

Hermínio Ernesto Machava

**USO SUSTENTÁVEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS – CASO DO APARELHO  
SOLAR TÉRMICO**

Licenciatura em Ensino de Física

Universidade Pedagógica  
Maputo, Dezembro 2010

Hermínio Ernesto Machava

**USO SUSTENTÁVEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS – CASO DO APARELHO  
SOLAR TÉRMICO**

Monografia Científica apresentada ao  
Departamento de Física, Delegação de  
Maputo para obtenção do grau  
académico de Licenciatura em Ensino  
de Física

Supervisor: Prof. Doutor Urânio Stefane Mahanjane

Universidade Pedagógica

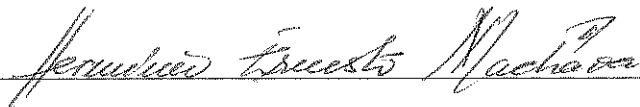
Maputo, Dezembro 2010

### I. Declaração de honra

Declaro que esta monografia científica é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para a obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, aos 20 de Dezembro de 2010



---

(Hermínio Ernesto Machava)

## II. Dedicatória

Dedico a presente pesquisa

*À minha mãe Aurora Filipe Vilanculos*

*À minha namorada Laura Mugabe*

Pelo esforço abnegado em conduzir os destinos da família

*À minha filha Aisha da Aurora*

Que foi nascida durante a minha formação

*À família Machava*

Que tudo fez para o sucesso da minha formação

### III. Agradecimentos

A *Deus*, pela saúde que me proporcionou para vencer os desafios da vida;

A minha mãe "*Aurora Filipe Vilanculos*" pela educação que incansavelmente me deu;

Ao meu orientador *Professor Doutor Urânio Stefane Mahanjane* pela orientação, paciência e que com o seu empenho e conhecimentos tornou-se possível a conclusão deste trabalho;

Aos docentes da UP, Faculdade de Ciências Naturais e Matemática, em especial os de Departamento de Física pela aprendizagem proporcionada durante a minha formação;

A minha namorada *Laura Armando Mugabe*, pela ajuda financeira e incentivo que me proporcionou durante a minha formação;

A minha *família e amigos* que directa ou indirectamente me apoiaram para conclusão do curso.

#### IV. Lista de símbolos

A – Área

AM (sec z) - Espectro de radiação solar na superfície da terra

AMI- Espectro de radiação solar na superfície da terra para uma incidência normal

AMO- Espectro de radiação solar no espaço

$E_0$ - Constante solar radiada para a terra

H- desnível entre o fluido do reservatório e do topo do colector

I - Corrente térmica

P - Potência irradiada

Q - Radiação térmica emitida

T - Temperatura absoluta de um corpo

$\Delta Q$  - Variação de quantidade de calor

$\Delta T$  - Variação de temperatura

$\Delta x$  - Um pequeno segmento de comprimento

$k$  - Condutividade térmica

$\lambda$  - Comprimento de onda

$\sigma$  - Constante de Stefan-Boltzmann

## V. Lista de abreviaturas

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

CPC- Concentradores Parabólicos Compostos

FCNM- Faculdade de Ciências Naturais e Matemática

Fig. - Figura

FMA- Física do Meio Ambiente

GEE- Gases de Efeito de Estufa

GLP- Gás Liquefeito de Petróleo

O.P.E.P- Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PEA- Processo de Ensino e Aprendizagem

UV- Ultra-Violeta

UP- Universidade Pedagógica

**VI. Lista de tabelas****Pág.**

Tabela 01: Distribuição dos estudantes de Física por nível.....	15
Tabela 02: Tipos de cobertura dos colectores solares planos.....	25
Tabela 03: Material de construção do colector solar.....	45
Tabela 04: Primeiro dia de testagem do funcionamento do modelo.....	49
Tabela 05: Segundo dia de testagem do funcionamento do modelo .....	50
Tabela 06: Testagem do funcionamento do modelo na UP Maputo .....	51
Tabela 07: Frequência das respostas dos estudantes de Física - UP Maputo.....	52
Tabela 08: Frequência das respostas dos estudantes de Física - UP Gaza.....	53
Tabela 09: Percentagens das respostas dos estudantes de Física - UP Maputo.....	53
Tabela 10: Percentagens das respostas dos estudantes de Física - UP Gaza.....	54



**VII. Lista de figuras****Pág.**

Figura 01: Sol – base da vida na terra.....	18
Figura 02: Distribuição espectral da radiação solar da atmosfera terrestre.....	19
Figura 03: Distribuição espectral da radiação solar comparada com a distribuição.....	19
Figura 04: Ilustração de espectro de radiação solar com várias designações.....	21
Figura 05: Radiação solar global e suas componentes.....	22
Figura 06: Cubo de energia.....	23
Figura 07: Colector solar plano.....	24
Figura 08: Colector concentrador.....	27
Figura 09: Colector concentrador parabólico.....	28
Figura 10: Colector solar de tubos de vácuo .....	29
Figura 11: Representação esquemática de um sistema solar térmico .....	32
Figura 12: Esquema da circulação em termossifão .....	37
Figura 13: Esquema da circulação forçada .....	38
Figura 14: Esquema do sistema em termossifão montado.....	43
Figura 15: Colector solar térmico de placa plana.....	44
Figura 16: Reservatório de água.....	46
Figura 17: Sistema de circulação natural .....	47

**VIII. Lista de gráficos****Pág.**

Gráfico 01: Resultados da questão 04 do questionário – UP Maputo..... 55

Gráfico 02: Resultados da questão 04 do questionário – UP Gaza ..... 55

**IX. Lista de anexos****Pág.**

Anexo I: Ficha de apoio para a aula de simulação.....	61
Anexo II: Questionário para avaliar o modelo no PEA de Física.....	61

## X. Resumo

A energia tem sido através da história a base do desenvolvimento das civilizações. Sendo assim, chegou a hora de ingressarmos na era das fontes alternativas de energia devido a vários factores, como por exemplo, aquecimento global, a degradação do ecossistema e mais, por causa do uso das fontes não renováveis.

O presente trabalho apresenta um estudo sobre o uso sustentável das energias renováveis – caso do aparelho solar térmico, com objectivo geral de construir um colector solar térmico de placa plana como meio alternativo energético para as comunidades no seio doméstico. Este aparelho solar térmico será usado nas experiências de demonstração da conversão da energia solar em térmica e nos processos de transmissão de calor ao longo do processo de ensino e aprendizagem de Física. A principal questão deste trabalho é: É possível construir um colector solar térmico de placa plana para o aquecimento de água com base no material disponível localmente? Para a efectivação do mesmo baseou-se no método qualitativo auxiliado pelo método quantitativo, com recurso às seguintes técnicas: a revisão bibliográfica, experiência laboratorial, aula de simulação e o questionário. O resultado mais relevante é o colector solar térmico construído, que foi testado na UP, delegações de Gaza e Maputo no departamento de Física numa amostra de 20 estudantes para cada delegação. Este aparelho aquece água de 24°C até 58°C durante um intervalo de 3h de tempo num dia de céu limpo.

**Palavras-chaves:** Energia Solar; Colector Solar Térmico; e Sistema Solar Térmico

<b>Índice</b>	<b>Pág</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>3</b>
1.1. Definição do Problema .....	5
1.2. Justificativa .....	7
1.3. Objectivos .....	9
1.3.1. Objectivo Geral .....	9
1.3.2. Objectivos Específicos .....	9
1.4. Questões de Pesquisa .....	9
1.5. Hipóteses .....	10
1.6. Metodologia da Pesquisa .....	11
1.7. Instrumentos de recolha e análise de dados .....	14
1.8. Delimitação de Pesquisa .....	14
1.9. População Alvo e Amostra .....	15
1.10. Limitações de Pesquisa .....	16
 <b>2. Fundamentação Teórica .....</b>	 <b>17</b>
2.1. Radiação Solar .....	17
2.1.1. Energia solar .....	17
2.1.2. Os limites dos recursos energéticos .....	22
2.1.3. Mudanças climáticas e as suas consequências .....	23
2.2. Colector solar térmico .....	24
2.2.1. Colectores solares Planos .....	24
2.2.2. Colectores concentradores .....	27
2.2.3. Colectores concentradores parabólicos compostos .....	28
2.2.4. Colectores solares de tubo de vácuo .....	29

	2
2.3. Reservatórios térmicos.....	30
2.4. Sistema solar térmico.....	31
2.4.1. Princípio de funcionamento de sistema solar térmico.....	32
2.4.2. Dimensionamento dos Sistemas.....	34
2.5. Tipos de sistemas de aquecimento térmico .....	36
2.5.1. Circulação por termossifão .....	36
2.5.2. Circulação Forçada.....	37
2.6. Durabilidade de um sistema solar térmico.....	39
2.7. Conceito de educação sob ponto de vista construtivista.....	40
2.8. Processo de Ensino e Aprendizagem usando modelos .....	40
<b>3. Apresentação e Discussão dos Resultados .....</b>	<b>43</b>
3.1. Resultados da Revisão Bibliográfica.....	43
3.2. Resultados da experiência laboratorial .....	43
3.3. Resultados da aula de simulação .....	48
3.4. Resultados do questionário .....	52
<b>4. Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>56</b>
4.1. Conclusões.....	56
4.2. Recomendações .....	57
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>62</b>

## 1. Introdução

As fontes não renováveis de energia, tais como, petróleo, carvão e gás natural constituem ainda a base importante para o desenvolvimento das sociedades em todo o mundo. O uso dessas fontes trás consequências desagradáveis ao ambiente bem como a saúde humana. Sendo assim, há uma necessidade de adoptar fontes alternativas de energia renovável. Estas garantem o ecossistema e a nossa saúde.

Neste âmbito estão sendo desenvolvidos grandes esforços em muitos países na investigação de fontes deste tipo, tais como: a energia hídrica; a energia eólica e a energia solar.

O presente trabalho de pesquisa, cujo tema é “Uso sustentável das energias renováveis – caso do aparelho solar térmico”, consistiu na construção de um colector solar térmico de placa plana laboratorial. Este será integrado no laboratório de Física na Faculdade de Ciências Naturais e Matemática (FCNM), delegações de Gaza e Maputo, para ser usado nas experiências de demonstração da conversão de energia solar em energia térmica, ao longo de PEA de energias renováveis bem como nas formas de transmissão de calor. Pois, segundo VALADARES & PEREIRA (1991, p. 51), o uso de modelos no ensino faz a transposição para a prática educativa das diversas teorias de aprendizagem.

