com projetos. Além de falar sobre os problemas ambientais nos debates, os alunos também compartilham ideias para solucionar as questões que os afligem.

Embora a experiência de trabalhar com os projetos, realizando pesquisas, atividades práticas, debates e demais atividades mobilizadoras, tenha sido considerada no questionário, como boa ou ótima pela maioria dos respondentes, parte deles, observou que faltou um maior aprofundamento nos temas abordados e nos conteúdos de Física envolvidos na proposta.

Conteúdos como a célula fotovoltaica e os painéis solares foram priorizados nas aulas, a estrutura dos materiais semicondutores e o processo de dopagem do Silício foram enfatizados e aliados às aulas práticas envolvendo os painéis solares, se potencializaram conteúdos bastante significativos.

No entanto, conteúdos relacionados ao modelo matemático da célula fotovoltaica não foram usados, e outros, como os elementos que formam o sistema de distribuição de energia fotovoltaica em uma residência e a estrutura macroscópica da célula fotovoltaica poderiam ter sido mais bem discutidos.

Certamente, um dos fatores que prejudicou a qualidade e quantidade destas abordagens foi o pouco tempo das aulas. Para que os conteúdos sobre energia fotovoltaica fossem mais bem trabalhados, seria necessária uma carga horária maior.

Uma solução para o problema seria completar a carga horária necessária para as atividades do projeto no turno oposto, no entanto, parte dos alunos trabalhava, fazia cursos nestes horários ou moravam em lugares distantes, tornando inviável o deslocamento até a unidade de ensino.

Reforçando a problemática, o professor também estava com o horário praticamente preenchido no turno oposto, tornando inviável o trabalho com o projeto de pesquisa em horário extraclasse. Na realidade, tivemos que nos adequar ao tempo restrito de três horas

aulas, para dar conta dos conteúdos tradicionais do currículo e dos conteúdos abordados pelo projeto de pesquisa.

A falta de estrutura da escola foi citada como outra desvantagem, e merece ser destacado como um fato negativo, a precariedade da internet usada na escola, fato que prejudicou o andamento das atividades, principalmente as aulas destinadas às pesquisas sobre Educação Ambiental nos site do MEC e do MMA e as pesquisas sobre os modelos de maquete.

Em relação à Energia Solar, tema abordado pelo projeto, os alunos manifestaram explicitamente o interesse pelo seu estudo. Em suas opiniões o projeto deveria tomar dimensões maiores, através de palestras, amostras e formação de parcerias com outras instituições.

O estudo deste tema foi considerado pelos alunos, como essencialmente importante para o meio ambiente e citado entre as principais características do projeto de pesquisa que o qualifica em uma linha de ação em Educação Ambiental.

As energias solar e térmica são destacadas, junto a instrumentos de medida e circuitos elétricos, como principais conteúdos abordados no projeto de pesquisa e a maneira como estas formas de energia foram vivenciadas nas atividades do projeto, reforçam a concepção da importância que as Energias Renováveis possuem para o meio ambiente.

As energias solar e térmica foram abordadas incessantemente em experimentos diversos e os instrumentos de medida, multímetros e termômetros, serviram de auxiliares na realização destas importantes atividades.

A produção de uma célula fotovoltaica com materiais reciclados demonstrou a aplicação da energia fotovoltaica e a produção do forno e do aquecedor solar, demonstrou a conversão da energia solar em energia térmica.

Certamente, um dos momentos de maior aproveitamento didático do projeto foi à manipulação dos minipainéis solares, atividades nas quais os alunos puderam, vivenciar as tecnologias e aplicar na prática s conteúdos aprendidos nas aulas teóricas, ao realizarem as associações dos painéis.

Nas ligações dos painéis solares, os alunos praticaram as ligações em série e paralelo, observando os efeitos somatórios das tensões, as hierarquias dos painéis solares e com o auxílio dos medidores de energia, tais feitos puderam ser comprovados experimentalmente.

Na produção da maquete, os alunos vivenciaram a experiência com as ligações em série e paralelo, em um trabalho realizado em equipe, todos os interessados puderam

compartilhar a experiência e tirar as suas dúvidas quanto às ligações dos circuitos elétricos, realizados nesta atividade.

Foi possível nesta atividade, eles compararem a iluminação da maquete produzida por painéis solares industriais, com o efeito produzido pelos painéis feitos de material reciclado, atividade que os deixou entusiasmados, pelo fato dos painéis produzidos por eles, apresentarem resultados semelhante aos fabricados industrialmente.

Diante dos dados coletados, das discussões produzidas e do fato da aplicação da atividade na turma piloto ser considerada pela maioria dos participantes, como uma atividade proveitosa, decidiu-se nesta pesquisa, pela produção de uma proposta didática para o Ensino de Física, que envolvendo a metodologia do trabalho com projetos.

Nesta proposta, produzimos uma sequência didática, usando com referência as atividades desenvolvidas no projeto da turma do 3º ano F, procurando desta maneira, atingir os objetivos de reformulação do ensino de Física, através da abordagem de novos conteúdos e a assimilação de práticas de ensino que valorizem aspectos formativos do estudante, como a comunicação, a pesquisa, a criatividade e o trabalho em equipe.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na proposta didática, envolvendo minprojetos de pesquisa com linha de ação em educação ambiental, é possível trabalhar os problemas do cotidiano, procurando desenvolver soluções para as questões ambientais, usando como instrumento para estes fins, os saberes científicos. Neste sentido, são estabelecidas relações nas disciplinas científicas, entre os conteúdos do currículo tradicional e os saberes relacionados às novas tecnologias, ação que fortalece o currículo a partir da inserção de novos conteúdos nestas disciplinas.

Na metodologia de ensino com projetos, o professor comporta-se como mediador em sala de aula, conduzindo os estudantes no processo de pesquisa e nas etapas de elaboração do projeto. O professor age, estimulando os alunos no processo de pesquisa, ajudando a selecionar materiais bibliográficos e oferecendo o suporte teórico necessário, procurando sempre, desenvolver um trabalho significativo para a vida do estudante e que enobreça a sua atividade docente.

Talvez, a maior dificuldade em realizar este método de ensino nas aulas de física, esteja no modelo tradicional que vem sendo reproduzido nesta disciplina. Nele, os alunos estão acostumados às aulas teóricas, permeadas de modelos matemáticos, que em muitas ocasiões não são necessariamente assimilados pelos estudantes.

Esta situação se torna mais grave, quando os alunos não possuem os conhecimentos dos princípios matemáticos necessários para que os modelos matemáticos sejam entendidos, e esta falta de embasamento teórico, pode até, ser confundida com a eficácia do trabalho didático do professor em transmitir os conteúdos. Neste contexto, é importante que o professor ofereça outros métodos de ensino em momentos da disciplina que contemplem os conteúdos de Física, mas, sem recorrer tão intensamente aos modelos matemáticos.

Uma das ferramentas didáticas que podem ser usadas para tal fim, são os projetos de pesquisa, nos quais, os estudantes podem lançar mão dos modelos matemáticos e das listas de exercícios, pelo menos momentaneamente e se dedicar a um trabalho em que necessitem usar a criatividade e o trabalho em equipe, revigorando assim, o seu interesse pelo estudo da Física.

Um bom projeto começa pela escolha de uma temática que cause o envolvimento da turma, estabelecendo objetivos claros, os quais devem ser conquistados até o término das atividades, outro elemento que ajuda no desenvolvimento do projeto é a elaboração de um cronograma de atividades.

Na vivência com o projeto de pesquisa da sala do 3º ano F, um dos fatos que incomodou a turma, foi que alguns alunos não demonstraram interesse em realizar as atividades. Entre as estratégias que podem ser usadas para que todos participem, está a produção de relatórios das atividades.

Nestes relatórios, podem ser inclusos, fotos dos trabalhos realizados pelas equipes e legendas descrevendo os procedimentos e materiais que estão sendo usados no projeto. No entanto, o ponto essencial para a realização da pesquisa é a própria pesquisa, nela os alunos precisam se dedicar ao estudo teórico, para apartir deste, dar continuidade as ações de caráter mais prático.

Outro instrumento didático que pode ser usado para que estas pesquisas se efetivem, são os seminários, nele os alunos precisam demonstrar em suas explicações uma relação com o material pesquisado e uma propriedade intelectual a cerca da teoria em estudo. É importante também, neste caminhar, que o professor estabeleça uma comunicação eficaz com os alunos, disponibilizando um tempo das suas aulas para ouvir as dificuldades na execução das etapas do projeto e também estabelecer prazos e metas para a elaboração da atividade.

Particularmente, se tratando de Projetos de Pesquisa com linha de ação em Educação Ambiental, faz-se necessário que os estudantes tenham um conhecimento sobre esta área emergente do conhecimento humano, o que pode ser disponibilizado a partir de uma exposição teórica e alguns debates sobre Educação Ambiental, nos quais os alunos lançam as suas ideias e falam sobre possíveis problemas relacionados ao meio ambiente que são do seu interesse.

A partir destes problemas, que podem ser de classificados como de ordem local, regional ou até mundial, o professor pode começar a elaborar uma temática para um projeto de pesquisa. O tema pode ser relacionado ao uso de uma determinada tecnologia que tenha como objetivo, sanar ou diminuir os efeitos causados pela poluição ou por um problema ambiental específico.

O princípio de funcionamento destas tecnologias é explicado em muitas ocasiões a partir de conhecimentos da Física. É neste fundamento que o professor deve criar pontes de ligação entre o uso de tecnologias e o Ensino de Física, vivenciando os conteúdos tradicionais do currículo da disciplina e os conhecimentos tecnológicos, dentro do projeto de pesquisa.

A proposta didática, construída neste trabalho, utilizou-se das atividades práticas produzidas pelos alunos do 3º ano F e das suas impressões sobre o trabalho com a metodologia de projetos desenvolvido em sala, os quais produziram importantes momentos de

interação, promovendo o desenvolvimento de um conjunto de competências e habilidades nos jovens, voltadas para a pesquisa, emancipação, coletividade e formação da cidadania.

Aspectos importantes do trabalho didático, com o tempo de execução das atividades e as dificuldades observadas nos resultados obtidos em questionário, foram de grande validade para a produção da proposta. Por exemplo, o tempo de execução da proposta didática foi estabelecido em 30 dias no máximo, com isto, pretende-se diminuir o desinteresse e aumentar a interação entre os grupos.

No intuito de melhorar o desempenho em sala de aula, foi produzido também um material didático de apoio, que explica os principais fenômenos físicos abordados nos quatro miniprojeto. A partir deste material o professor poderá interagir melhor com os grupos e oferecer suporte a cerca da produção das atividades.

A proposta didática se encontra no apêndice desta pesquisa, e se refere à produção de miniprojetos sobre Educação Ambiental no Ensino de Física, que dividida em 7 etapas, incluem desde a apresentação da temática até a produção e apresentação dos miniprojetos, contidos nos anexos deste mesmo texto dissertativo.

## 7. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B. ; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. 1 ed. São Paulo: Scipione, v.2, 2011.

ALVARENGA, B. ; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. 1 ed. São Paulo: Scipione, v.3, 2011.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Bases Legais**. Brasília: 1999.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: 2000.

BOGDAN, R. C. ; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

CAPRA, F. **O ponto de Mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. 28 ed. São Paulo: Editora Cultrix, 1982.

CASTRO, R.M.G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada: Introdução a Energia Fotovoltaica**. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2008.

GAZOLI, J.R. ; VILLALVA, M.G. **Energia solar fotovoltaica: Sistemas isolados e conectados à rede**. Editora Érica, 2012.

HERNANDEZ, F. **A Organização do Currículo por Projetos de Trabalho**. 5ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

LAYRARGUES, P.P (Org.). **Identidades da Educação Ambiental brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

LEVA, F. F. ; et al . **Modelo de um projeto de um sistema fotovoltaico**. Ano 5. Enc. Energ. Meio Rural , 2004. Disponível em:



<[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200020&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200020&script=sci_arttext)>. Acesso em 02 de março de 2015.

MARTINS, J. S. **O trabalho com Projetos de Pesquisa do Ensino Fundamental ao Ensino Médio**. 4ª ed. Campinas: Papirus, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DIRETORIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, COORDENAÇÃO GERAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Programa Nacional de Educação Ambiental**. 3ª ed. Brasília: 2005.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Desenvolvimento e Educação Ambiental**. Série Encontros e Debates. Brasília: Instituto nacional de pesquisas Espaciais, 1992.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Carta de Belgrado: Uma estrutura Global para a educação Ambiental**. Belgrado, 1975.

Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/pdfs/crt\\_belgrado.pdf](http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/pdfs/crt_belgrado.pdf)>. Acesso em: 19 de agosto de 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Declaração de Tbilisi**. Tbilisi, 1977. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/pdfs/decltbilisi.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Declaração de Tessaloniki**. Tessalonik , 1997.

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental/documentos-referenciais/item/8070>>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/arquivos/46\\_10112008050406.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/46_10112008050406.pdf)> Acesso em: 25 de agosto de 2013.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**.

Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/agencia/pnuma/>>. Acesso em 2014

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**. Estocolmo, 1972. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf>>. Acesso em: 19 de agosto de 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração do Rio**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2013

PAVÃO, A.C. **O Livro Didático em Questão**. Série de televisão, exibida pelo programa Salto Para o Futuro da TV escola, entre 08 e 12 de maio de 2006.

PEDRINI, A.G. **Educação Ambiental: Reflexões e Práticas Contemporâneas**, Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

SENADO FEDERAL: SECRETARIA ESPECIAL DE INFORMÁTICA. **Constituição da República federal do Brasil de 1988**. Brasília 2013. Disponível em: <[http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988\\_05.10.1988/CON1988.pdf](http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf)>. Acesso em: 27 de agosto de 2013.

SANTOS FILHO, E.A. ; DA SILVA, V. C. **Construção e Teste de Forno Solar**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Aracruz, 2008.

SILVA, L.F. ; CARVALHO, L.M. **A temática Ambiental e o Ensino de Física na Escola Média: Algumas possibilidades de Desenvolver o Tema Produção de Energia Elétrica em Larga Escala em uma Situação de Ensino**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 24, n.º. 3, setembro de 2002.

SILVA, F.S. ; CARVALHO, L.M. **A temática Ambiental e o Processo Educativo: O Ensino de Física a Partir de Temas Controversos**. *Revista Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

SILVA, F.S. ; CAVALARI, M.F. ; MUENCHEN, C. **A temática Ambiental e o Ensino de Física: Algumas Considerações sobre os Trabalhos Apresentados nos Encontros de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)**. In: VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Ciências, Campinas, 2011.

Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0241-1.pdf>>. Acesso em abril de 2015.

TIPLER, P.A. **A Física Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1981.

VALLÊRIA, A. M. ; BRITO, M. C. **Meio Século de História Fotovoltáica**. Gazeta de Física, Lisboa, v.29, 2006.

Disponível em: < <http://gazedefisica.spf.pt/magazine/article/472/pdf>>. Acesso em abril de 2015.

WALKER, H. R. **Fundamentos de Física**. 8 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, V.3, 2009.

WALKER, H. R. **Fundamentos de Física**. 6 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, V.4, 2001.

## APÊNDICE: PROPOSTA DIDÁTICA

Neste capítulo, descreveremos uma proposta didática, a qual foi construída a partir dos trabalhos produzidos com a turma do 3º ano F, da Escola Estadual Monsenhor Manuel Vieira, no período letivo de 2013.

A referida proposta trata da abordagem dos conteúdos de Física em uma perspectiva CTSA, utilizando, como metodologia de ensino, os Projetos de Pesquisa com linha de Ação em Educação Ambiental. Especificamente, propõe-se que o tema *energia solar* seja abordado, no ensino de física, a partir da construção de 4 miniprojetos, intitulados: *fogão solar*, *aquecedor solar*, *célula fotovoltaica de baixo custo* e *casa sustentável*, os quais estão descritos nos anexos A, B, C e D.

Além disso, a proposta didática é acompanhada por uma atividade interativa, a qual foi construída com o aplicativo *Adobe Flash Player*, em linguagem *Action Script*. Tal atividade simula um jogo de perguntas e respostas relacionado a um modelo de casa sustentável, que utiliza a fonte solar como recurso energético. O simulador, pode ainda ser utilizado como instrumento de avaliação, no qual os alunos serão investigados sobre os conhecimentos práticos e teóricos obtidos no projeto.

A duração do projeto é de horas aulas, que devem estar distribuídas em um período de 30 dias e será organizado em sete etapas, nas quais os alunos estarão envolvidos em atividades de pesquisa, seminários, desenvolvimento de modelos experimentais (miniprojetos), apresentações de trabalho e avaliações. As etapas serão descritas nas seções que seguem.

### APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO

A apresentação da proposta de trabalho para a turma constitui-se a primeira etapa do projeto e sua duração é de 02 horas-aulas e os objetivos desta etapa são: apresentar os projetos de pesquisa como método de trabalho didático, falar sobre a importância da temática abordada se referindo a Educação Ambiental como linha de ação da pesquisa e dividir a turma em equipes, distribuindo os miniprojetos entre as mesmas.

O Projeto deve ser iniciado a partir de uma aula introdutória, na qual serão discutidos aspectos gerais da proposta didática, é necessário que o professor realize nesta aula, uma

abordagem, descrevendo a importância do tema a ser trabalhado no projeto de pesquisa e os objetivos que devem ser atingidos com a aplicação da proposta.

O professor deve fugir de exposições prolongadas e recorrer a recursos didáticos que tornem a aula introdutória dinâmica, questionando os alunos sobre os conhecimentos que eles possuem sobre o tema abordado.

Outro ponto importante, que precisam ser discutidos com a turma na primeira aula introdutória é a Educação Ambiental, como fio condutor do projeto. Precisa ser esclarecido aos alunos, que a atividade proposta, segue diretrizes e pressupostos dos programas de Educação Ambiental, mais especificamente do PRONEA.

Entre os pressupostos da EA que foram abraçados neste projeto, citamos a reciclagem de materiais sólidos no desenvolvimento das atividades práticas, a inclusão de novos conhecimentos no currículo que tem como objetivo o desenvolvimento de práticas ambientais e as estratégias de ensino que incentivam o trabalho em equipe e colaborativo.

Após a exposição, a turma é dividida em equipes que produzirão os miniprojetos, os quais irão abordar os subtemas relacionados na tabela abaixo. As equipes podem ser divididas em quantidades iguais de alunos, ou seguir uma divisão que leva em consideração as dificuldades apresentadas pela turma piloto, na execução das atividades consideradas mais complexas.

Tabela 5 - Miniprojetos

<b>Miniprojetos</b>	<b>Porcentagem de alunos da turma por projeto</b>
Forno Solar	20%
Aquecedor Solar	27%
Painel Fotovoltaico	20%
Casa sustentável e sistemas elétricos	33%

Fonte: Do autor

## **PESQUISANDO OS MINIPROJETOS**

A pesquisa dos miniprojetos é a segunda etapa da proposta e o prazo para a sua efetivação será de quinze dias, transcorridos entre a apresentação da proposta, ocorrida na aula introdutória e os seminários de pesquisa, estabelecidos como terceira etapa do projeto.

Os objetivos da pesquisa dos miniprojetos são: praticar a pesquisa como instrumento de estudo da disciplina de Física, estimular o trabalho em equipe, utilizar diversas fontes informações relevantes para a produção dos miniprojetos, pesquisar materiais reciclados e de baixo custo que possam ser utilizados para a construção dos miniprojetos.

Os alunos precisarão recorrer a pesquisas bem fundamentadas usando uma diversidade de instrumentos bibliográficos como sites, revistas, manuais técnicos e livros didáticos, procurando literaturas que lhe ofereçam suporte na produção das atividades.

O professor deve estimular o processo de pesquisa compartilhando materiais bibliográficos, recomendando sites e sugerindo estruturas organizacionais para os respectivos projetos de pesquisa das equipes e normas de apresentação dos trabalhos.

Uma provável estrutura que pode ser usada na produção do trabalho de pesquisa dos alunos é composta por capa, introdução, objetivos (geral e específicos), discussão teórica (fundamentação teórica), materiais a serem utilizados, procedimentos de produção dos miniprojetos, resultados esperados e referências.

Na capa é importante que os estudantes, descrevam dados de identificação, como: nome da escola, professor, disciplina, equipe, sala, local e data, além do título do miniprojeto que deve ser destacado e centralizado.

Sobre a formatação do texto, as equipes devem usar de preferência uma fonte padrão, aconselha-se utilizar times new roman ou arial, tamanho 12, com títulos e subtítulos destacados em negrito e tamanho ligeiramente maior. Nas figuras, que porventura venham a ser utilizadas é importante a introdução de legendas.

No período de 15 dias utilizado para a produção da pesquisa é sugerido que o professor desenvolva um trabalho didático, direcionado para os conteúdos dos miniprojetos: forno solar, aquecedor solar e sistemas fotovoltaicos residenciais (casa sustentável).

Para este trabalho didático, o professor pode utilizar o material de apoio do CD-ROM, contendo a discussão teórica sobre os miniprojetos.

## **OS SEMINÁRIOS DE PESQUISA**

Com um tempo de duração de 02 horas- aula, os seminários de pesquisas são a terceira etapa do projeto e entre os objetivos desta etapa, estão o estímulo ao desenvolvimento de competências relacionadas à expressão e comunicação, o desenvolvimento da dinâmica de grupo, promover a socialização dos grupos, criar pontes de ligações entre os trabalhos de pesquisa dos alunos e a teoria vista em sala de aula e estimular discussões sobre o tema Energias Renováveis.

Passado o período de pesquisa, as equipes precisam apresentar os seus resultados em sala de aula, promovendo assim, a socialização dos grupos e demonstrando conhecimento do tema. Estas pesquisas podem ser apresentadas no formato de seminários de pesquisa, nos quais as equipes falarão sobre os miniprojetos que serão produzidos, e os materiais, métodos e processo de montagem a serem usados nestas construções.

Pautados em sugestões, colhidas na socialização com os demais grupos e pela guarnição do professor que tem como referencial, o material de apoio produzido para a atividade dos miniprojetos, os trabalhos das equipes podem ser melhorados, antes de serem implementados.

As apresentações dos seminários podem seguir estruturas pré-definida pelo professor, que produzirão uma melhor estética nos trabalhos, melhorando também a compreensão. Uma alternativa para estas apresentações é que as mesmas sejam apresentadas em Datashow com os slides descritos na tabela abaixo.

Tabel 6 - Slides dos seminários

<b>Slide</b>	<b>Descrição</b>
Ficha do projeto	Identificação da equipe, título do miniprojeto e os objetivos.
Como funciona?	Explica o funcionamento do miniprojeto, relacionando-o a conceitos da Física.
Materiais	Materiais utilizados na produção
Procedimentos	Descreve como será produzido o projeto.
Resultados esperados	Explica o potencial de operação que o miniprojeto poderá efetuar
Referências	Fontes de pesquisa

Fonte: Do autor

## **PRODUÇÃO DOS MINIPROJETOS**

O Prazo para a produção dos miniprojetos, que se configura como quarta etapa da proposta didática é de quinze dias, transcorridos entre os seminários de pesquisa e a apresentação dos mesmos.

Os objetivos da etapa são: estudar os princípios da Física em aplicações práticas, estimular o trabalho colaborativo e em equipe na produção de atividades práticas, utilizar materiais reciclados na construção das atividades, desenvolver procedimentos de montagem e uso de ferramentas e instrumentos de medida e estimular a criatividade e autonomia do aluno na busca por soluções para a produção do miniprojeto.

Nesta etapa é solicitado aos alunos que produzam um relatório de execução das atividades, no qual devem estar descritos os materiais e métodos usados na produção do artefato, incluindo registros fotográficos que demonstrem a produção do miniprojeto em um trabalho coletivo e colaborativo.

É importante que as fotos evidenciem o trabalho dos alunos, ou seja, todos devem participar da produção das atividades de construção do miniprojeto e no período compreendido entre quinze dias para a execução desta etapa, o professor pode seguir com a exposição de conteúdos em sala de aula que explorem a temática energia fotovoltaica, usando como suporte o material de apoio construído para esta proposta.