Há que atribuir a máxima importância aos conceitos alternativos do estudante, colocando-o em situação que lhe possibilite o conflito entre a sua ciência e a nova ciência que se pretende aprender. Os novos conhecimentos vão sendo construídos pelo estudante, como consequência de novas experiências de aprendizagem (THOMAS, 1989, citado por VALADARES & PEREIRA, 1991, p. 159).

Para a efectivação desta pesquisa, foi usado o método qualitativo auxiliado pelo método quantitativo com recurso as seguintes técnicas: a revisão bibliográfica; a experiência laboratorial, a aula de simulação e o questionário, que o autor descreve mais adiante. Entretanto, para a recolha e análise de dados foram usados os seguintes instrumentos: máquina digital; computador; Microsoft Word; Microsoft Excel; termómetro; relógio; e o modelo construído.

O desenvolvimento desta pesquisa sublinha a procura de alternativa que possa incentivar o uso da tecnologia de colectores solares térmicos, para o aquecimento de água no seio das comunidades urbanas e rurais.

Neste trabalho, faz-se a análise de diversos tipos de colectores solares térmicos existentes, apresentando-se as principais características. Também, verifica-se as vantagens e desvantagens de cada sistema de circulação de água. Assim, são analisados aspectos como técnicas de construção de colector e montagem de sistemas de aquecimento, com vista, a identificar vantagens e desvantagens da instalação de cada sistema, para vários fins<sup>1</sup>.

Segundo COLDEBELLA (2006, p. 14) “algumas fontes renováveis de energia já estão sendo utilizadas, porém existem ainda fontes de energia pouco exploradas, tais como: a energia solar, a energia eólica e a biomassa”. A energia solar, pode ser facilmente convertida em calor que pode fornecer uma parte significativa do uso doméstico, no que diz respeito ao aquecimento de água e do ambiente.

O sistema de aquecimento de água a partir de energia solar, que é descrito no segundo capítulo é basicamente constituído por um colector solar térmico, um armazenamento térmico e tubos de conduta de água.

Este trabalho de pesquisa é constituído por cinco capítulos estruturados da seguinte maneira:

No primeiro capítulo: Introdução; o problema de pesquisa; a justificativa; os objectivos; as questões de pesquisa; as hipóteses; a metodologia de pesquisa; os instrumentos de recolha e análise de dados; a delimitação de pesquisa; a população alvo e amostra e por fim as limitações de pesquisa.

No segundo capítulo, aborda-se a fundamentação teórica, traçando-se o quadro teórico da pesquisa, com o desenvolvimento dos conceitos que fundamentam o estudo. Esta fundamentação teórica foi feita com base na revisão bibliográfica e consultas na internet.

No terceiro capítulo interpreta-se os resultados obtidos confrontando-os com a teoria. O quarto capítulo está concentrado na apresentação das conclusões e recomendações de acordo com os resultados alcançados. E no quinto capítulo estão apresentadas as referências bibliográficas, os anexos e os apêndices, que ajudaram o autor para a efectivação deste trabalho de pesquisa.

---

<sup>1</sup> A água quente é usada para banho, cozinha e lavanderia.



### 1.1. Definição do Problema

O interesse pela investigação e desenvolvimento de energia solar, sob ponto de vista de aquecimento de água no sector doméstico, vem-se desenvolvendo a longa data (McVEIGH, 1977, p. 20), e nestes últimos anos é em maior escala.

Portanto, o aquecimento de água com base no colector solar térmico é praticado ultimamente em muitos países do mundo<sup>2</sup>.

Nas comunidades rurais tanto como urbanas ainda há predominância do uso dos combustíveis fósseis para aquecimento de água. A floresta é destruída no nosso país, para a produção do carvão vegetal, mas por sua vez é um recurso natural que deve ser preservado. O carvão vegetal continua a ser a fonte comum para o aquecimento de água nas zonas urbanas. No entanto, o desflorestamento para a queima do carvão agrava a seca, provoca a perda do solo através da erosão, e coloca em perigo a flora e a fauna do ecossistema. O petróleo como combustível de fogões também aumenta a poluição do ambiente.

A compra de gás de cozinha GLP (gás liquefeito de petróleo) e o uso de energia eléctrica, também representam um custo significativo no orçamento familiar no seio das comunidades.

O uso de combustíveis fósseis, para além de provocar danos à saúde humana, polui o ambiente. A poluição do ar, do solo, das águas do mar, dos rios e subterrâneas, durante o processo da extracção de matéria-prima, têm como consequências as infecções pulmonares e a emissão de gases de efeito de estufa (GEE) para a atmosfera.

A emissão dos GEE contribui para o aquecimento global, embora não seja emitido em grande escala em Moçambique, mas os seus efeitos são devastadores.

No cenário mundial, os países de OPEP<sup>3</sup>, pretendem reduzir a produção de petróleo e aumentarem os preços, para que as nações consumidoras evitem desperdícios e limitem os

---

<sup>2</sup> Alemanha, Grécia, China, Brasil, Portugal, Áustria, Islândia, Holanda, Canada, Bélgica, Suíça, Suécia, Espanha, Reino Unido, França, Dinamarca, Itália, Noruega.

<sup>3</sup> O.P.E.P: Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Arábia Saudita, Irão, Iraque, Kuwait, Venezuela, Qatar, Indonésia, Líbia, Emiratos Árabes, Nigéria, Argélia, Equador e Gabão).

consumos para não esgotarem os poços num futuro muito próximo. Este é mais um problema que afecta a maioria da população das comunidades urbanas. De acordo com CRUZ et al (1993, p. 243) “em 1974, previa-se o ano 2100 para o esgotamento das reservas de petróleo”.

A comunidade científica tem discutido a mudança do modelo energético, de modelo fóssil e nuclear para um sistema que inclui as energias renováveis<sup>4</sup>, pois o modelo energético balizado na interacção entre o crescimento e desenvolvimento insustentável promove mudanças climáticas e o aquecimento global.

O debate internacional está arrolado pela necessidade de práticas sustentáveis de aproveitamento dos recursos da natureza e de medidas para conter as mudanças climáticas globais.

Por outro lado, durante a formação, o autor constatou que há falta de experiências demonstrativas na cadeira de Física de Meio Ambiente (FMA), ao longo do PEA do capítulo “tipos de energias e transformações que podem ocorrer de uma forma para a outra” (energia solar para energia térmica) na UP.

Além disso, um dos problemas que afecta o ensino em Moçambique é a falta dos laboratórios nas escolas secundárias, técnicas e no ensino superior. Se é que existem em algumas escolas do país não estão devidamente organizados, equipados e correctamente utilizados. Essa falta de experiências demonstrativas dificulta a ligação da teoria e a prática, desenvolvendo a incapacidade de identificar certos fenómenos físicos que enfrentamos no quotidiano.

Por isso, a falta do relacionamento dos conhecimentos teóricos e práticos no PEA constitui uma das razões principais para que os estudantes apresentem deficiências profundas ao saírem das escolas.

Em suma, o principal problema deste trabalho é o uso excessivo de fontes nocivas para a saúde humana e o ambiente durante o aquecimento de água nas zonas rurais e urbanas em Moçambique.

---

<sup>4</sup> Renováveis: Obtidas da natureza que nos rodeia, tais como, sol e o vento.

## 1.2. Justificativa

A energia solar é abundante, permanente, renovável, não polui e nem prejudica o ecossistema. Desta maneira reduz o aquecimento global e o efeito de estufa no planeta.

O objecto de estudo desta pesquisa é a construção de um colector solar térmico de placa plana para o aquecimento de água a partir de fonte alternativa (energia solar). A energia é fundamental para o aquecimento de água, esta importância faz com que se busquem eficiências energéticas alternativas. Sendo assim, exige-se mudança de hábitos para evitar o esgotamento dos recursos utilizados para o aquecimento de água e impactos no ambiente.

A motivação para a realização deste trabalho, está na confiança de que a utilização de fontes renováveis (energia solar) em conexão com o aparelho solar térmico, contribua para a melhoria da vida das comunidades. O sistema assim construído pode proporcionar ao utilizador vários benefícios, tais como: diminuir o consumo familiar da energia eléctrica; poupar o dinheiro das famílias; conservar o ambiente e a saúde humana.

O interesse que a utilização das energias alternativas provocou nestes últimos anos, deve-se principalmente à consciencialização da escassez dos recursos fósseis (como o petróleo) e da necessidade de redução das emissões de gases nocivos para a atmosfera, os GEE (gases de efeito de estufa).

Além disso, o sol tem dado energia à terra durante milhões de anos, pois para além das suas características não poluentes, a quantidade de energia disponível para conversão é equivalente a várias vezes ao actual consumo energético mundial segundo McVEIGH (1977, p. 9).

Por um lado, o desenvolvimento de tecnologia de colectores solares térmicos permite o aproveitamento de energia solar disponível no mundo. Moçambique possui um elevado potencial de energia solar, em média é de  $5.2\text{kW/m}^2/\text{dia}$  de radiação solar, este potencial assegura qualquer aplicação de sistemas solares ([http://www.me.gov.mz/prt/index.php?option=comcontent&task=view & id=82&Itemid=57](http://www.me.gov.mz/prt/index.php?option=comcontent&task=view&id=82&Itemid=57), 15 de Abril de 2010).

Por outro lado, a motivação desta pesquisa surge da necessidade de disseminar informações sobre tecnologia de colectores solares térmicos no nosso país bem como identificar,

organizar e expor estas informações. Assim sendo, contribui no PEA, no curso de Licenciatura em Física, na cadeira de FMA para a demonstração da conversão de energia solar em térmica.

Neste sentido, minimiza a falta de experiências de demonstração no PEA de Física a nível secundário bem como universitário. Sendo a Educação um sector importantíssimo para o desenvolvimento de qualquer área e das tecnologias, proporciona aos estudantes uma aprendizagem motivante, disseminando o uso sustentável das energias renováveis no seio das comunidades.

A radiação solar, devido a sua maior disponibilidade e a necessidade de uso de água quente, desperta interesse para esta pesquisa com objectivo de produzir um colector solar térmico, como o autor disse anteriormente.

Além disso, protege o ambiente das poluições tal como melhora a qualidade de vida das comunidades, através dos benefícios obtidos a partir do uso dessa tecnologia, como já disse anteriormente.

Evidentemente, o custo de instalação de um sistema convencional de gás ou electricidade para aquecer água é bastante baixo em relação à instalação de um colector solar térmico para o mesmo fim. Mas em compensação os impactos ambientais e sociais aproximam-se a zero, e o aquecimento de água é a custo zero, sob ponto de vista do tempo médio de vida do próprio sistema.

No conjunto dos problemas acima citados, a energia solar aparece como uma fonte segura. No entanto, o aproveitamento desta energia para aquecimento de água é extremamente adequado para qualquer zona (rural ou urbana).

### **1.3. Objectivos**

Para a efectivação de estudo desta pesquisa, o autor definiu os objectivos geral e específicos.

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

O objectivo geral é fazer um estudo sobre a construção e o uso sustentável de um colector solar térmico de placa plana para o aquecimento de água, como alternativa energética para as comunidades no seio doméstico.

#### **1.3.2. Objectivos Específicos**

Os objectivos específicos deste trabalho são:

- ✱ Dimensionar um colector solar térmico de placa plana;
- ✱ Construir um colector solar térmico de placa plana;
- ✱ Montar um sistema de aquecimento de água á circulação natural e testar o seu funcionamento;
- ✱ Optimizar o sistema de aquecimento de água a circulação natural;
- ✱ Testar o sistema no Processo de Ensino e Aprendizagem de Física na UP Gaza e Maputo; e
- ✱ Desenhar estratégias de enquadramento do sistema no PEA de Física em Moçambique.

### **1.4. Questões de Pesquisa**

Identificado o problema de pesquisa, tornou-se imperioso colocar algumas questões que iluminaram o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa e conseqüentemente o alcance dos resultados. Assim, o presente trabalho de pesquisa propõe responder as seguintes questões:

- ❖ É possível construir um colector solar térmico de placa plana para o aquecimento de água com base no material disponível localmente?
- ❖ Pode-se aquecer água usando a circulação natural entre o colector solar térmico de placa plana e o reservatório térmico?
- ❖ Como demonstrar a conversão de energia solar para a energia térmica durante o PEA de Física no capítulo das energias renováveis usando um colector solar térmico de placa plana?

### **1.5. Hipóteses**

Qualquer investigação pressupõe o levantamento de hipóteses, para que a pesquisa apresente resultados úteis. Encontramos no autor OLIVEIRA (1997, p. 26), que hipótese de um trabalho científico é a suposição que se faz, na tentativa de explicar o que se desconhece e o que se pretende demonstrar, testando variáveis que poderão ou não legitimar o que se quer explicar ou descobrir. Assim, têm-se:

#### **a) Hipótese Básica**

É possível construir um colector solar térmico laboratorial de placa plana usando material local. Este colector permite promover o uso para o aquecimento de água nas zonas rurais e urbanas e assim como para o PEA de Física.

#### **b) Hipóteses Secundárias**

Tendo reflectido sobre os factos acima apresentados, o autor propõe as seguintes hipóteses secundárias:

- É possível construir um colector solar térmico de placa plana usando material local e de baixo custo;
- O sistema à circulação natural, não funciona quando o reservatório fica a uma posição inferior à extremidade superior do colector solar térmico, mas caso contrário funciona tendo uma separação de 30cm no mínimo;

- O sistema demonstra no PEA de Física, na cadeira FMA que a energia solar converte-se em energia térmica.

### **1.6. Metodologia de Pesquisa**

De acordo com LAKATOS (1991), a metodologia é o caminho a ser usado pelo pesquisador para ter mais segurança no processo decisório. Basicamente, ele deve ser usado para que se atinja o resultado desejado. O emprego dela evita perda de tempo e permite o foco nos factos relevantes ao que se pesquisa.

A realização deste trabalho de pesquisa teve como base o método qualitativo auxiliado pelo método quantitativo. O método qualitativo não emprega um instrumento estatístico como base do processo de análise, mas descreve a complexidade de determinado problema possibilitando o entendimento das particularidades do comportamento dos indivíduos. Dessa forma contribui adequadamente para entender a natureza de um problema (OLIVEIRA, 1999, p. 39).

Para este trabalho de pesquisa o método qualitativo facilitou a apresentação minuciosa dos factos e fenómenos observados durante a pesquisa. O método quantitativo forneceu as percentagens das respostas do questionário que são apresentadas no terceiro capítulo sobre a conversão de energia solar em térmica.

As técnicas de pesquisa são aquelas que auxiliam uma investigação, entretanto para a realização desta pesquisa foram utilizadas as seguintes técnicas:

#### **a) Revisão bibliográfica**

É uma abordagem metodológica mais frequente dos estudos monográficos. Esta é aquela que procura explicar e discutir um tema ou um problema com base nas referências teóricas publicadas em livros, revistas e na internet (MARTINZ e LENTZ, 2000, p. 29).

O pesquisador baseou-se nesta técnica com vista a conhecer e analisar contribuições científicas sobre o tema em estudo, a planificar e delimitar o presente trabalho de pesquisa, para a

análise e interpretação dos resultados. Com base nestas consultas foram colhidos textos que melhor elucidam o tema e que forneceram bases para a execução desta pesquisa.

### **b) Experiência Laboratorial**

A experiência é um procedimento no qual através de uma acção consciente e sistemática sobre processos da realidade objectiva e através de uma análise teórica das condições em que esses processos tomam lugar, assim como dos resultados dessa acção, se pode ganhar novos conhecimentos (MAVANGA, Gil; 2007, p. 14-15). A experiência constituiu método básico do reconhecimento e das transformações da realidade objectiva. Sendo assim, foi construído um colector solar térmico de placa plana e testado através da montagem de um sistema de aquecimento de água á circulação natural, apresentado no capítulo III.

O autor usou a experiência no âmbito das teorias do reconhecimento, para a ligação da teoria e a prática, que segundo MAVANGA (2007, p. 16) é aplicação na prática de conhecimentos já adquiridos.

O autor construiu um colector solar térmico de placa plana e montou um sistema de aquecimento de água. Ainda que, este sistema foi exposto ao sol para o processo de aquecimento de água, com vista os estudantes medirem a temperatura de água durante 60 minutos.

### **c) Aula de simulação**

A aula de simulação é uma técnica de ensino que se fundamenta em princípios do ensino baseado em tarefas e se utiliza na reprodução parcial ou total destas tarefas em um modelo artificial, conceituado como simulador. Sua aplicação é relacionada, em geral, às actividades práticas, que envolvem habilidades manuais ou decisões ([http://www.google.co.mz/search?hl=pt-PT&q=conceito+de+aula+de+simulacao&cts=1276696983550&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs\\_rfai](http://www.google.co.mz/search?hl=pt-PT&q=conceito+de+aula+de+simulacao&cts=1276696983550&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai) ⇒). A aula de simulação baseou-se nas práticas de laboratório que são uma forma especial de experiência individual do estudante com um nível de autonomia mais elevado. Os estudantes realizaram a mesma experiência com os mesmos meios e com o mesmo objectivo. A aula de simulação foi feita em dois dias e estruturada da seguinte maneira:

1ª Fase: O primeiro dia serviu para informar os estudantes sobre o objectivo da presença do autor e distribuir a ficha de apoio (**Anexo I**) que melhor elucidada as tarefas a serem



desenvolvidas nas fases subsequentes. Os estudantes levaram consigo a ficha de apoio para casa, de modo a se prepararem melhor e trazerem no dia seguinte.

2ª Fase: No segundo dia, o autor fez a revisão da ficha de apoio juntamente com os estudantes, abrindo um espaço para esclarecer as dúvidas caso tenham encontrado durante a leitura. O sistema foi exposto ao sol de forma a receber a radiação solar durante 60min, conforme o autor disse anteriormente. Mas, antes mediram a temperatura inicial de água contida no reservatório com vista a testar o funcionamento do sistema, demonstrando dessa maneira a conversão de energia solar em térmica.

3ª Fase: Os estudantes mediram a temperatura de modo a preencher a tabela e esboçar um gráfico de temperatura em função do tempo, este gráfico ajudou os estudantes a tirarem conclusões sobre o funcionamento do sistema (**Anexo I**).

Com esta aula, usando o modelo proporcionou-se aos estudantes um desenvolvimento de competências no domínio afectivo, para o uso do sistema solar no aquecimento de água em suas residências.

#### **d) Questionário**

A técnica de questionário é um conjunto ordenado e consistente de perguntas a respeito das variáveis e situações, que se deseja medir ou descrever (MARTINS e LINTZ; 2000, p. 50).

O questionário (**Anexo II**) serviu para avaliar o uso do modelo e traçar estratégias de enquadramento no PEA de Física em Moçambique, onde os estudantes identificaram os processos de transferência de calor durante o processo de aquecimento de água no modelo que foi testado na aula de simulação (**Anexo I**).

Neste caso, foi usado um questionário anónimo, isto é, sem indicação do nome do estudante de modo que o mesmo se sinta com maior liberdade de expressar as suas respostas. O questionário é constituído por três questões fechadas, e uma aberta. Na elaboração de questões fechadas, as alternativas de respostas fixas são pré-estabelecidas incluindo todas as possibilidades, onde o estudante optou pela alternativa que mais lhe convém. As perguntas fechadas são do tipo múltipla escolha.

### **1.7. Instrumentos de recolha e análise de dados**

Para a concretização deste trabalho de pesquisa, foi necessário o uso dos seguintes instrumentos de recolha e análise de dados: Um sistema de aquecimento de água à circulação natural; um computador de mão; máquina fotográfica; 4 termómetros; Microsoft Word e Excel e o relógio.

### **1.8. Delimitação de Pesquisa**

Delimitação de pesquisa refere-se às fronteiras que o autor coloca em seu estudo, referentes aos pontos que serão abordados, período de tempo do objecto de investigação e de local onde o estudo ocorrerá. Assim, têm-se:

#### **a) Delimitação contextual**

É um enunciado que delimita um conceito na sua exacta extensão e compreensão de modo unívoco, um dado contexto inteligível para dado conhecimento e de modo eficaz para determinada função (<http://metodologiadapesquisa.blogspot.com/2008/10/delimitao-dotema.html>).

Neste sentido, o presente trabalho de pesquisa enquadra-se na área da Física Aplicada, no âmbito de uso sustentável das energias renováveis (energia solar) – caso do aparelho solar térmico, para o aquecimento de água. Também, enquadra-se no contexto educacional, no âmbito das teorias de reconhecimento na ligação da teoria e a prática no PEA do capítulo “energias renováveis”. No entanto, contribui para a melhoria da qualidade do ensino, de vida das comunidades e do ambiente, através de benefícios que poderão ser colhidos, como foi dito anteriormente.