No relatório de execução das atividades do projeto, as equipes podem seguir como estrutura de procedimentos a divisão da montagem dos miniprojetos em tópicos, descrevendo como foi realizada cada uma delas e os materiais que foram usados nestes processos.

Outros pontos importantes a tratar no relatório, são as dificuldades encontradas para a produção do miniprojeto e os resultados atingidos com o término do trabalho. O relatório descritivo será escrito então na seguinte estrutura: capa, procedimentos adotados, dificuldades encontradas e resultados obtidos.

## **APRESENTAÇÃO DOS MINIPROJETOS**

A apresentação dos miniprojetos é a quarta etapa da proposta, sua duração é de 02 horas-aulas e os seus principais objetivos são: estimular as competências relacionadas à expressão e comunicação, desenvolver a dinâmica de grupo, promover a socialização dos grupos, criar pontes de ligações entre os trabalhos de pesquisa dos alunos e a teoria vista em



sala de aula, utilizar instrumentos de medida nos testes dos miniprojetos e estimular debates e questionamentos a cerca do uso das energias renováveis.

Nesta etapa, os alunos apresentarão as suas produções e realizarão testes com instrumentos de medida, verificando a eficiência dos seus miniprojetos. Com o auxílio do termômetro, poderemos mediar a temperatura do forno e da água na saída do aquecedor solar e através do voltímetro poderemos medir a voltagem produzida pelos painéis solares.

Nesta atividade, o professor deve discutir aspectos importantes da teoria, desenvolvendo pontes entre os materiais produzidos pelos alunos e o os conteúdos que foram expostos nas aulas ministradas no período de execução do projeto, promovendo ao mesmo tempo debates e discussões a cerca do uso das energias renováveis.

Os equipamentos produzidos podem já ter sido submetidos a estes testes e durante a aula, a atividade servirá para que o professor possa explorá-la didaticamente, ao estabelecer relações entre teoria e prática no Ensino de Física.

## **INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS NA CASA SUSTENTÁVEL**

A instalação dos painéis solares na casa sustentável é a sexta etapa do projeto e sua duração é de uma hora-aula. Seus objetivos são: promover a socialização dos grupos, estimular o trabalho colaborativo, criar pontes de ligações entre os trabalhos de pesquisa dos alunos e a teoria vista em sala de aula, utilizar instrumentos de medida e estimular debates e questionamentos a cerca do uso das energias renováveis.

Nesta atividade, os alunos irão ligar os sistemas elétricos produzidos na maquete, aos painéis fotovoltaicos construídos com material reciclado e/ou materiais de baixo custo.

Nesta aula, o professor precisa estabelecer uma relação entre a teoria e a prática, especificando a função de cada um dos elementos que formam o sistema elétrico da residência entre estes, citamos os disjuntores e fusíveis, chaves, ligações em série e paralelo nas lâmpadas, inversores, banco de baterias e controladores de carga.

Os alunos devem ser inclusos nestas atividades, realizando montagens e desmontagens dos circuitos da maquete e medidas de voltagem e corrente elétrica produzidos pelos painéis, a partir do auxílio dos medidores de energia.

É importante que seja debatido com os alunos, a aplicação da energia solar em residências, como forma de diminuir as agressões ambientais causadas por outras fontes de energia não renováveis, produzindo uma abordagem CTSA no Ensino de Física.

## **APLICAÇÃO DO JOGO**

A sétima e última etapa da proposta didática é a aplicação de um jogo de perguntas e respostas, desenvolvido no adobe flash player e que simula uma casa sustentável, na qual a energia solar é utilizada para diversas finalidades, como iluminação do ambiente, para cozinhar alimentos e aquecimento de água.

Entre os principais objetivos desta etapa, estão: utilizar o jogo com forma instrucional e avaliativa, testar o conhecimento dos alunos acerca da energia fotovoltaica, desenvolver pontes de ligação entre os miniprojetos e a teoria desenvolvida nas aulas de Física.

## ANEXO A – MINIPROJETO FOGÃO SOLAR TIPO CAIXA

### OBJETIVO

Construir um fogão solar, utilizando materiais reciclados ou de baixo custo, que possa ser utilizado na cozinha de uma residência, como um modelo de aplicação de tecnologias voltadas para a utilização de fontes de energia renováveis, substituindo, ou auxiliando, fontes não renováveis, como exemplo do gás de cozinha (GLP) e de combustíveis de biomassa como a lenha, a qual ainda é muito utilizada em comunidades carentes.

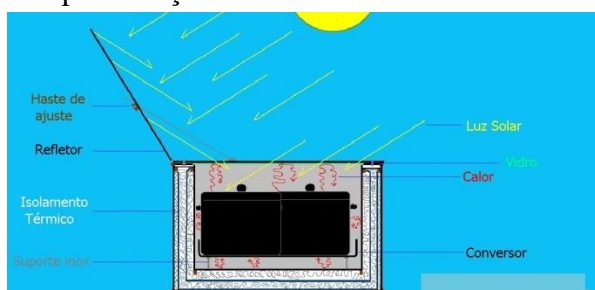
### DISCUSSÃO TEÓRICA:

Os fornos solares tipo caixa, são equipamentos que convertem diretamente a energia solar em energia térmica usando como princípio físico o efeito estufa.

Entre os fornos solares é o mais fácil de construir e consiste em um espaço fechado em formato de caixa, em que materiais capazes de reproduzir o efeito estufa, como o vidro e o plástico são colocados na sua face superior.

O efeito estufa é um princípio físico utilizado, por exemplo, nas estufas de jardim que construídas com vidro permitem que a luz entre para o seu interior, mas não permite que a luz refletida saia lá dentro, proporcionando um aumento significativo da temperatura no ambiente interno.

Figura 34 - Representação do efeito estufa no forno solar tipo caixa



Fonte: <https://plenosol.files.wordpress.com>

Este é o mesmo princípio utilizado nos fornos solares, a luz que é refletida no interior do fogão não consegue escapar, porque a energia é refletida em forma de energia calorífica,

que apresenta comprimentos de onda maiores que a energia luminosa e acaba por ser bloqueada pelo vidro.

Alguns fatores podem ser explorados para que se obtenha uma maior eficiência do forno solar, como a orientação do vidro no sentido do Sol, a instalação de refletores nas abas e isolantes térmicos nas paredes internas.

Figura 35 - Forno solar com abas laterais



Fonte: <http://nelson-avelar.planetaclix.pt/>

É importante que o forno solar seja forrado em todas as suas paredes com algum material isolante térmico, evitando perdas de calor por condução dos materiais ou por processos de convecção e irradiação.

A caixa também precisa ser bem vedada, pois os alimentos sólidos ou líquidos colocados dentro do recipiente produzem moléculas de vapor que escapando pelas laterais ou frestas existentes no recipiente, proporcionam perdas significativas de energia calorífica.

Outro artifício usado para aumentar a quantidade de calor absorvida pelo forno solar é pintar as suas paredes internas e externas de preto, aumentando absorção da radiação proveniente da luz solar e conseqüentemente produzindo uma maior agitação térmica na superfície do forno.

Em relação ao processo de condução do calor forno solar, destacamos a aplicação da lei de Fourier que mede a relação entre a quantidade de calor que é transferida pelas paredes do recipiente para o meio externo em um determinado intervalo de tempo, esta relação é denominada fluxo de calor.

Segundo Alvarenga e Máximo (2011, p.139) verifica-se experimentalmente que o fluxo de calor é diretamente proporcional à área do sólido e a diferença de temperatura entre as suas partes interna e externa e inversamente proporcional a espessura do material.

Ainda de acordo com Alvarenga e Máximo (2011, p.139), a lei de Fourier é escrita da seguinte forma:

$$\phi = K \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L}$$

Em que  $\phi$  é o fluxo de calor através das paredes do forno solar, a área da parede lateral do forno é representada por A, a espessura da parede e dada por L e as temperaturas interna e externa são respectivamente  $T_2$  e  $T_1$ .

Observamos também que o K representa a constante de condutividade térmica dos materiais que irão compor as paredes do forno e quanto mais condutor de calor for o material, maior será o valor da constante K.

As outras duas formas de transferência de calor que podem ocorrer no forno solar são a irradiação e a convecção.

De acordo com Santos e Da Silva (2008, p. 24 apud Moran e Shapiro, 2002, p.35), a transferência de calor por convecção é dada pela lei de Newton do resfriamento:

$$q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Ainda de acordo com Santos e Da Silva (2008, p 24), h é o coeficiente de transferência de calor por convecção que é um parâmetro relacionado à natureza do escoamento e as propriedades do fluido, a área da superfície da parede é representada por A e  $T_s$  e  $T_\infty$  são respectivamente, as temperaturas da superfície da parede em contato com o fluido e a temperatura do fluido em um ponto mais afastado da parede em contato.

Substituindo o fluxo por unidade de área dado por  $Q = q / A$  na equação anterior, obtemos que o fluxo de calor será determinado pela seguinte equação:

$$Q = h \cdot (T_s - T_\infty)$$

A última forma de propagação do calor a ser discutida é a radiação térmica, neste processo, a radiação eletromagnética emitida por um corpo em qualquer temperatura, constitui uma forma de transmissão de calor.

A radiação emitida térmica emitida pelos corpos, denominada também radiação do corpo negro, foi determinada experimentalmente, segundo Alvarenga e Máximo (2011) como sendo proporcional à quarta potência de sua temperatura.

Ainda de acordo com Santos e Da Silva (2008, p 21), o modelo que quantifica a transferência de calor por radiação é descrito pela equação abaixo, tomando como referência a equação de Stephen Boltzmann para a radiação do corpo negro.

$$Q_{(e)} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4$$

onde  $T_s$  é a temperatura da superfície,  $A$  é a área da superfície radiante,  $\sigma$  é a constante de Stephen Boltzmann cujo valor é  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$  e  $\varepsilon$  ( $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ) representa a emissividade que é uma propriedade que indica a eficiência da superfície radiante.

## **ROTEIRO DO EXPERIMENTO: FORNO SOLAR**

### *MATERIAIS NECESSÁRIOS*

- ✓ Duas caixas de papelão (será necessário colocar uma dentro da outra com uma folga de cerca de 2cm) e de preferência que tenham a mesma altura.
- ✓ Um pedaço de papelão um pouco maior do que a caixa grande para fazer o refletor
- ✓ Um pedaço de vidro do tamanho da caixa menor ou um pouco maior desde que não ultrapasse a área da caixa grande
- ✓ Uma chapa de metal do tamanho da caixa menor para servir de forro
- ✓ Cola branca, régua e esquadro.
- ✓ Lápis, estilete, tesoura e fita adesiva.
- ✓ Papel de alumínio
- ✓ Material isolante, como isopor reaproveitado, espuma ou papelão.
- ✓ 2 parafusos com rosca, porca ou borboleta
- ✓ Um pedaço de arame

### *PROCEDIMENTOS*

#### *CÂMARA DE AQUECIMENTO*

- 1º) Comece cortando às abas de cima da caixa maior e passando cola nas abas de baixo para que a caixa fique com mais firmeza.
- 2º) Marque com lápis, o contorno da caixa menor no fundo da caixa maior e cole papel de alumínio em todas as laterais e no fundo. Ele servirá para refletir o calor e aumentar a eficiência do fogão.
- 3º) Para que a caixa de dentro fique firme e centralizada, faça, com papelão dobrado e colado no fundo, quadro suportes.
- 4º) Para aumentar o isolamento térmico, coloque isopor ou outro material isolante em toda área que ficará em contato com a caixa interna.

Figura 36 – Parte interna do forno solar



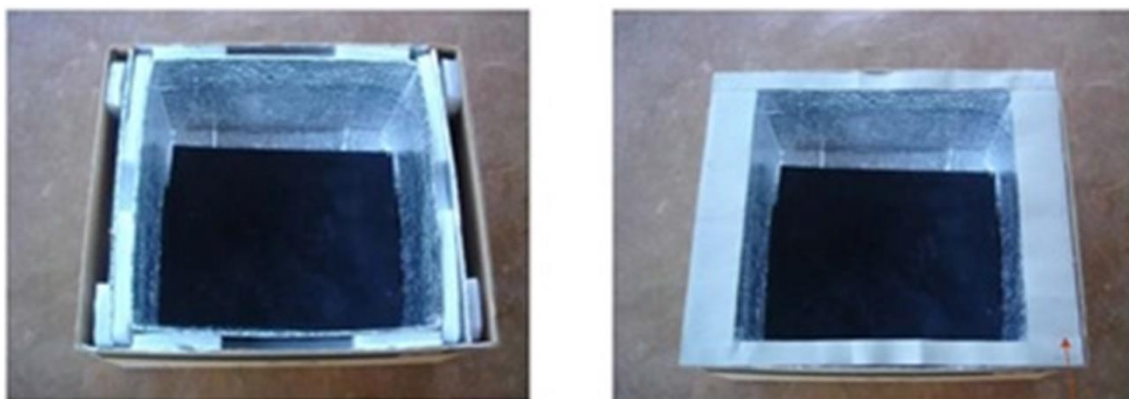
Fonte: <http://www.sustentavelnpratica.net/>

5º) Pegue a caixa pequena e cole papel de alumínio de modo a cobrir todo do fundo e as laterais. Isso aumentará a superfície de reflexão e a eficiência térmica do fogão.

6º) Agora que as duas caixas estão prontas, coloque a caixa menor no interior da caixa maior e para concluir a parte interna do seu fogão solar, pinte a chapa metálica de preto, colocando-a no fundo da caixa interna.

7º) Para um acabamento melhor, faça uma borda com papelão ou papel cartão e coloque por cima da região que fica entre as duas caixas.

Figura 37 – Montagem das caixas e ajustes



Fonte: <http://www.sustentavelnpratica.net/>

## TAMPA

8º) Pegue um pedaço de papelão maior que a caixa maior e marque o contorno do fundo da caixa nele. Em seguida, corte o papelão, deixando uma sobra de 5 cm de cada lado para fazer a dobra da tampa.

9º) Dobre as laterais do papelão, onde ficaram as sobras de 5cm para dar forma à tampa do forno fazendo um pequeno corte nas suas extremidades, o que permitirá a colagem.

10º) Depois de dobrar as pontas, cole-as para fechar a caixa, usando materiais como clips para fazer pressão enquanto a cola seca.

Figura 38 – Produzindo a tampa



Fonte: <http://www.sustentavelnpratica.net/>

11º) Centralize o vidro em cima da tampa e desenhe as bordas com lápis, depois faça um traço com dois centímetros para dentro das bordas, marcando o apoio do vidro.

12º) Em seguida corte a tampa no espaço que foi marcado para apoiar o vidro e cole-o com cola branca.



Figura 39 – tampa do forno solar



Fonte: <http://www.sustentavelnopratica.net/>

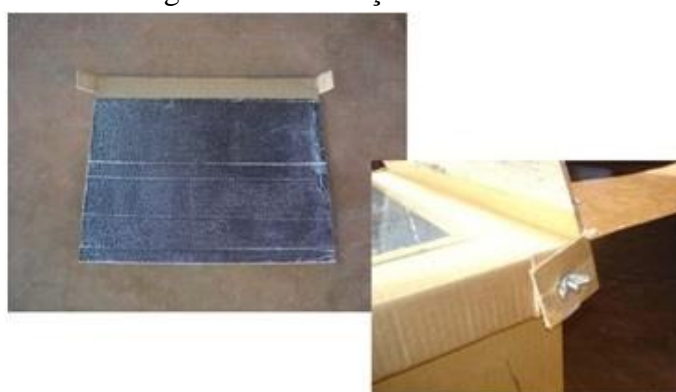
### *REFLETOR*

13º) corte um pedaço de papelão do tamanho da tampa, deixando duas abas com suporte para prender na tampa.

14º) Cole papel de alumínio em uma das faces.

15º) Prenda o refletor na tampa fazendo um furo e utilizando um parafuso de rosca com uma porca ou uma borboleta.

Figura 40 – Produção do refletor



Fonte: <http://www.sustentavelnopratica.net/>

O resultado final do forno solar em forma de caixa, construído com materiais de baixo custo pode ser observado na figura abaixo.

Figura 41 – Forno solar tipo caixa, produzido com materiais de baixo custo.



Fonte: <http://www.sustentavelnopratica.net/>

## ANEXO B – MINIPROJETO AQUECEDOR SOLAR

### OBJETIVO

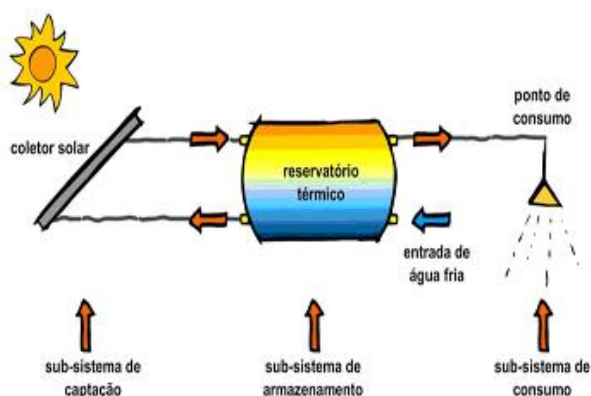
Construir um aquecedor solar de água com materiais de baixo custo ou reciclados para fins didáticos, visando à diminuição do consumo de energia elétrica de uma residência e agregando conhecimento técnico e prático na construção do conceito de casa sustentável.

### DISCUSSÃO TEÓRICA

O aquecedor solar consiste no aquecimento de um fluido através da conversão da energia do sol em energia térmica, dividido em três subsistemas básicos: captação, armazenamento e consumo.

O sistema de captação é formado pelo coletor solar e pelas tubulações de ligação entre o coletor e o reservatório térmico, o armazenamento é composto pelo reservatório térmico e por sistemas auxiliares de energia e o consumo é constituído por toda a parte hidráulica entre o reservatório térmico e os pontos de consumo.

Figura 42 - Desenho esquemático de um sistema de aquecimento solar residencial



Fonte: <http://www.pucminas.br/>

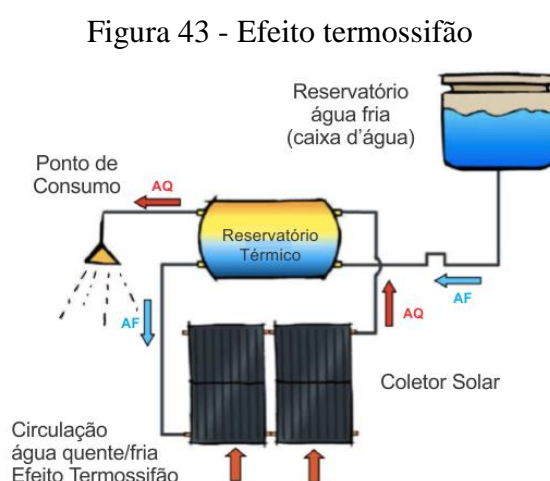
A base de funcionamento do aquecedor solar é o efeito termossifão, nele, a água circula naturalmente sem a necessidade de uma bomba hidráulica, contando apenas com a mudança de densidade da água em função da temperatura.

Quando a temperatura da água aumenta ocorre o fenômeno da dilatação volumétrica do líquido e a densidade, que se trata da relação entre massa e volume se torna menor. Com a diminuição da temperatura do líquido ocorrerá o efeito oposto, o líquido se contrai, diminuindo o volume e aumentando a densidade.

Analisando o efeito termossifão, concluímos que a água fria que possui maior densidade, tende a concentrar-se na parte inferior do reservatório e a água quente, por possuir uma densidade maior se concentrará na parte superior do reservatório, o mesmo efeito ocorrerá no interior dos tubos que irão compor o coletor solar.

No aquecedor solar, o processo se inicia com a passagem do fluido da caixa d'água para o reservatório térmico e daí para o coletor solar.

A água fria que entra no reservatório térmico pela parte inferior direita, conforme figura abaixo terá sua saída controlada na parte inferior esquerda, alimentando o coletor solar que fica instalado em nível inferior ao reservatório, através de sua parte inferior.



Fonte: <http://www.pucminas.br/>

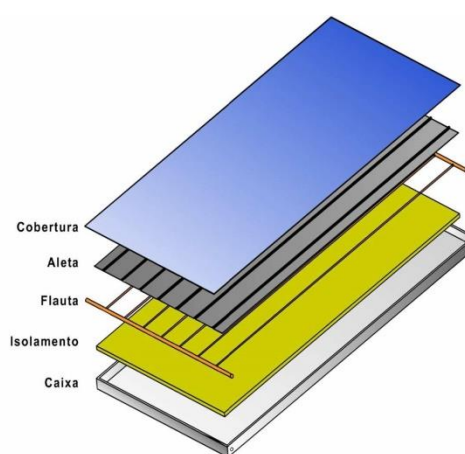
Nos coletores, a radiação solar será captada e transferida para a água que circular pela tubulação, que se tornará mais quente e menos densa, retornando para o reservatório térmico através das tubulações.

No reservatório térmico a água conservará a energia absorvida, pois o equipamento é termicamente isolado, sendo capaz de mantê-la aquecida por um longo período, depois, a água aquecida é direcionada para os pontos de consumo da residência.

Os coletores solares são equipamentos que promovem o aquecimento de um fluido, através da conversão de radiação eletromagnética do Sol em energia térmica e os mais comercializados são os coletores abertos e fechados.

Os coletores fechados são geralmente usados para o aquecimento da água para o banho e podem atingir temperaturas em torno de 70°C a 80°C e são compostos por: caixa externa, isolamento térmico, tubulação ou flauta, placa absorvedora ou aleta, cobertura transparente e vedação.

Figura 44 - Estrutura do coletor solar fechado



Fonte: <http://www.dasolabrava.org.br/>

A cobertura permite a passagem de grande parte da radiação solar e retém a radiação térmica emitida pela placa absorvedora que é o componente do coletor solar que absorve parte da energia radiante e a transfere para o fluido

O isolamento térmico é produzido por materiais de baixa condutividade térmica que reduzem as perdas de calor para o meio externo e a caixa protege todos os componentes da ação do meio ambiente.

Geralmente feita de material metálico, a tubulação tem por finalidade conduzir o fluido a ser aquecido e transferir a energia absorvida da placa absorvedora para o fluido.

Os coletores que não possuem cobertura e nem isolamento térmico, produzem aquecimento a temperaturas bem menores que os coletores fechados, pois não retém a radiação emitida pela placa absorvedora, o que os torna mais adequados para o aquecimento de piscinas, quando o objetivo é apenas uma pequena elevação na temperatura da água, em torno de 26°C e 30°C.

Figura 45 - Coletor térmico aberto



Fonte: [www.pucminas.br](http://www.pucminas.br)

Outro tipo coletor, que encontra aplicações específicas, em locais que necessitam de temperaturas mais elevadas são os coletores a vácuo, nestes, é criado o vácuo entre o absorvedor e a cobertura, processo que diminui significativamente a perdas de calor por convecção.

Figura 46 - Coletor térmico a vácuo

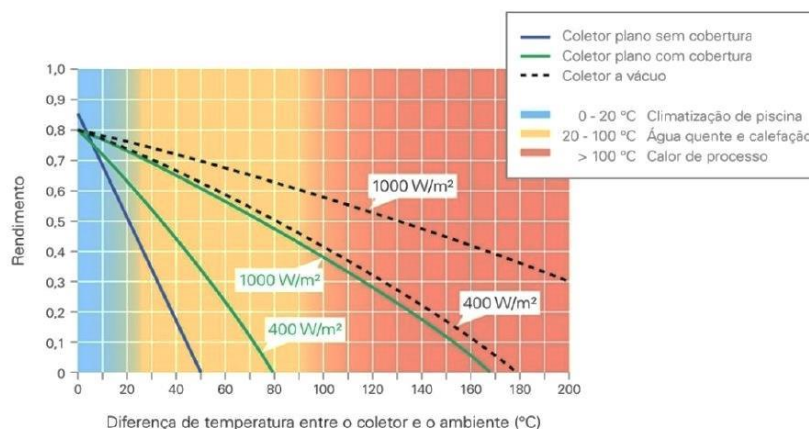


Fonte: <http://mlb-s2-p.mlstatic.com/>

O posicionamento dos coletores solares deve ser realizado de maneira que se obtenha a melhor radiação do sol. A inclinação em relação ao plano horizontal e a direção de instalação dos coletores são elementos que influenciam o dimensionamento do sistema de aquecimento solar.