#### **b) Delimitação temporal**

A delimitação temporal é o período em que o fenómeno a ser estudado será circunscrito (GIL, 2004, p. 162). O presente trabalho de pesquisa foi feito durante o segundo semestre, isto é, no período compreendido entre Julho a Novembro de 2010. Este período é uma escolha por conveniência, pois é o período lectivo com facilidade de encontrar os estudantes para leccionar a aula de simulação sobre o princípio de funcionamento do sistema, com vista a demonstrar a

conversão de energia solar para a térmica. Os estudantes em causa têm o domínio da matéria, dado que é matéria já estudada.

### c) Delimitação espacial

A delimitação espacial é pôr limites do local onde o fenómeno em estudo ocorre. Portanto, a pesquisa foi no Campus de Lhanguene da UP, na Faculdade de Ciências Naturais e Matemática (FCNM) no Departamento de Física – Maputo, localizada entre as avenidas de Moçambique e do Trabalho. Também na UP Gaza que se localiza na localidade de Chongoene – Venhene a 800m da avenida de Moçambique. O modelo construído é para ser integrado nos laboratórios de Física para o uso nas experiências de demonstração da conversão de energia solar em térmica e nos processos de transmissão de calor, com a finalidade de aquecer a água. A escolha destes deve-se aos problemas que o autor viveu durante a formação.

## 1.9. População Alvo e Amostra

Este trabalho de pesquisa tem como população alvo, estudantes do Departamento de Física, da FCNM, Delegações de Gaza e Maputo. O Departamento de Física-Maputo é constituído por 184 estudantes segundo o chefe da secretaria (Sr. Jossias Manuel Miguel), enquanto que o Departamento de Física - Gaza é constituído por 207 estudantes segundo o docente do Departamento (dr. Leonardo Nhampule) no presente ano lectivo (2010). A tabela abaixo visualiza estes contingentes.

### Número de estudantes de Física por cada nível

Nível	Número de estudantes do curso de Física	
	UP - Maputo	UP - Gaza
1º Ano	45	45
2º Ano	33	65
3º Ano	38	60
4º Ano	68	37

**Tabela 01:** Distribuição dos estudantes de Física por nível

A pesquisa teve como amostra 20 estudantes do 4º ano de Física dos Departamentos de Física - Maputo e 18 estudantes do 4º ano de Física - Gaza. A aula de simulação foi leccionada nos grupos de amostra acima referidos para explicar o princípio de funcionamento do sistema e testar o funcionamento do mesmo. Trata-se de uma amostra por conveniência, pois é neste nível que se aborda o capítulo das energias renováveis, na cadeira de Física do meio ambiente no sétimo semestre.

#### **1.10. Limitações de Pesquisa**

Para a disseminação do uso da tecnologia solar térmica mais abrangente, a pesquisa deveria ter-se alargado a mais instituições de ensino superior, técnicos médios e ensino secundário geral, envolvendo maior número de estudantes. Entretanto devido aos recursos financeiros, o autor iniciou o trabalho de pesquisa nos finais do ano lectivo o que lhe impossibilitou a disseminação da tecnologia solar, sobretudo na UP Gaza.

Outra dificuldade encarada foi a falta da literatura publicada e reconhecida sobre a tecnologia de colector solar térmico no nosso País. Entretanto, a maior parte da teoria foi retirada da internet.

Apesar das limitações mencionadas, os resultados alcançados constituem uma base de menção em pesquisas similares, encorajam para disseminação desta tecnologia e do uso de método do modelo no PEA. Desta maneira, contribui para a melhoria da qualidade de ensino no nosso país.

## 2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo faz-se uma abordagem exaustiva do tema "uso sustentável das energias renováveis - caso aparelho solar térmico", começando por definir os conceitos básicos de pesquisa para melhor compreensão do tema.

### 2.1. Radiação Solar

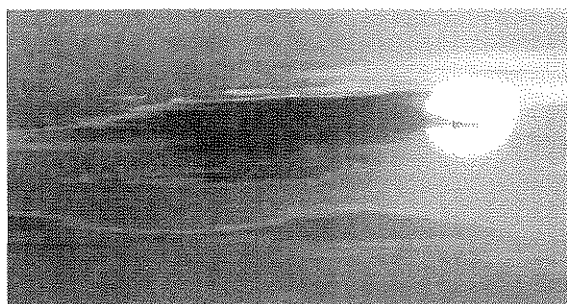
#### 2.1.1. Energia solar

A maior fonte de energia disponível na terra provém do sol. A energia solar é indispensável para a existência da vida na terra, sendo ponto de partida para a realização dos processos químicos e biológicos. Por outro lado a energia proveniente do sol não é poluente, podendo ser utilizada de diversas formas.

No centro do sol ocorre um processo de fusão nuclear, no qual dois núcleos de hidrogénio se fundem com um de hélio, radiando para o espaço uma grande quantidade de energia. A energia proveniente desta fusão é radiada para o espaço em forma de ondas electromagnéticas que se propaga entre os 30m da onda curta (ondas da rádio) até 1ºAngstron de raio X. Tendo em conta que o sol se encontra a 143 milhões de quilómetros da terra, apenas uma pequena fracção de energia que é radiada está disponível. No entanto, a energia fornecida pelo sol durante um quarto de hora é superior à energia utilizada a nível mundial durante um ano ([WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de), 2004, p. 11).

Contudo, a maior parte de energia solar está na região do visível e perto da região do infravermelho e restante na parte do infravermelho próximo, como radiação ultravioleta. A radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre  $1,5 \times 10^{18}$  Kwh de energia, a qual é a principal da vida na terra e é principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do Planeta, como o autor disse anteriormente.

Os astrofísicos consideram que o sol tem aproximadamente 5 bilhões de anos. Com uma expectativa de existência de 10 bilhões de anos o sol pode ser considerado como fonte de energia para os próximos 5 bilhões de anos. Assim, de uma perspectiva humana o sol apresenta uma disponibilidade ilimitada.



**Figura 01:** Sol – base para a vida na terra. (Fonte: [WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de))

A energia irradiada pelo sol, para a atmosfera terrestre é praticamente constante. Esta energia irradiada ou intensidade de radiação é descrita como a constante solar relativa a uma área de  $1 \text{ m}^2$ . Esta constante está sujeita a pequenas alterações provocadas pela variação da actividade solar e com a excentricidade da órbita da terra. Estas variações, que se detectam para a gama dos raios UV são menores que 5%, e não são significativas para as aplicações de tecnologia solar. O valor médio da constante solar é  $E_0 = 1.367 \text{ W/m}^2$  ([WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de), 2004, p. 11).

Entretanto, o sol é um gigantesco reactor termonuclear que emite energia, aproximadamente como um corpo negro a uma temperatura de  $6000^\circ\text{K}$  (McVEIGH, 1997, p. 25). A figura 02 mostra o espectro solar da atmosfera e a figura 03 compara o espectro solar às várias curvas do corpo negro, que são visualizadas na página seguinte.

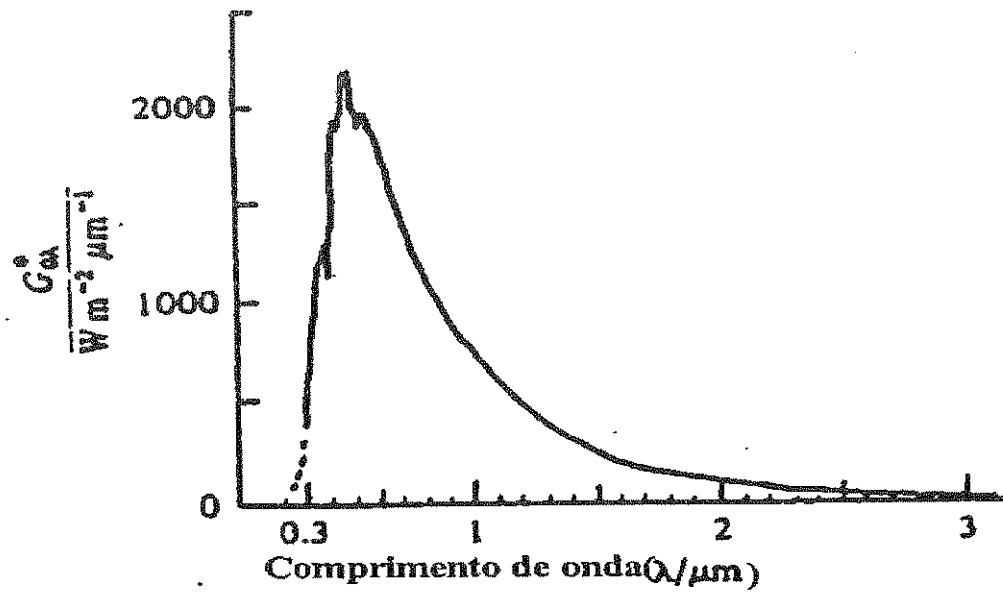


Figura 02: Distribuição espectral da radiação solar da atmosfera terrestre.

(Fonte: TWIDE citado por MUTIVUIE 1998, p. 11)

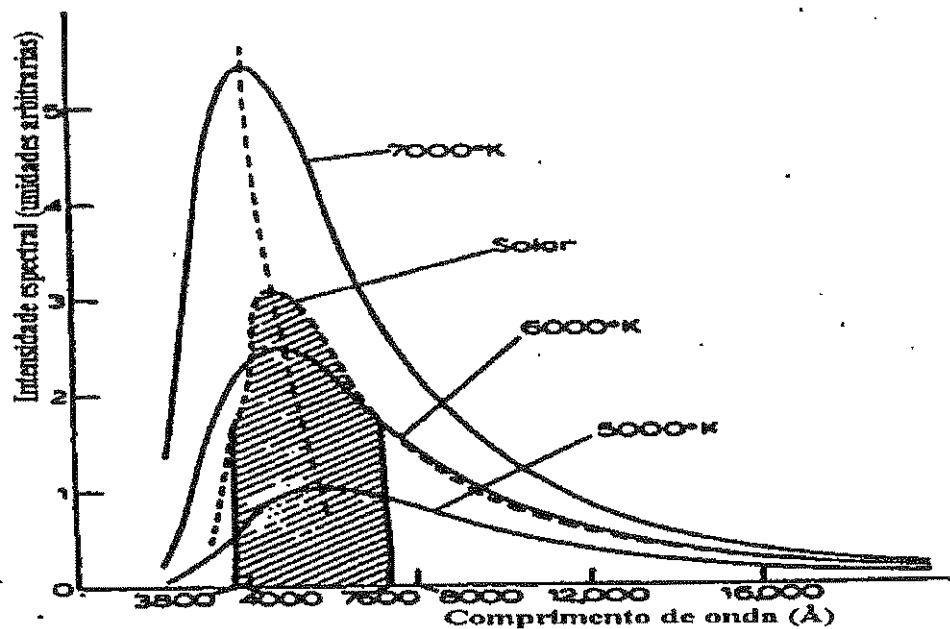


Figura 03: Distribuição espectral da radiação solar comparada com a distribuição do corpo negro correspondentes às diferentes temperaturas. (Fonte: TWIDEL citado por MUTIVUIE 1998, p. 11).