No gráfico abaixo, podemos observar a diferenças dos rendimentos entre os coletores com cobertura, sem cobertura e a vácuo.

Figura 47 - Rendimento dos diferentes coletores

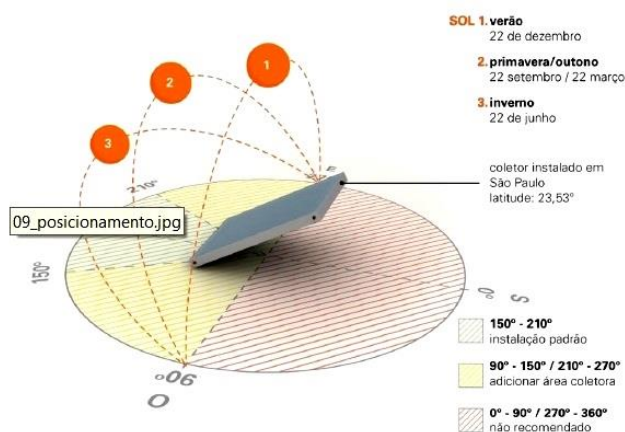


Fonte: [www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br)

Os coletores devem ser expostos de forma que os raios solares atinjam o coletor o mais perpendicular possível, como regra básica, recomenda-se que os painéis sejam instalados com uma inclinação equivalente a latitude da região, somando-se 10°. Além da inclinação os coletores devem ser simétricos com a trajetória do sol, observa-se um maior aproveitamento quando direcionados para o Norte, nas regiões sobre o Hemisfério Sul.

Na figura abaixo, podemos observar o posicionamento do coletor térmico para diferentes latitudes.

Figura 48 - Trajetória do Sol e desvio do norte geográfico



Fonte: [www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br)

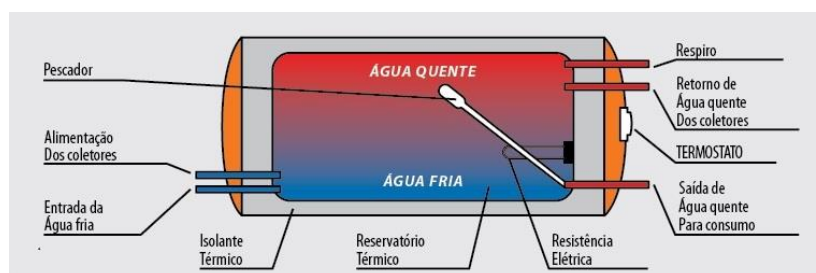
O reservatório térmico é o equipamento responsável pelo armazenamento da água aquecida pelos coletores solares, e para suportar elevadas temperaturas, o corpo interno do reservatório deve ser fabricado com materiais resistentes à corrosão.

Este equipamento também deve possuir um isolante térmico que minimize as perdas de calor para o meio ambiente e a parte externa do reservatório, deverá ser construída com materiais que protegem o isolante térmico, de intempéries como umidade, geralmente os materiais usados são alumínio ou aço.

A figura abaixo representa um reservatório térmico, mais conhecido como boiler, nele pode-se identificar duas entradas e duas saídas de água, além do respiro, usado para identificar o nível máximo do reservatório.

O reservatório será abastecido através de uma entrada de água localizada na parte inferior do reservatório e ao lado está localizada a saída de água fria do reservatório que conduzirá a água fria para os coletores térmicos.

Figura 49 - Reservatório térmico



Fonte: <http://www.solarminas.com.br/>

No outro lado do reservatório, encontra-se a entrada da água quente que abastece o reservatório com a água proveniente do coletor térmico e abaixo dela está situada a saída de água que distribui o fluido para o consumo da residência.

## **ROTEIRO DO EXPERIMENTO: AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO DIDÁTICO (ASBC)**

### *MATERIAIS NECESSÁRIOS*

- ✓ Para o reservatório térmico pode ser utilizada uma caixa organizadora, transparente com tampa.
- ✓ No recipiente são fixados dois flanges para conexão do coletor solar (25mm x 3/4) e um menor demonstrado a saída do chuveiro (20mm x 1/2), simulado por uma torneira.



- ✓ Um coletor solar, fabricado a partir de forro modular de PVC, no tamanho 61 cm (altura) x 70 cm (largura), com tampos em duas extremidades.
- ✓ Dois suportes para o coletor, uma serra, uma lixa e fita métrica.
- ✓ Tinta esmalte sintético preto fosco
- ✓ Adesivo epóxi-bicomponente, talco mineral e espátula
- ✓ Uma tubulação com marcação vermelha (um tubo curto e um mais comprido com dois joelhos).
- ✓ Uma tubulação com marcação azul (um tubo curto, dois mais compridos, uma luva e dois joelhos).

Figura 50 - Conectores e suportes



Fonte: [www.asbs-rio.com.br](http://www.asbs-rio.com.br)

- ✓ Um pescador, fabricado a partir de um pedaço de conduíte ½ e uma boia (garrafa PET de 330 ml), fixada com uma abraçadeira de nylon.
- ✓ Corante e mangueira pequena

### *PROCEDIMENTOS*

- 1º) Junte a tubulação com a marca azul e com a marca vermelha
- 2º) Encaixe o tubo vermelho do lado da torneira e o azul do lado oposto

Figura 51 - Encaixes das tubulações no coletor



Fonte: [www.asbs-rio.com.br](http://www.asbs-rio.com.br)

3º) Use dois canos de 25mm com 70 cm, para ser usado como suporte para a placa, estes canos deverão ser cortados ao longo de sua extensão formando um rasgo de 61 cm de comprimento e 1,1 cm de espessura, centralizado de forma que as pontas do tubo fiquem com 4,5 cm de comprimento cada.

Figura 52 - Fazendo o corte que servirá de suporte para o coletor



Fonte: [www.sociedadedosol.org.br](http://www.sociedadedosol.org.br)

4º) O rasgo pode ser iniciado com uma abertura no cano, feita com furadeira ou ferro de solda. Introduce então, a ponta da serra no local onde foi rasgado e inicia-se o corte, através de movimentos lentos seguindo marcações, afim de não abrir um rasgo maior ou menor que o necessário. Realizados os cortes, faça os acabamentos usando a lixa.

Figura 53 - Usando a serra para fazer o rasgo



Fonte: [www.sociedadedosol.org.br](http://www.sociedadedosol.org.br)

5º) Encaixe 0,5cm de placa no rasgo de cada tubo.

Figura 54 - Encaixe das placas nos tubos



Fonte: [www.sociedadedosol.org.br](http://www.sociedadedosol.org.br)

6º) Faça a vedação do coletor usando adesivo epóxi bi-componente, misturado com talco mineral. Utilizando uma espátula, passe a mistura talco e adesivo nas linhas ao longo dos contatos tubo/placa e após 24 horas, repita a operação do outro lado da placa.

7º) Pinte a placa de PVC e os tubos do coletor com tinta esmalte, cor preto fosco para que ele absorva mais radiação solar, não esqueça de limpar a superfície antes da pintura e deixar um espaço nas extremidades dos tubos sem pintar, para os futuros encaixes.

8º) Agora ligue o coletor solar ao reservatório térmico, unindo a tubulação azul a parte inferior do coletor, que corresponde a entrada da água fria e a tubulação vermelha a parte superior, que é o ponto de saída da água quente.

Figura 55 - Aquecedor solar



Fonte: <http://aprendendofisica.pro.br/>

9º) Encaixe o pescador o lado interno da flange menor

10º) A torneira é rosqueada do lado externo da mesma flange, usando fita veda rosca para evitar vazamento.

Figura 56 - Instalação do pescador e da torneira



Fonte: [www.asbs-rio.com.br](http://www.asbs-rio.com.br)

11º) Uma experiência simples pode ser feita para visualizarmos o efeito termossifão. Introduzimos uma pequena mangueira na tubulação marcada com azul e despejamos nela, uma mistura de corante e água.

Figura 57 - Experiência para visualizar o efeito termossifão



Fonte: [www.asbs-rio.com.br](http://www.asbs-rio.com.br)

Após alguns minutos observaremos a água colorida sair pela outra extremidade do coletor, formando uma camada vermelha sobre o reservatório.

## ANEXO C – MINIPROJETO PAINEL FOTOVOLTAÍCO CASEIRO

### OBJETIVO

Desenvolver um painel fotovoltaico com materiais reciclados, capaz de iluminar uma maquete de uma casa com pequenas lâmpadas, que podem ser leds ou lâmpadas de soquetes.

### DISCUSSÃO TEÓRICA

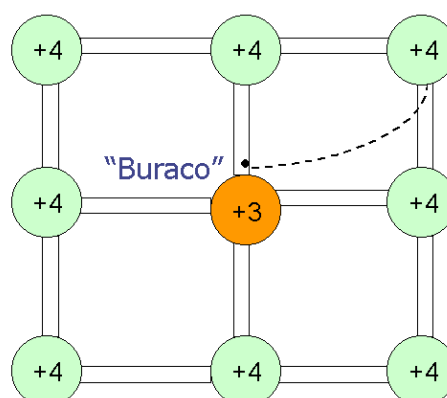
A célula fotovoltaica é constituída por duas camadas de materiais semicondutores dos tipos p e n, construídos em um processo de dopagem em que porcentagens de outros elementos são acrescentadas a estrutura do silício.

Um átomo de silício é formado por 14 prótons e 14 elétrons e na sua última camada, chamada camada de valência, temos a presença de quatro elétrons que compartilhando de ligações covalentes com os seus átomos vizinhos, formam a estrutura cristalina do Silício.

Para modificar as propriedades elétricas de uma rede cristalina de silício, temos que incorporar em sua estrutura, um pequeno número de átomos de outros materiais, esse processo é chamado de dopagem do silício e caso não fosse realizado, o silício não passaria de um material isolante.

Para formar o semicondutor com características positivas (p) é introduzido na estrutura do Silício, o material Boro que possui apenas três elétrons na última camada.

Figura 58 – Formação do material tipo P

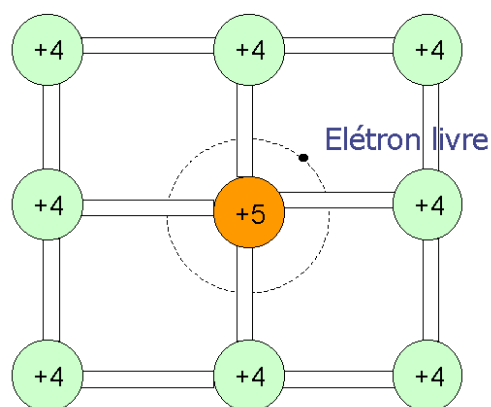


Fonte: <http://www.eecis.udel.edu/>

Ao acrescentar o Boro na estrutura do Silício, vão ser formadas apenas três ligações covalentes entre pares de átomos Boro-Silício e na ligação covalente que não completou as ligações covalentes, será produzida uma lacuna, a qual se atribuirá propriedades de carga positiva.

Já, na formação do material semiconductor tipo n, será incorporado na estrutura do Silício átomos de fósforo, os quais possuem na sua camada de valência, cinco elétrons, que ao compartilharem ligações covalentes com o átomo de Fósforo, produzirão em cada par de átomos das ligações um elétron livre.

Figura 59 – Formação do material tipo P



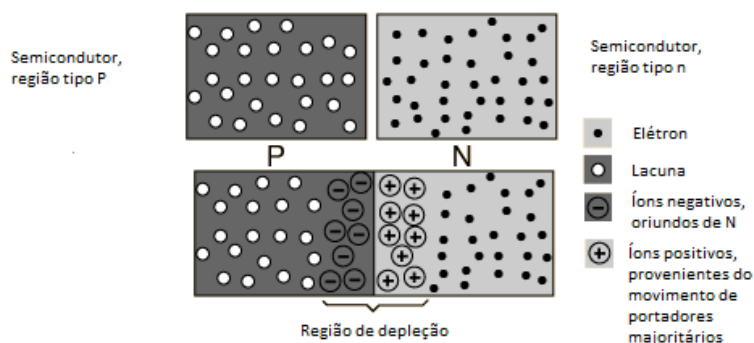
Fonte: <http://www.eecis.udel.edu/>

Na construção da célula fotovoltaica, as duas camadas de silício, camada p e camada n são unidas para formar a junção p-n, região do semiconductor onde ocorre um movimento de portadores de carga majoritários, de ambas as partes, visando tanto o equilíbrio eletrônico como a estabilidade química.

Os elétrons em excesso do lado n são deslocados para o lado p, atraídos pelas cargas positivas que lá existem majoritariamente, passando a ocupar o espaço das lacunas das lacunas que estão localizadas próximas à junção e produzindo lacunas no lado n, na região da qual foram deslocados.

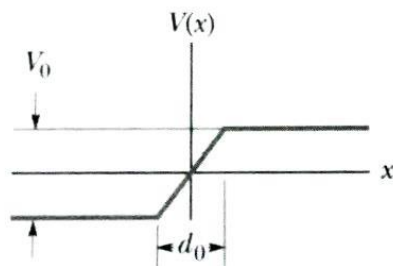
O movimento dos portadores de carga majoritários de ambas as partes do material semiconductor dá origem a uma carga elétrica na região próxima a junção denominada carga espacial, formando uma zona de depleção que impede a formação de novos pares de elétrons-lacunas.

Figura 60 - Junção p-n



Fonte: Walker, 2001, p. 202

A carga espacial produz na zona de depleção uma diferença de potencial  $V_0$  que impede que os elétrons e os buracos continuem a atravessar a junção e apenas cargas elétricas com energias mais levadas conseguirão vencer a barreira de potencial e conduzir para a junção oposta.

Figura 61 - Potencial de contato  $V_0$ , produzido pela zona de depleção

Fonte: Walker, 2001, p. 202.

As cargas negativas oriundas da junção n evitam as regiões de potenciais menores produzidas pelas cargas espacial negativa, localizada no lado oposto da zona de depleção, e acabam retornando ao lado n.

Da mesma forma, as lacunas produzidas pelos átomos aceitadores, na camada positiva, serão repelidas pelo aumento de potencial que é gerado pelos íons positivos da zona de depleção, situados na extremidade oposta.

Esta diferença de potencial gerada na zona de depleção permite que os elétrons, majoritários em n, fiquem separados das lacunas do material p.

O efeito fotovoltaico acontece quando a luz ao atingir a camada n do material semicondutor, fornece energia suficiente para que os portadores de carga majoritários desta camada se movimentem através da estrutura de bandas do material.

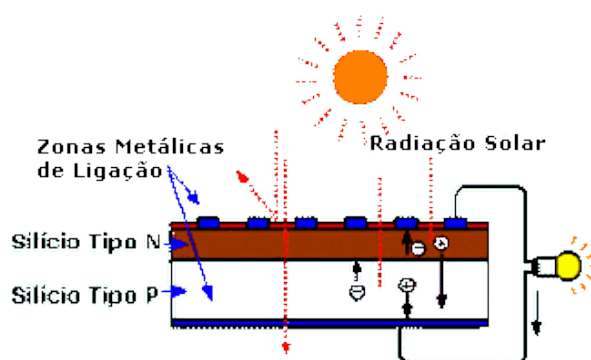


Porém, não são todos os elétrons que ao absorverem a energia dos fótons na camada n, irão gerar o efeito fotovoltaico, apenas aqueles que possuem níveis de energia mais altos e que estão localizados próximos à banda de condução dos átomos são capazes de produzir tal efeito.

Tais elétrons, provenientes de átomos doadores, estão fracamente ligados ao núcleo dos átomos e quando excitados pelos fótons, estas partículas são deslocadas da banda de valência para a banda de condução do material, produzindo um movimento ordenado de cargas elétricas através do sólido.

Os elétrons provenientes da banda de condução são direcionados para um terminal negativo, localizado sobre a região n da célula e ao passarem por uma carga elétrica acoplada em série com a célula, chegam até a camada p do material.

Figura 62 – Efeito fotovoltaico



Fonte: <http://www.electronica-pt.com>

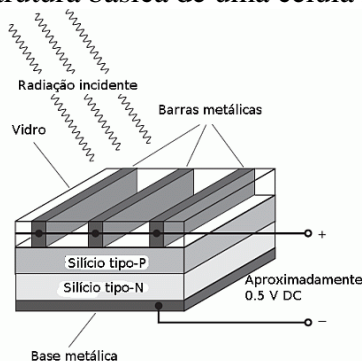
Na camada p, os elétrons continuam a se deslocar através das lacunas que foram produzidas no material e como o seu deslocamento da camada n, também produziu lacunas naquela região, o movimento destas partículas é estendido para além da junção p-n.

Em consequência da incidência de luz solar sobre a célula, é produzida uma corrente fotogerada, um fluxo de elétrons que é contínuo enquanto houver incidência de luz sobre a célula.

A estrutura macroscópica da célula fotovoltaica é constituída basicamente de uma camada semicondutora tipo n, sobreposta a uma camada semicondutora tipo p, no qual serão inseridos contatos metálicos em forma de grelha sobre a camada n e colocado um material antirreflexivo sobre a mesma, que aumenta a sua capacidade de absorção da luz.

Tanto a camada n como a camada p irão possuir contatos metálicos ligados aos seus respectivos eletrodos que permitem interligá-las a uma carga ou associá-las a outras células fotovoltaicas.

Figura 63 - Estrutura básica de uma célula fotovoltaica



Fonte: <http://questoesbiologicas.blogspot.com.br>

Mas, a célula fotovoltaica que é a unidade básica dos sistemas de energia solar, produz uma quantidade muito pequena de energia, que é da ordem de 0,5 volts e portanto, existe a necessidade de agrupá-las em conjuntos denominados módulos fotovoltaicos.

Os módulos fotovoltaicos podem ser de silício monocristalino, silício policristalino ou de filmes finos.

As células de silício monocristalino são obtidas a partir da serragem de lingotes que foram fabricados do silício purificado extraído do mineral quartzo, este material é serrado e fatiado para produzir borrachas de silício, ou wafers com dimensões entre 0,4 e 0,5 mm de espessura que irão constituir módulos fotovoltaicos com até 16% de eficiência.

Os módulos policristalinos quando comparados com os módulos monocristalinos, possuem processos de fabricação mais simples, aspecto heterogêneo e eficiência ligeiramente inferior aos monocristalinos.

Os dispositivos de filmes finos são fabricados a partir da pulverização de finas camadas de silício, sobre uma base feita de material rígida, flexível, desperdiçam menos material em sua construção, embora apresentem eficiência mais baixa.

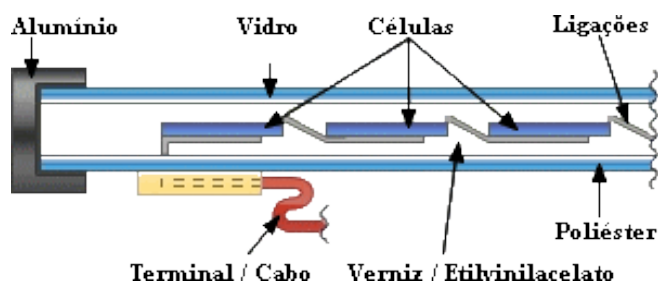
Os módulos fotovoltaicos são estruturas que, ligadas em série, produzem o efeito somatório das tensões e com o objetivo de aumentar a eficiência dos módulos, produzir isolamento elétrico e resistência a fatores climáticos são incorporadas algumas estruturas periféricas.

Entre as principais estruturas dos módulos fotovoltaicos, temos o encapsulamento com etilvinilacetato (EVA), um plástico elástico que promove maior isolamento e a

introdução de uma parede de vidro sobre a camada n que aumenta à resistência do painel e a capacidade de absorver energia.

Na figura seguinte, temos um esquema mostrando a estrutura básica dos módulos fotovoltaicos e como as células fotovoltaicas estão dispostas em seu interior.

Figura 64 - Módulo fotovoltaico



Fonte: [www.electronica-pt.com](http://www.electronica-pt.com)

As células fotovoltaicas são interligadas em série no interior dos módulos fotovoltaicos, formando ramos de células, nos quais as tensões são somadas e conjuntos destes ramos são conectados em paralelo, fazendo com que as correntes dos módulos fotovoltaicos se tornem maiores.

As ligações em serie e paralelo realizadas no interior dos módulos fotovoltaicos produzem aumentos de tensão e corrente, tornando viável a aplicação destes módulos a sistemas elétricos simples e complexos.

## ROTEIRO DO EXPERIMENTO: PAINEL SOLAR CASEIRO

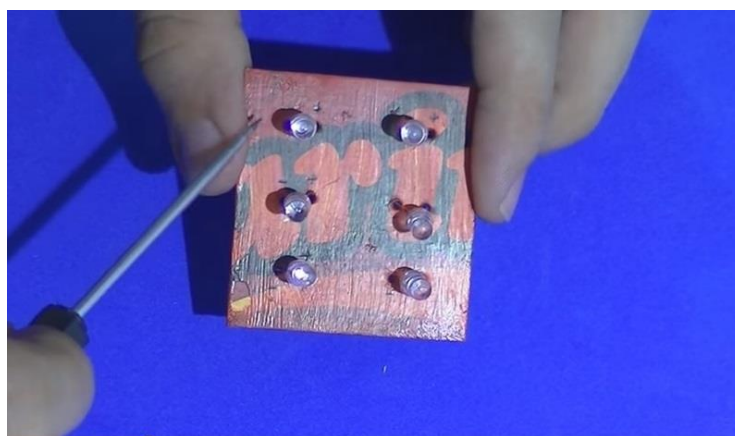
### MATERIAIS UTILIZADOS

- ✓ Régua milimetrada e lápis
- ✓ Alicates de corte
- ✓ Solda de estanho
- ✓ leds de alto brilho
- ✓ Ferro de solda
- ✓ Dois fios, um preto vermelho e um preto
- ✓ Pregos
- ✓ Base de papelão
- ✓ Calculadora

### PROCEDIMENTOS

- 1º) Faça uma pequena base de papelão para a sustentação dos leds
- 2º) Para uma melhor distribuição dos leds na base de papelão, pode ser desenhada uma matriz quadriculada 5 x 5, dividida em 6 parte iguais.
- 2º) Com o auxílio de um prego, faça dois furinhos na parte central de cada unidade da matriz desenhada na base, de forma que os leds ao serem encaixados fiquem todos dispostos na mesma direção.

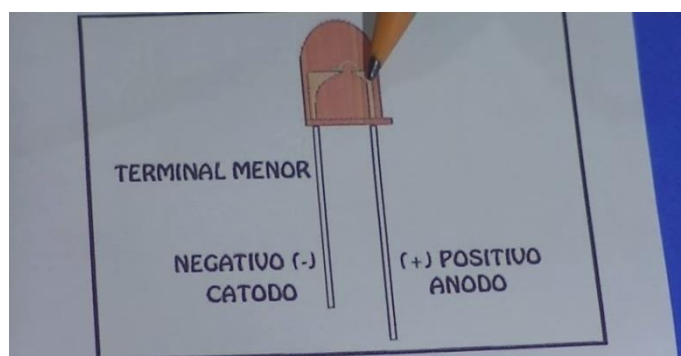
Figura 65 – Construção da base e disposição dos leds



Fonte: <https://www.youtube.com>

- 3º) Antes de encaixar os leds na base, faça a identificação dos seus terminais. O terminal positivo (Anodo) é o que possui maior comprimento e o terminal negativo (catodo) é o terminal de menor comprimento.