No espaço externo, 98% de energia total radiada pelo sol está entre 0,25 e 3,0 $\mu\text{m}$ . A constante é definida como sendo a radiação média recebida por uma superfície unitária em um segundo, sendo esta superfície colocada perpendicularmente à direcção de incidência da radiação solar. No espaço livre (vácuo) a meia distância entre o sol e a terra, o valor médio é de 1.353kwm<sup>-2</sup>. No entanto a radiação real no espaço livre difere deste valor  $\pm 3,35\%$ , devido às variações sol - terra durante o ano.

Existem também flutuações na radiação emitida pelo sol que estão na ordem de 1,5%. O espectro solar fora da atmosfera terrestre pode ser subdividido em três importantes regiões que são:

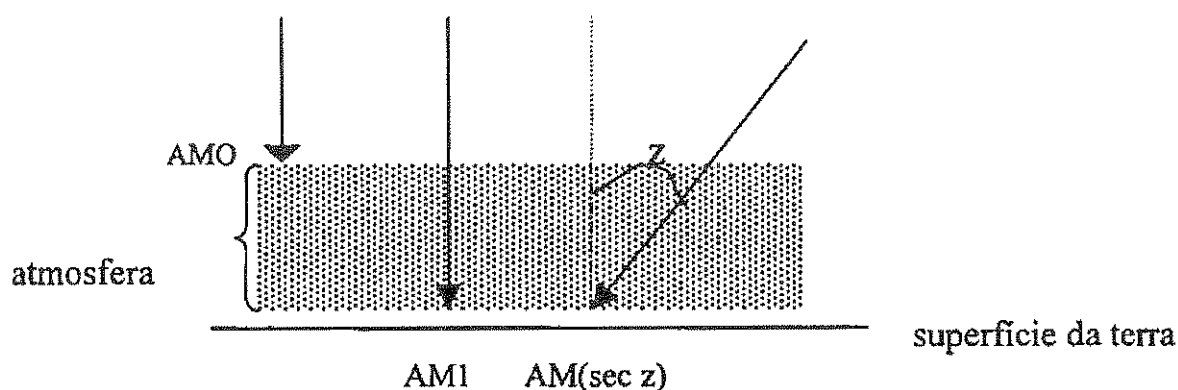
- Região ultravioleta ( $\lambda < 0,4\mu\text{m}$ ): 9% de radiação;
- Região visível ( $0,4 < \lambda < 0,7\mu\text{m}$ ): 45% de radiação;
- Região infravermelha ( $\lambda > 0,7\mu\text{m}$ ): 46% da radiação

A intensidade e a distribuição espectral da radiação solar que atinge a superfície da terra depende da composição da atmosfera assim como do percurso da radiação na atmosfera. Os parâmetros mais importantes da atmosfera que afectam a radiação solar são: água, efeitos de turbidez que exprimem os efeitos de nevoeiro e o respectivo espalhamento, o ozono, a escuridão do céu e o efeito da base de reflexão. Efeitos geométricos tais como, ângulo de declino do sol no receptor apontado é representado pelo percurso na atmosfera.

Considerando apenas a radiação directa no receptor apontado directamente para o sol, estes efeitos geométricos podem ser quase completamente descritos especificando o ângulo de zénite do sol, que é o ângulo médio entre a recta que une entre si os centros do sol e da terra, passando pelo ponto de observação, e a normal contendo a linha do horizonte, veja a figura 04 na página seguinte.

O ângulo de zénite varia com o tempo do dia, estação do ano, e com a latitude e longitude geográfica do ponto de observação.





**Figura 04:** Ilustração de espectro de radiação solar designado AMO no espaço, AM1 na superfície da terra para uma incidência normal e AM (sec z) na superfície da terra onde z é o desvio da normal ao ponto de incidência e é designado ângulo de zênite. (Fonte: TWIDEL citado por MUTIVUE, 1998, p. 12),

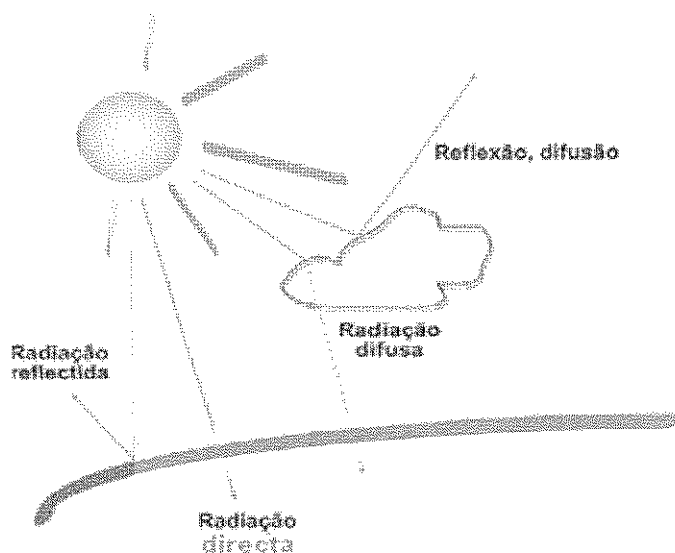
A luz do sol, durante o percurso na atmosfera é modificada pelos seguintes processos:

- Dispersão da luz, que é responsável pela cor azul no céu;
- Bandas de absorção electrónica, principalmente em oxigénio e ozono. Quase toda a radiação solar com  $\lambda < 0,29\mu\text{m}$  (região ultravioleta) é absorvida pelo ozono;
- Bandas de absorção rotacional e vibracional em água e dióxido de carbono, quase toda a radiação com  $\lambda < 0,3\mu\text{m}$  é absorvida pela água e dióxido de carbono;
- Dispersão por aerossóis e matéria dispersa;
- Reflexão e turbulência devido à variação do índice de refração com temperatura e pressão.

Insolação é a quantidade de energia recebida numa área de  $1\text{m}^2$  de superfície horizontal num dia. Ela difere de regiões para regiões e em diferentes estações do ano.

A radiação solar é composta pela radiação solar directa ( $E_{\text{dir}}$ ) e pela radiação difusa ( $E_{\text{dif}}$ ). A radiação difusa é o resultado da dispersão no céu e da reflexão da luz nas nuvens e na superfície da terra proveniente do sol, que atinge a terra sem qualquer mudança de direcção

(figura 05). Por outro lado a radiação difusa inclui também a radiação reflectida pela superfície terrestre e a, que chega aos olhos do observador através da difusão de moléculas de ar e partículas de pó.



**Figura 05:** Radiação solar global e suas componentes

(Fonte: [WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de))

A soma da radiação difusa e directa equivale à radiação solar global  $E_G$ , como ilustra a equação 01 abaixo. A radiação difusa, nas condições do céu pouco nublado é muito forte na porção azul do espectro e contribui em cerca de 8 a 10% da radiação total num dia razoavelmente claro.

$$\boxed{E_G = E_{dir} + E_{dif}} \text{ - Equação (01)}$$

Esta equação (01), caso não sejam referidas outras condições, refere-se à radiação sobre uma superfície horizontal.

### 2.1.2. Os limites dos recursos energéticos

As fontes de combustíveis fósseis disponíveis (carvão, petróleo e gás natural e urânio) são exploradas a taxas cada vez maiores, para fazer face às necessidades energéticas do nosso planeta. Devido ao suposto limite do stock, este processo vai inevitavelmente deixar-nos num beco sem saída. A solução para se lidar com este problema encontra-se no aumento da eficiência energética, na racionalização da utilização de energia e na utilização de fontes de energia renováveis: sol, vento, água e biomassa. A figura 06 mostra a relação entre as reservas de combustíveis fósseis, a energia necessária e a radiação solar disponível. O sol disponibiliza por ano múltiplos de energia consumida no mundo, um múltiplo de todas as reservas de combustíveis fósseis conhecidas.

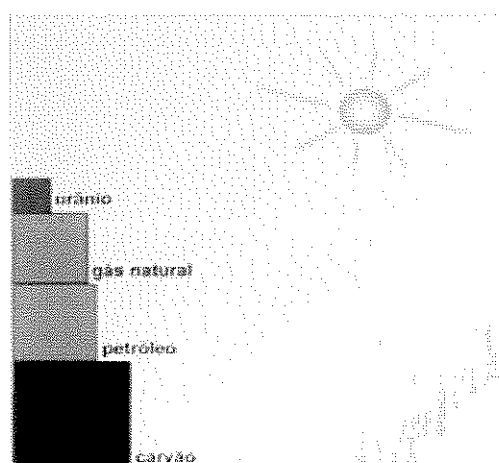


Figura 06: - Cubo de energia. (Fonte: [WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de))

### 2.1.3. Mudanças climáticas e as suas consequências

A utilização crescente de recursos energéticos finitos, os recursos fósseis, apresentam impactos no clima e no ambiente que sofrem mudanças e prejuízos irreversíveis que aumentam com a utilização de combustíveis, como o autor já disse anteriormente. Este problema deve-se à emissão de substâncias perigosas, tais como o dióxido de enxofre, monóxido de nitrogénio e dióxido de carbono.

O dióxido de enxofre e o monóxido de nitrogénio são substâncias, que contribuem para o aparecimento de chuvas ácidas, enquanto o dióxido de carbono contribui para o aumento do efeito de estufa, que é responsável pelo aquecimento da atmosfera terrestre. Neste momento a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumenta a taxas cada vez mais elevadas.