Figura 66 - Identificação dos terminais do led



Fonte: <https://www.youtube.com>

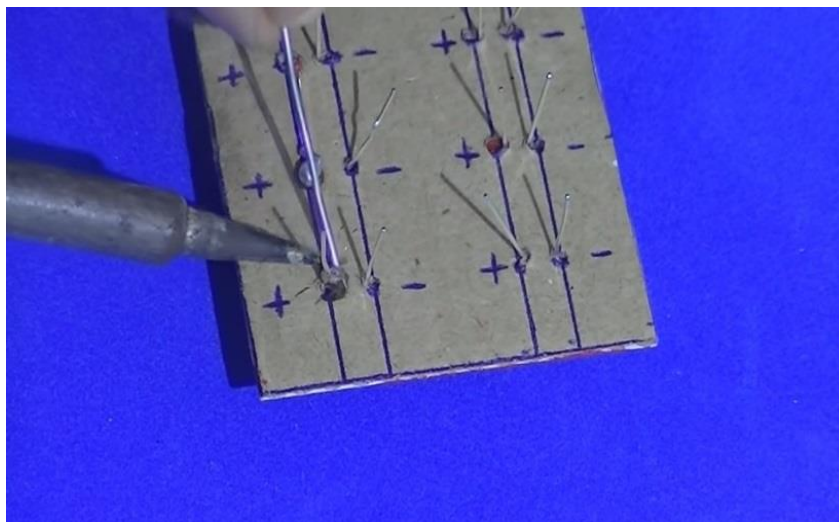
4º) Encaixe os 6 leds na base com os terminais positivos direcionados para o mesmo lado e os negativos para o lado oposto.

5º) Na parte de baixo do painel, identifique a linha mais próxima da margem do painel, formada por terminais positivos e faça o próximo passo

6º) Dobre os terminais dos 2 primeiros leds, ao longo da linha que os unem, de forma que o terminal do led do meio, encoste no terceiro led que deve ficar com o seu terminal sem dobrar

7º) Posicione a solda e o ferro de solda sobre a junção dos terminais e espere a solda fundir e se distribuir uniformemente, ligando as junções. Utilize o alicate de corte para cortar os excessos dos terminais.

Figura 67 – Soldagem dos terminais das extremidades



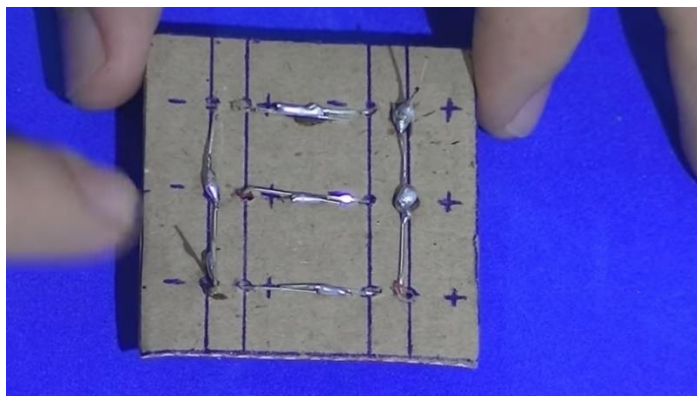
Fonte: <https://www.youtube.com>

8º) Pegue o fio vermelho, desencape e solde sua ponta ao terminal do primeiro led, o mesmo teve seu terminal preservado

9º) Repita os passos 5,6,7 e 8 com os terminais situados na extremidade oposta, soldando-os ao fio preto

10º) Dobre os terminais que ficam localizados na linha do meio do primeiro par de leds, unindo o terminal negativo com o terminal positivo e execute a soldagem

Figura 68 – Soldagem dos terminais das linhas do meio



Fonte: <https://www.youtube.com>

11º) Repita o passo 10 com os pares em sequência

12º) terminados os procedimentos, teste o painel com o auxílio de uma calculadora, certamente o painel fornecerá a energia necessária para fazer funcionar uma calculadora de 1,5v

Figura 69 – Experimento com uso de calculadora



Fonte: <https://www.youtube.com>

13º) Caso se queira produzir o dobro de voltagem, basta produzir um painel similar e interliga-los em série.

## ANEXO D – MINIPROJETO CASA SUSTENTÁVEL

### OBJETIVO

Construir a maquete de uma casa sustentável, aplicando os conhecimentos sobre as ligações em série e paralelo, na produção de um sistema de energia fotovoltaico.

### DISCUSSÃO TEÓRICA

As casas sustentáveis são projetos que, ao optarem pelo uso de materiais alternativos na sua construção, produzem excelentes benefícios para o meio ambiente e vantagens para os moradores, como a redução dos gastos de energia elétrica e a produção de ambientes mais agradáveis.

Entre as características de um projeto de casa sustentável, temos: a utilização de sistemas elétricos e hidráulicos que possibilitem economia e uso racional de água e energia elétrica, a instalação de sistemas de aquecimento solar e sistemas de captação de águas da chuva e o emprego de materiais reciclados ou reaproveitados em sua construção.

Outra característica dos modelos de casa sustentável é o uso de fontes de energia renováveis. No caso da fonte de energia solar, os módulos solares podem ser instalados no telhado das casas, produzindo energia gratuita e sem produção de poluentes, que armazenada em baterias poderá suprir a totalidade do consumo de energia da residência por dias.

Figura 70 – Ilustração de uma casa sustentável



Fonte: <http://thumbs.dreamstime.com/>

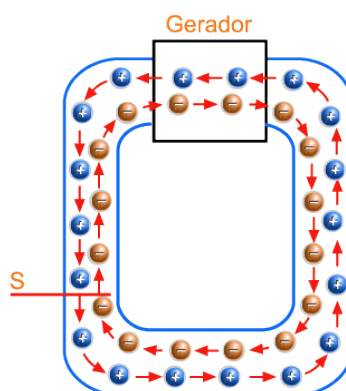
Em uma atividade de construção da maquete de casa sustentável com fonte de energia solar, importantes conceitos de Física, relacionados aos sistemas elétricos, podem ser explorados na sua construção, entre os quais, citamos a diferença de potencial, a corrente elétrica e as ligações em série e em paralelo.

A corrente elétrica é um fluxo de elétrons que circula através de materiais condutores e ao adquirir energia de uma fonte, passam a transferir esta energia para uma carga e a seguir retornam a fonte, repetindo o ciclo.

Este fluxo de elétrons, como demonstrado na figura a seguir, ocorre em ambos os sentidos de circulação, constituindo as correntes real e convencional. A corrente real é formada pelo movimento de elétrons e a corrente convencional é constituída pelo movimento de portadores de carga positiva (prótons), em sentido oposto.

Na figura, o gerador simboliza o módulo fotovoltaico, responsável por produzir uma fotocorrente que alimentará o circuito.

Figura 71 - Corrente elétrica



Fonte: <http://cepa.if.usp.br/>

A grandeza física que é utilizada para avaliar a quantidade de elétrons que ultrapassa o condutor por unidade de tempo é a intensidade da corrente elétrica, que é calculada pela expressão abaixo, em que  $I$  representa a corrente elétrica,  $n$  é o número de elétrons que atravessa o condutor por unidade de tempo, representado por  $\Delta t$  e  $e$  é carga elementar do elétron, cujo valor é  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

$$I = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$$



Nos sistemas de produção de energia fotovoltaicos, a fonte de energia das cargas elétricas, são os módulos fotovoltaicos e os acumuladores de energia (baterias) e as cargas são representadas por lâmpadas, aparelhos elétricos e motores.

Os módulos fotovoltaicos produzem uma diferença de potencial, causando o movimento dos elétrons, que se encontram nas camadas mais externas dos átomos e produzindo a corrente fotogerada, tais elétrons, ao passarem por uma carga ligada aos módulos fotovoltaicos, entregam parte da sua energia, produzindo um trabalho sobre as cargas.

Os módulos fotovoltaicos são classificados como geradores de força eletromotriz (fem), dispositivos capazes de realizar um trabalho sobre as cargas que passam através deles, aumentando o potencial das mesmas.

Os geradores de força eletromotriz são dispositivos que transformam as diversas formas de energia em elétrica transferindo-a para as cargas do circuito, a pilha, por exemplo, transforma energia química em elétrica, a hélice utiliza como fonte de produção de energia elétrica a energia mecânica e os módulos solares geram energia elétrica a partir da energia solar.

Considerando  $\Delta q$  a carga transportada dentro do circuito contendo o módulo fotovoltaico e que  $\Delta T$  representa a energia que é transferida pelo módulo fotovoltaico para a carga  $\Delta q$ , a força eletromotriz será então, a relação entre as duas grandezas descritas:

$$\varepsilon = \frac{\Delta T}{\Delta q}$$

Entretanto, a energia que será entregue ao circuito não será a força eletromotriz. Nos modelos reais de geradores, existe a presença de uma resistência interna, intrínseca aos aparelhos, que os fazem apresentar rendimento inferior a 100%.

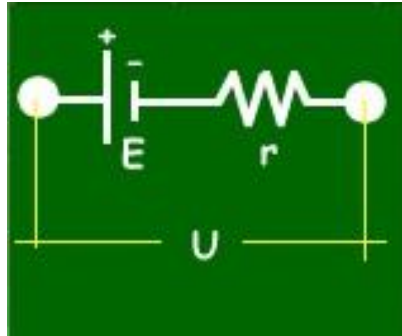
Devido à resistência interna, a potência útil ( $P_{\text{útil}}$ ) fornecida pelo gerador a um circuito elétrico é menor que a potência total ( $P_{\text{total}}$ ) gerada por ele, visto que uma parte da potência será dissipada pela resistência interna do gerador.

$$P_{\text{útil}} = P_{\text{total}} - P_{\text{dissipada}}$$

A potência útil é obtida pela expressão  $P_u = U_{AB} \cdot I$ , em que  $U_{AB}$  representa a voltagem fornecida pelo gerador ao circuito, a potência dissipada é dada por  $P_d = r \cdot I^2$ , na qual  $r$  é a resistência interna do gerador e a potência total do gerador é calculada por  $P_t = \varepsilon \cdot I$ .

Nas três equações do parágrafo anterior, a corrente elétrica possui o mesmo valor, pois no gerador real, a sua resistência interna está conectada em série com o mesmo, e nos circuitos em série, só existe um caminho para a circulação da corrente.

Figura 72 – Gerador de força eletromotriz



Fonte: <http://n.i.uol.com.br/>

Substituindo as equações de cada uma das potências na fórmula geral do gerador, teremos:

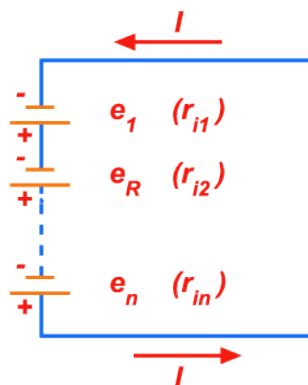
$$P_{\text{útil}} = P_{\text{total}} - P_{\text{dissipada}} \Rightarrow I \cdot U_{AB} = I \cdot \varepsilon - I^2 \cdot r \Rightarrow I \cdot U_{AB} = I \cdot (\varepsilon - I \cdot r)$$

Cancelando  $I$  em ambas as equações, chegamos à equação que descreve a tensão  $U_{AB}$  que é fornecida por um gerador.

$$U_{AB} = \varepsilon - I \cdot r$$

Na constituição dos painéis solares, as células fotovoltaicas são conectadas em série, em números entre 30 e 36 células aproximadamente, formando uma associação de geradores de força eletromotriz, como representado na figura abaixo.

Figura 73 – Associação de geradores em série



Fonte: <http://cepa.if.usp.br/>

No circuito em série, as resistências podem ser substituídas, por uma resistência equivalente que será igual ao somatório das resistências individuais dos geradores.

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

$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j \quad (n \text{ resistências em série})$$

Como, as cargas que a atravessam a associação tem um único caminho a percorrer, a corrente elétrica no circuito será igual para todas as resistências, calculada pela seguinte equação, onde  $\sum \varepsilon$ , representa a soma algébrica das forças eletromotriz do circuito e  $\sum R$ , representa a soma das resistências internas.