## 2.2. Colector solar térmico

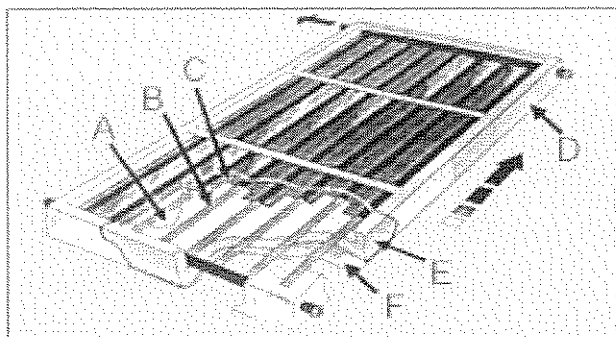
O colector solar térmico é um dispositivo capaz de captar a maior quantidade de radiação solar e transmiti-la a um fluido sob a forma de energia térmica, para seu posterior aproveitamento (aquecimento de água, de casas ou edifícios, hospitais, para a climatização de ambientes e processos industriais de aquecimento). A mais comum das tecnologias de aproveitamento da energia solar térmica activa é o colector solar (MOTTA, 2005, p: 15). Existem vários tipos de colectores solares térmicos a saber:

- \* Planos;
- \* Concentradores;
- \* CPC ou concentradores parabólicos compostos;
- \* De tubo de vácuo.

A seguir, o autor descreve cada um dos tipos de colector solar térmico acima mencionados.

### 2.2.1. Colectores solares Planos

São os mais comuns e destinam-se a produção de água quente a temperaturas inferiores que 100°C. O uso desta tecnologia ocorre principalmente em sectores domésticos, mas há demanda significativa e aplicações em outros sectores como edifícios públicos e comerciais, hospitais, restaurantes e hotéis ou residências (CARVALHO, 2009, P. 31). A figura 07 abaixo mostra um típico colector solar e suas partes constituintes.



**Figura 07:** Colector solar plano. (Fonte: CARVALHO, p. 31)

As partes que constituem o colector solar térmico de placa plana de acordo com a figura 07 da página subsequente são:

- A - *Cobertura transparente*, que provoca o efeito de estufa e reduz as perdas de calor e ainda assegura a estanquicidade do colector, a tabela a seguir ilustra os tipos de coberturas e suas características;

Cobertura	Vidro	Plástico
Transmissão	Estabilidade a longo prazo	Deterioração
Estabilidade mecânica	Estável	Estável
Preço	Elevado	Baixo
Peso	Elevado	Baixo

**Tabela 02:** Tipos de cobertura dos colectores solares planos. (Fonte: [WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de))

- B - *Tubos condutores de água*, que é por onde o fluido térmico circula;
- C - *Chapa absorvedora de calor* ou placa absorvedora de calor, serve para receber a energia, transformá-la em calor e transmitindo-a para o fluido que circula pelo tubo condutor;
- D - *Caixa externa*, é a caixa do colector solar que deve ser feita em material resistente à corrosão e com rigidez mecânica suficiente para garantir a integridade estrutural do equipamento. As caixas podem ser feitas em chapa dobrada de aço galvanizado ou de alumínio, com perfis e chapas de alumínio, moldadas em plástico, e ou de madeira;
- E - *Isolamento térmico*, serve para evitar perdas de calor uma vez que deverá ser isolada termicamente, para dar rigidez e proteger o interior do colector dos agentes externos (MOTTA, p. 15).

Segundo McVEIGH (1977, p. 44), este tipo de colector pode-se classificar em três grupos de acordo com as suas principais aplicações:

- Aplicações com pequenas elevações de temperatura, trata-se de aquecimento de piscinas

no qual o colector não necessita da cobertura tal como de isolamento mantendo-se um caudal de modo que a elevação da temperatura seja inferior a 2°C;

- Aquecimento doméstico e outras aplicações nas quais a temperatura necessária não excede a 60°C. Existem isolamentos na parte de trás e nos laterais e pelo menos uma cobertura transparente, objecto de estudo do presente trabalho;
- Aplicações tais como processo de conversão de energia solar em energia mecânica (em pequena escala) com temperatura acima de 60°C. Nestas aplicações é necessário um projecto mais cuidadoso para reduzir as perdas térmicas do colector para o ambiente.

De acordo com o projecto [WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de) (2004, p. 31), na tecnologia solar térmica aplica-se a lei de Stefan-Boltzmann (equação 02), que diz que, um corpo emite radiação correspondente à 4ª potência da sua temperatura.

$$Q = \tau \times T^4 \quad \text{- Equação (02)}$$

Onde: Q = Radiação térmica emitida (W/m<sup>2</sup>);  $\tau$  = Constante de Stefan - Boltzmann (5,67x10<sup>8</sup>) (W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>); e T= Temperatura absoluta de um corpo (K)

### **Algumas vantagens e desvantagens dos colectores solares planos**

As vantagens do colector solar térmico de placa plana são:

- Mais barato que um colector de vácuo e parabólico composto;
- Oferece múltiplas opções de montagem (sobre o telhado, integrado no telhado, montado na fachada e de instalação livre);
- Tem uma boa taxa de preço/performance;
- Permite montagem simples.

As desvantagens do colector solar térmico de placa plana são:

- ✳ Apresenta menor eficiência em relação aos colectores de vácuo e colectores parabólicos compostos (CPCs);
- ✳ Não serve para gerar altas temperaturas, por exemplo: geração de vapor; fornecimento e de calor para máquinas de refrigeração;

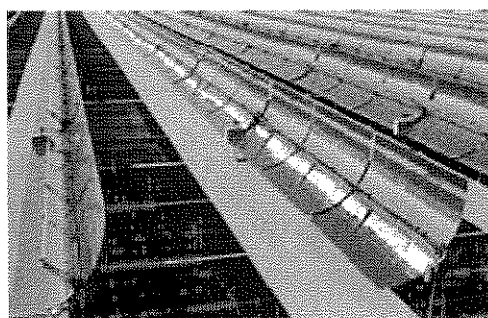
- ✱ Exige mais espaço no telhado do que os colectores de vácuo.

### 2.2.2. Colectores concentradores

Estes colectores, mediante o uso dos métodos de concentração da óptica, são capazes de elevar a temperatura de fluido a mais de 70°C. São aplicados na energia solar térmica de média e alta temperatura.

Para atingir temperaturas mais elevadas há que diminuir as perdas térmicas do receptor. Estas são proporcionais a superfície deste. Reduzindo-a em relação a superfície de captação, consegue-se reduzir as perdas térmicas na proporção dessa redução.

Segundo CARVALHO (2009, p. 33), os sistemas assim concebidos chamam-se concentradores, e a concentração é precisamente a relação entre a área de captação ( área de vidro que serve de tampa da caixa) e a área de recepção. Acontece que, quanto maior é a concentração, menor é o ângulo com a superfície dos colectores segundo o qual têm que incidir os raios solares para serem captados. Pelo que, o colector tem de se manter sempre perpendicular aos raios solares, seguindo o sol no seu movimento aparente diurno. Esta é uma desvantagem, pois o mecanismo de controlo para fazer o colector seguir a trajectória do sol, é bastante dispendioso e complicado, para além de só permitir a captação da radiação directa. A figura 08 abaixo ilustra um campo de colectores concentradores.



**Figura 08:** Colector concentrador. (Fonte: CARVALHO 2009, p. 34)

### 2.2.3. Colectores concentradores parabólicos compostos

O desenvolvimento da óptica permitiu muito recentemente a descoberta de um novo tipo de concentradores (CPC ou Winston). A concepção básica deste colector é mostrada na figura 09 abaixo apresentada, que combinam as propriedades dos colectores planos (também podem ser montados em estruturas fixas e têm um grande ângulo de visão o que também permite a captação da radiação difusa) com a capacidade de produzirem temperaturas mais elevadas ( $> 70^{\circ}\text{C}$ ), como os concentradores convencionais do tipo de lentes (CARVALHO, 2009, p. 34).

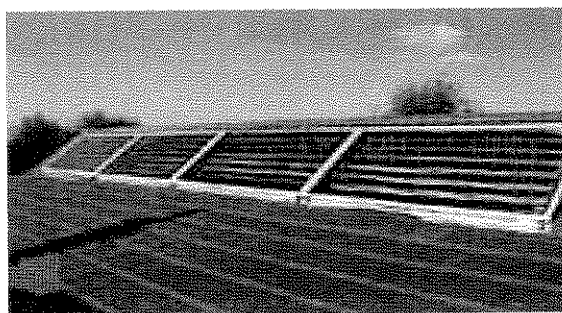


Figura 09: Colector concentrador parabólico. (Fonte: CARVALHO 2009, p. 35)

A diferença fundamental entre colectores parabólicos e planos é a geometria da superfície de absorção, que no caso dos CPC's a superfície absorvedora é constituída por uma grelha de alhetas em forma de acento circunflexo, colocadas por cima de uma superfície reflectora. A captação solar realiza-se nas duas faces das alhetas já que o sol incide na parte superior delas e os raios que são reflectidos acabam por incidir na parte inferior das alhetas, aumentando assim ainda mais a temperatura do fluido e diminuindo as perdas térmicas (MOTTA, 2005, p. 16).

#### Algumas vantagens e a desvantagem de um CPC

a) *As vantagens do colector concentrador parabólico, segundo o teor acima são:*

- ❖ Tem elevada eficiência mesmo com elevadas diferenças de temperaturas entre absorsor e o meio envolvente (e.g. no verão);
- ❖ Tem uma elevada eficiência com baixa radiação (e.g. no inverno);
- ❖ Suporta aplicações de calor com mais eficiência do que os colectores planos;
- ❖ Funciona com elevadas temperaturas, e.g. para condicionamento do ar.

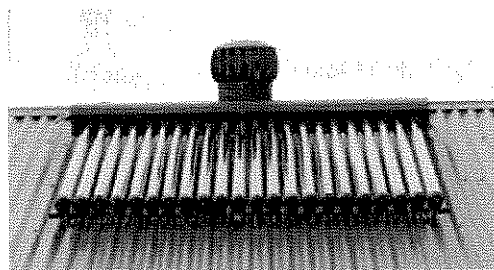


- b) A desvantagem do colector CPC é de ser mais caro em relação ao colector solar térmico de placa plana.

Os CPCs consistem em sistemas de concentração da radiação solar, para obtenção de temperaturas mais elevadas, com alto rendimento, devido as menores perdas térmicas. Mas os CPC possuem características de simplicidade, que os tornam equivalentes na montagem e utilização, aos colectores convencionais planos, pelo facto de se poderem colocar da mesma forma em telhados ou outras estruturas fixas e captar também a radiação solar difusa.

#### 2.2.4. Colectores solares de tubo de vácuo

Estes consistem geralmente em tubos de vidro transparentes cujo interior contem tubos metálicos (absorvedores). A atmosfera interior dos tubos livre de ar que eliminam as perdas por convecção, eleva o rendimento a altas temperaturas devido a menores coeficientes de perdas a ele associados (VIEIRA, 2001 citado por MOTTA, 2005, p. 17). O fluido circula pelo tubo interno, a sua aplicação principal é o aquecimento. A figura 10 abaixo mostra um colector de tubo de vácuo instalado num telhado.



**Figura 10:** Colector solar de tubos de vácuo

(Fonte: Enviro-Friendly, 2005 citado por BAPTISTA, 2006, p. 23,)

Num sistema de aquecimento de água é indispensável o uso de reservatórios térmicos ou simplesmente tanques de água, isto é, é um elemento de extrema importância, mas, se descreve mais adiante

### **Algumas vantagens e desvantagens de um colector de vácuo**

*a) As vantagens do colector solar térmico de vácuo são:*

- Apresenta boa eficiência, mesmo com elevadas diferenças de temperatura entre o absorvedor e o meio ambiente;
- Apresenta boa eficiência com baixa radiação (p.e. no inverno);
- Atinge elevadas temperaturas, possibilitando a utilização em sistemas de ar condicionado e produção de vapor; e
- Facilmente transportado para qualquer local (apresenta um baixo peso e pode ser montado no local da instalação).

*b) As desvantagens do colector solar térmico de vácuo, de acordo os enunciados acima são:*

- ✓ Mais caro do que um colector plano;
- ✓ Não pode ser instalado no telhado;
- ✓ Não pode ser usado para instalações horizontais no caso dos sistemas de tubos de aquecimento (inclinação no mínimo 25°).

### **2.3. Reservatórios térmicos**

Segundo ALVES (2009, p. 30), os reservatórios térmicos são “tanques utilizados para armazenar a água quente proveniente do colector solar de modo a atender a demanda diária de água quente mesmo fora dos horários de incidência solar”. Estes são termicamente isolados para minimizar as perdas de calor para ambiente. Neste contexto o reservatório é comum, isto é, é para água fria e a quente proveniente do colector solar.

O sistema de aquecimento com energia solar para fins residenciais é impreterivelmente um sistema de acumulação, pois o período de consumo não coincide com o período de geração de água quente. Para outros tipos de edificações, o reservatório poderá ser dimensionado de forma diferente. Um exemplo que ilustra essa afirmação é uma lavanderia que funciona somente no

horário comercial. Neste caso, a água aquecida é consumida no período de radiação solar. Portanto, as necessidades de armazenamento não serão as mesmas que em uma residência (THOREY citado por MOTTA, 2005, p. 17).

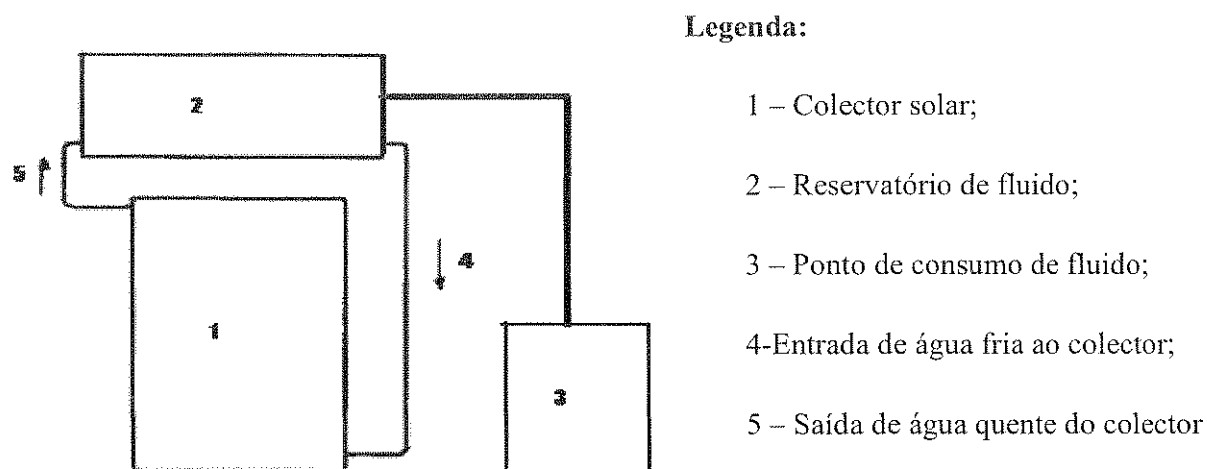
Na presente pesquisa a água apenas é consumida no período de radiação solar, porque o material usado no reservatório não é muito eficiente, sob ponto de vista de isolamento.

Portanto, a capacidade de reservatório de água depende do número de usuários e dos pontos de utilização de água. Se a água quente é para o asseio corporal e também para a cozinha o volume do reservatório seria maior do que se a água fosse apenas utilizada no asseio corporal, o que significa também um aumento da área de captação da radiação solar.

#### **2.4. Sistema solar térmico**

Um sistema solar de aquecimento de água é composto basicamente por um colector solar, onde se verifica a conversão de energia solar em energia térmica, um reservatório termicamente isolado e a respectiva tubulação de alimentação do sistema e distribuição de água quente. Os colectores solares têm em média uma vida útil de 20 anos, segundo BAPTISTA (2006, p. 11), mas a durabilidade dos colectores solares depende do material com que é construído e das condições atmosféricas numa determinada região.

O sistema solar térmico é um conjunto de dispositivos que facilmente converte a energia solar em calor que pode fornecer uma parte significativa da procura doméstica para ao aquecimento do ambiente e de água, baseado na utilização do colector solar. A figura 11 na página seguinte, representa o sistema de aquecimento de água.



**Figura 11:** Representação esquemática de um sistema solar térmico. (Fonte: Autor)

#### 2.4.1. Princípio de funcionamento de sistema solar térmico

O princípio de funcionamento de um aquecedor solar de água é bastante simples. A radiação solar atravessa o vidro de cobertura do coletor solar e ao encontrar uma superfície geralmente preta, já dentro do coletor solar é absorvida e reemitida, sofrendo uma alteração no seu comprimento de onda (um aumento), o que a torna incapaz para atravessar o vidro de volta e a partir daí, tem origem uma remissão desta radiação no sentido vidro/superfície/vidro.

Como o coletor solar se encontra hermeticamente fechado, ocorre um fenómeno conhecido por efeito de estufa, portanto responsável pelo aumento progressivo de temperatura da superfície pintada de preto sem brilho, enquanto durar a acção da radiação solar. Sob a superfície preta e em contacto directo com ela, são colocados tubos paralelos ligados nas extremidades por dois tubos de maior diâmetro, contendo água no seu interior.

Uma vez que a superfície está sendo aquecida pela radiação solar e estando a grade de tubos em contacto directo com ela, verifica-se uma transferência de calor para a grade de tubos e desta para a água que se encontra no seu interior. O coletor solar é então ligado por meio de tubos a um reservatório termicamente isolado, que contem o volume de água a ser aquecida, situado sempre acima do coletor. Este aquecimento provoca o movimento convectivo natural, também conhecido como termosifão, que consiste na transferência de água de um local para

outro devido à diferença de densidades entre a água quente e água fria. Portanto, este processo ocorre até que a água existente no sistema solar de aquecimento (colector e reservatório) atinja o equilíbrio térmico.

O colector solar é um dispositivo onde se verifica a transmissão de calor por *radiação*, *condução* e por *convecção*. A energia solar que incide por radiação é absorvida pelas placas colectoras. Estas por sua vez transmitem uma parcela absorvida desta energia para a água (que circula no interior de tubo de cobre), sendo que uma outra pequena parte é reflectida para o ar que envolve a chapa.

Em sistemas convencionais (termossifão), que o autor descreve mais adiante, a água circula entre os colectores e o reservatório térmico, a água dos colectores fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Dessa forma, por convecção, é realizada a circulação de água. A circulação de água também pode ser feita através de motobombas em um processo chamado de circulação forçado ou bombeado, e são normalmente utilizados em piscinas e em sistemas de grandes volumes (<http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/coletorsolar.html>).

Segundo TIPLER e MOSCA (2006, p. 709) o processo de transferência de calor por *condução* é aquele em que a energia térmica é transferida através das interações entre os átomos ou moléculas, embora não haja a transferência desses átomos ou moléculas. Seja  $\Delta T$  a diferença de temperatura em um pequeno segmento  $\Delta x$ . Se  $\Delta Q$  for a quantidade de calor conduzida através do segmento durante um determinado tempo  $\Delta t$ , então a taxa de condução de calor,  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ , chama-se corrente térmica  $I$ . Foi descoberto experimentalmente que a corrente térmica é proporcional ao gradiente de temperatura e à área “A” da secção transversal. Como ilustra a equação 03 abaixo.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \text{ - Equação (03), onde:}$$

$k$  é a constante de proporcionalidade e é chamada de condutividade térmica [ $W/(m.K)$ ].

### Processo de transferência de calor por convecção

A *convecção* é o transporte de energia térmica pela movimentação do próprio meio material. Essa propriedade térmica é a responsável pelas grandes correntes oceânicas e também pela circulação global da atmosfera (TIPLER e MOSCA, 2006, p. 717). No caso mais simples, a convecção surge quando um fluido (gás ou líquido) é aquecido na parte de baixo. Neste caso, o fluido aquecido se expande e sobe, e o fluido mais frio desce.

De acordo com o mesmo autor, a descrição matemática da convecção é muito complexa, porque o escoamento depende da diferença da temperatura em diferentes partes do fluido, e essa diferença de temperatura é afectada pelo próprio escoamento.