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R}$$

Na associação em série, temos também, que a energia fornecida pela associação, é igual à soma da energia fornecida por cada um dos geradores.

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \Rightarrow$$

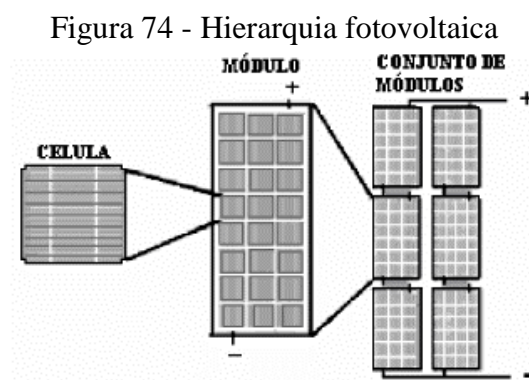
$$\varepsilon_t \cdot I = \varepsilon_1 \cdot I + \varepsilon_2 \cdot I + \varepsilon_3 \cdot I + \dots + \varepsilon_n \cdot I$$

Cancelando a corrente elétrica em ambas as equações, teremos que a força eletromotriz da associação será igual à soma da f.e.m. produzida por cada gerador.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots + \varepsilon_n$$

Um conjunto de painéis solares interligados em série, produz uma configuração fotovoltaica, que denominamos ramo de painéis solares e o seu funcionamento é semelhante aos dos geradores ligados em série, produzindo tensões mais elevadas, através da soma da f.e.m. produzida por cada uma das unidades fotovoltaicas.

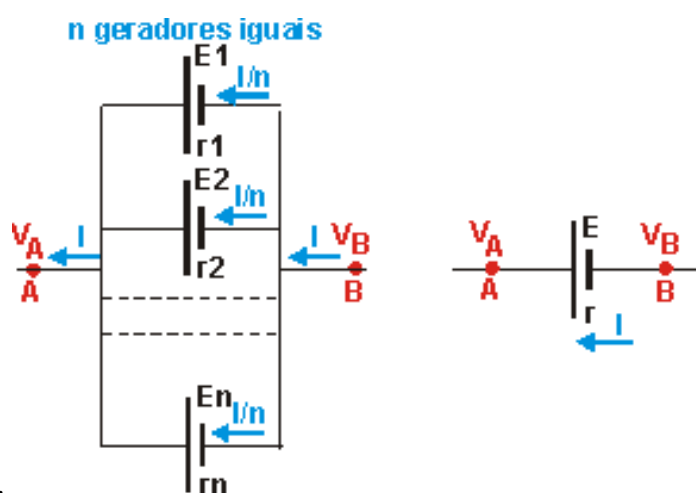
Um conjunto de ramos ligados em paralelo forma uma hierarquia fotovoltaica, que além de produzir tensões maiores, produz também correntes elétricas mais elevadas, que viabilizam a aplicação dos sistemas fotovoltaicos em residências.



Fonte: <http://www.proceedings.scielo.br>

Na associação em paralelo, os polos positivos de cada um dos geradores são ligados entre si a um ponto comum, representado na figura a seguir, pelo ponto A e os polos negativos são também interligados entre si a outro ponto comum, representando na figura por B.

Figura 75 – Geradores ligados em paralelo



Fonte:

Aplicando a lei das correntes de Kirchoff no circuito acima, ou simplesmente lei dos nós, na qual a soma das correntes que entram um nó é igual à soma das correntes que saem do nó, pode-se concluir que a corrente total do circuito, será igual à soma das correntes produzidas por cada um dos geradores.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Considerando, que todos os geradores da associação em paralelo são iguais, chamasse de gerador equivalente, um gerador que fornece para o circuito externo a corrente  $I_t$  e a energia  $E$ , produzida pela associação durante um tempo  $t$ .

Para isso, ele deve ter uma f.e.m. que satisfaça à equação a seguir, na qual  $E$ , representa a energia produzida pela associação, durante um tempo  $t$ .

$$E = P \cdot t$$

Substituindo a potência total por  $P = \varepsilon \cdot I$ , teremos que:

$$E = \varepsilon \cdot I \cdot t$$

A força eletromotriz, gerada pela associação é calculada por  $\varepsilon = n \cdot \varepsilon_n$ , em que  $n$  representa a quantidade de geradores associados, os quais produzem individualmente uma força eletromotriz  $\varepsilon_n$ .

$$E = n \cdot \varepsilon_n \cdot i \cdot t$$

Sendo, a corrente total da associação de geradores, calculada por  $I = n \cdot i$  e a sua energia, dada por  $E = \varepsilon \cdot I \cdot t$ , chegamos ao seguinte resultado.

$$\varepsilon \cdot I \cdot t = \varepsilon_n \cdot n \cdot i \cdot t \Rightarrow \varepsilon = \varepsilon_n$$

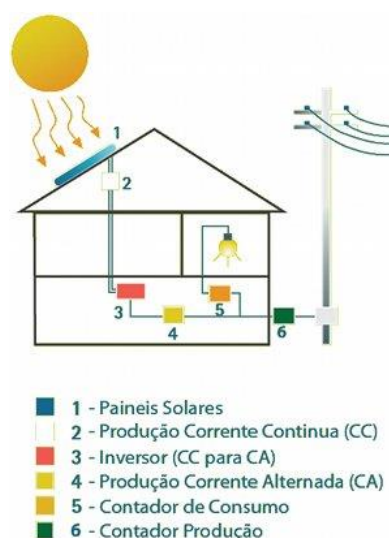
Com este resultado, conclui-se que a força eletromotriz, produzida na associação de geradores em paralelo é igual a f.e.m. produzida por um único gerador e a corrente elétrica total, será igual à soma das correntes produzidas por cada um dos ramos da associação.

Os conjuntos de módulos fotovoltaicos, interligados hierarquicamente, encontram aplicações na microgeração de energia elétrica, nestes sistemas, os painéis solares são instalados nos telhados das residências, produzindo energia elétrica para a iluminação e funcionamento de equipamentos elétricos domiciliares.

O fornecimento da energia elétrica, produzida pelos painéis solares pode ocorrer concomitantemente, com a rede de distribuição de energia de elétrica, não sendo necessário o uso de acumuladores de carga, pois, quando o consumo de energia da residência excede a produção dos módulos, a rede de energia de baixa tensão, complementa as necessidades de fornecimento de energia para residência.

Na figura abaixo, estão ilustrados os elementos necessários para a instalação do sistema de energia solar ligado à rede de energia. Como os painéis solares, produzem uma corrente elétrica contínua (C.C) e a transmissão de energia pela rede elétrica ocorre em corrente alternada (C.A) é necessário à instalação de um inversor.

Figura 76 – Sistema fotovoltaico ligado à rede pública



Fonte: <http://www.metasolar.com.br/>

O inversor de frequência é considerado o cérebro do sistema e tem a função de transformar corrente contínua fornecida pelos painéis solares, em corrente alternada e elevar a tensão, cuja tensão de saída será de 110V ou 220V.

Outros sistemas de produção de energia solar, denominados isolados ou autônomos, são caracterizados por não se conectarem à rede elétrica. Neste caso, o sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia.

A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem sol, de maneira simplificada, estes sistemas isolados são compostos pelos seguintes elementos: painéis solares ou placas solares, controladores de carga, baterias e inversores.

Figura 77 – Sistema fotovoltaico isolado



Fonte: <http://www.solarwaters.pt>

Os sistemas de baterias irão garantir a autonomia do sistema, caso, o consumo de energia da residência seja superior à energia produzida pelos módulos, o restante da energia será fornecido pelo banco de baterias.

O banco de baterias é ligado ao controlador, um componente que gerencia e controla o processo de carga e descarga, sua instalação é realizada entre os módulos fotovoltaicos permitindo que as baterias sejam totalmente carregadas e evitando descargas abaixo do nível seguro.

## **ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CASA SUSTENTÁVEL**

### *MATERIAIS UTILIZADOS*

- ✓ Cola branca

- ✓ Palitos de churrasco
- ✓ Isopor, papelão de alta densidade ou madeira
- ✓ Papelão decorativo
- ✓ Painel solar fotovoltaico produzido no miniprojeto 3
- ✓ Lâmpadas para soquetes de 1,5v ou leds
- ✓ Mini interruptores tipo SPST
- ✓ Mini interruptores tipo SPDT
- ✓ Fios vermelho e preto
- ✓ Alicata de corte e alicata de bico
- ✓ Multímetro

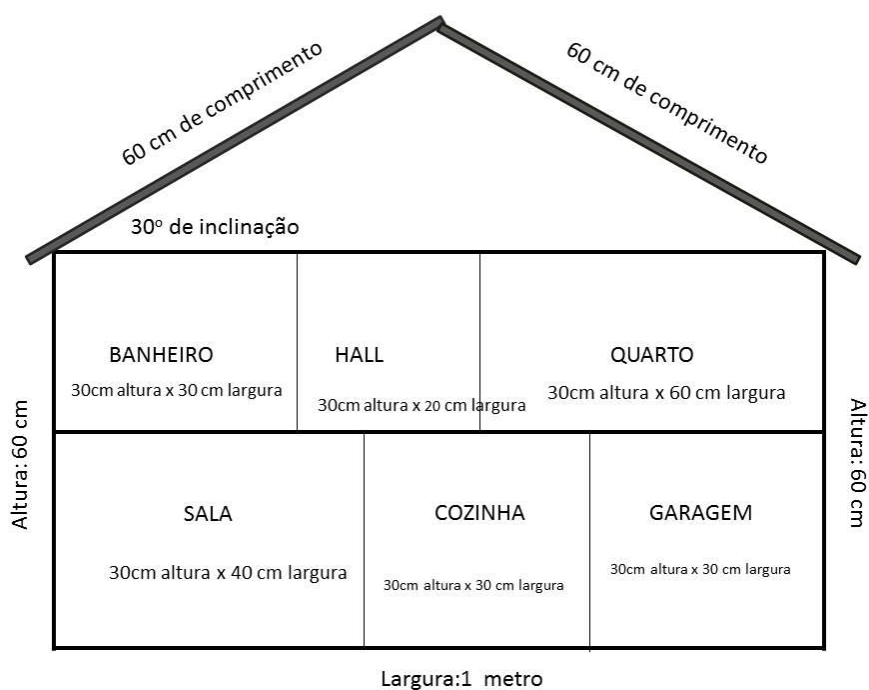
### PROCEDIMENTOS

#### 1º) Construção da maquete

Elaborar o projeto de construção da maquete de uma casa. Sugere-se construí-la em um modelo de primeiro andar, na qual a frente fique aberta, permitindo a visualização de todos os cômodos da casa e das suas respectivas ligações.

Os materiais utilizados na construção do telhado, base e paredes da maquete pode variar bastante, entre os mais utilizados temos o isopor, a madeira e o papelão.

Figura 78 - Projeto da casa



Fonte: Do autor

## 2º) Instalações elétricas:

Nas instalações elétricas, os estudantes tentarão simular na maquete, os elementos necessários para a iluminação da maquete, utilizando pequenas lâmpadas soquetes ou leds.

Primeiro os estudantes utilizarão os fios vermelho e preto para realizar a distribuição da rede de energia para todos os ambientes da maquete, o fio fase é representado pela cor vermelha e o fio neutro é representado pela cor preta.

A brincadeira pode se alargar nas instalações, caso os estudantes pensem em simular o quadro de energia e incluir algumas chaves para realizar os controles das lâmpadas.

Fotografia 6 - Instalação elétrica da maquete



Fonte: Do autor

## 3º) Colocação dos painéis no teto

Os painéis devem ser instalados no telhado da maquete e nele os estudantes podem fazer experiências, usando palitinhos de madeira, na tentativa de simular diferentes ângulos de inclinação em relação ao Sol.

Fotografia 7 - Testes dos painéis com luz artificial



Fonte: Do autor



#### 4º) Paisagismo

No paisagismo podem ser utilizados diferentes elementos que simbolizem a utilização da energia solar. Na oportunidade, os estudantes realizaram montagens com kits de energias renováveis e os móveis foram confeccionados com isopor.

Fotografia 8 – Paisagismo



Fonte: Do autor