Todos os corpos emitem e absorvem radiação electromagnética. Quando um corpo está em equilíbrio térmico com as suas vizinhanças, ele emite e absorve calor à mesma taxa. A taxa em que um corpo irradia energia é proporcional à área do corpo e à quarta potência da sua temperatura absoluta. Esse resultado foi determinado empiricamente por José-Stefan, em 1879 e deduzido teoricamente por Ludwig Boltzmann aproximadamente cinco anos depois, e é chamado de *lei de Stefan-Boltzmann*, (TIPLER e MOSCA, 2006, p. 718) e ela é descrita pela seguinte fórmula:

$$P_r = e\sigma AT^4$$

- Equação (04), Onde: P – Potência irradiada em *Watts*; A – Área em  $m^2$ ; e  $\sigma$  - Constante universal chamada constante de Stefan-Boltzmann, cujo valor é  $5,6703 \times 10^{-8} W/(m^2.K^4)$

A *emissividade e* do objecto corresponde a uma quantidade fraccionária entre 0 e 1, isto é, depende da composição superficial do corpo.

#### 2.4.2. Dimensionamento dos Sistemas

Para dimensionar um sistema de aquecimento solar, vários factores devem ser considerados, tais como a insolação e radiação solar média do local de instalação, as temperaturas

de ambiente e de entrada de água, os hábitos regionais, o número de pontos de consumo, a orientação dos painéis e a incidência de sombras.

No aquecimento solar, adopta-se um reservatório com volume igual ao consumo diário portanto, maior que nos demais sistemas, devido à intermitência da insolação. A instalação de mais colectores do que o necessário para atender à demanda local resulta uma maior velocidade de aquecimento e, conseqüentemente, poderá elevar a temperatura de água. A vantagem maior será sentida em dias em que a incidência solar estiver limitada por formações de nuvens intensas e nos dias de baixas temperaturas e vento. Uma temperatura maior de água quente significa que um menor volume do reservatório será utilizado, ou seja, a proporção entre água fria e água quente na hora de misturá-las no banho será maior (BAPTISTA, 2006, p. 37).

O colector solar funciona segundo a absorção da radiação solar, ele é também operacional nos dias nublados, pois a radiação infravermelha atravessa as nuvens, e a existência da radiação difusa aquecem o colector, só que com menor intensidade em relação aos dias insulados, porém o suficiente para reproduzir água quente.

Portanto, o sistema solar de aquecimento de água tem um rendimento desprezível nos dias chuvosos, razão pela qual considera-se não funcional nestes dias, quando já é necessário utilizar um sistema convencional, seja eléctrico, ou a gás.

#### **2.4.2.1. Inclinação dos colectores solares**

A definição da inclinação do colector solar depende da latitude e das condições climáticas do local, portanto, é variável em função da localização geográfica de cada região.

Segundo BAPTISTA (2006, p. 36) et al, a melhor inclinação para os colectores solares é a latitude do local mais 10 graus, para que a incidência solar sobre o colector seja a mais perpendicular possível durante todo o ano. Os painéis devem ser orientados para o norte no hemisfério sul. Segundo <http://freemeteo.com/default.asp?pid=15&gid=1040652&la=18>, a latitude da cidade de Maputo é 25.96 e da cidade de Xai – Xai é 25.05. É importante dizer que as duas cidades anteriormente referidas são os pontos do objecto de estudo.

## 2.5. Tipos de sistemas de aquecimento térmico

Estes sistemas transferem o calor dos colectores até ao reservatório térmico onde deve ficar depositado ou usado. Num sistema solar doméstico, por exemplo, o fluido térmico circula entre o colector e o permutador de calor no reservatório térmico. Os dois sistemas de aquecimento solar mais utilizados são:

- \* Circulação natural (em termossifão);
- \* Circulação forçada.

A seguir descreve-se cada tipo de circulação de água que pode definir um sistema de aquecimento, apontando-se as suas limitações e o seu princípio de funcionamento.

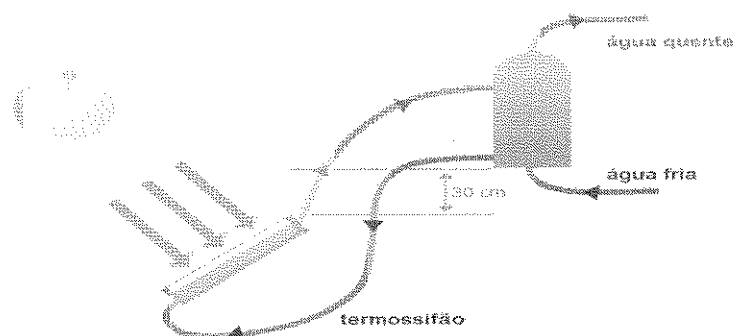
### 2.5.1. Circulação por termossifão

Este sistema baseia-se no fenómeno físico conhecido pelo nome de "princípio de termossifão", durante este processo, à medida que a água é aquecida no colector sobe para o topo do mesmo e daqui passa para a secção superior do reservatório térmico. E ao mesmo tempo a água fria do fundo do depósito regressa para à parte inferior do colector solar. Uma vez que o escoamento é provocado pela diferença entre as densidades de água quente e fria tem de existir um desnível  $H$  entre o fluido do reservatório e do topo do colector com o valor mínimo de 300mm a 600mm, e é muito provável que durante a noite se verifique uma inversão do escoamento, mas pode ser instalada uma válvula de não retorno no tubo de água fria, segundo Mc VEIGH (1977, p. 217).

Segundo CHINNEY, citado por Mc.VEIGH (1977, p. 218), o tubo de água quente proveniente do colector solar deve entrar no reservatório de armazenamento a um nível situado entre  $2/3$  e  $3/4$  da sua capacidade total, e ainda diz que perde rendimento quando este ponto descer.

Para que o sistema de termossifão funcione o reservatório tem de ser sempre colocado por cima dos colectores, como ilustra a figura 12, na página seguinte.





**Figura 12:** Esquema da circulação em termosifão.

(Fonte: <http://www.recet.pt/pi/imgs/conteudos/colector%20-%200002.jpg>)

### Algumas vantagens

A circulação em termosifão oferece as seguintes vantagens:

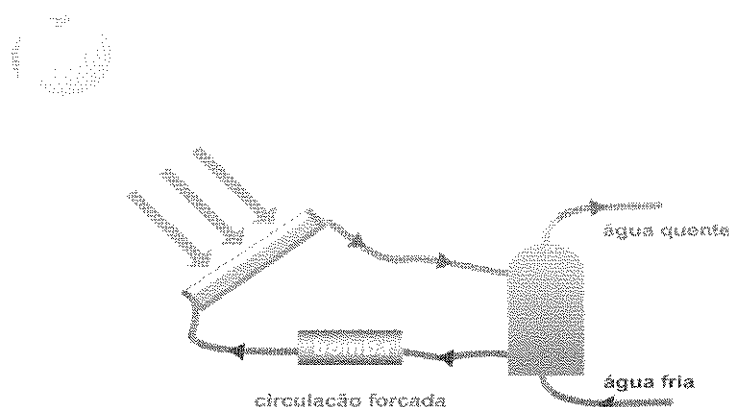
- \* A instalação é simples de projectar e construir, não necessitando de nenhum controlador ou entrada de energia convencional para fazer circular a água, reduzindo os custos de instalação e funcionamento.
- \* A utilização de um reservatório térmico é vantajosa, principalmente nos países em que durante uma determinada estação do ano, as temperaturas conseguidas pelo sistema solar são insuficientes para as necessidades da utilização directa.

A circulação em termosifão é aplicada para aquecimento de água no sector doméstico. Segundo o CABIROL (1980, p. 60) “a termosifão é a montagem mais simples é também a mais eficaz”, pois este acarreta baixos custos.

### 2.5.2. Circulação Forçada

Os sistemas de circulação forçada usam uma bomba mecânica para fazer circular a água entre o colector e o reservatório térmico.

A bomba acelera o movimento da massa líquida, fazendo esta percorrer a totalidade do circuito num curto espaço de tempo. Segundo CARVALHO (2009, p. 28), isto faz com que o depósito acumulador atinja a temperatura ideal de funcionamento muito mais rápido do que com um sistema de termossifão, a figura 13 abaixo, ilustra o esquema de um sistema a circulação forçada.



**Figura 13:** Esquema da circulação forçada.

(Fonte: <http://www.recet.pt/pi/imgs/conteudos/colector%20-%200003.jpg>)

O princípio de circulação forçada de água através de uma bomba circuladora dá aos sistemas de circulação forçada uma total flexibilidade no desenho do circuito, nomeadamente no local de colocação do reservatório térmico em relação ao coletor solar, como ilustra a figura 13 acima, o reservatório térmico situa-se abaixo do coletor solar. Ao contrário dos sistemas de termossifão, nos sistemas de circulação forçada o reservatório térmico poderá ser colocado por cima do painel solar, ao mesmo nível ou em baixo. Segundo MOTTA (2005, p. 14) a bomba circuladora é comandada por um sistema de controlo automático (comando diferencial) que é regulado de modo a pôr a bomba em funcionamento logo que a diferença de temperatura entre os colectores e o reservatório térmico seja de 5 °C.

### **Algumas vantagens**

Analisando a descrição acima feita, a circulação forçada tem as seguintes vantagens:

- ❖ O projecto é muito mais flexível porque o relacionamento posicional entre o colector solar e o reservatório térmico não é crítico. Por outro lado, por não existir a obrigatoriedade de colocação do reservatório térmico por cima do colector, permite que o colector seja colocado mais acima no telhado, evitando desta forma sombras de um nível mais baixo; e
- ❖ A quantidade de energia solar que é colectada por um sistema de circulação forçada é muito mais elevada do que nos sistemas de termossifão.

Os sistemas com circulação natural ou termossifão são recomendados para sistemas com capacidade de aquecimento de água até 1.500 litros por dia.

Para o sistema funcionar correctamente por termossifão, a Física diz que é necessário um desnível vertical entre a parte de baixo do reservatório e a saída de água quente (parte superior) da placa colectora, bem como um desnível da parte de cima do colector para a entrada de água quente do tanque, como o autor disse anteriormente.

Para sistemas com capacidade superior ou na impossibilidade técnica de atender aos requisitos técnicos necessários, deve-se optar pela instalação de um sistema de aquecimento por circulação forçada ou bombeada, onde são adicionados dois novos componentes: o sistema de bombeamento de água e o controlador diferencial de temperatura (CARVALHO, 2009, p.14).

## **2.6. Durabilidade de um sistema solar térmico**

Os sistemas são bastante duráveis e precisam de pouca manutenção. O sistema de colector solar térmico normalmente tem garantia de 5 anos e vida útil estimada em 20 anos. As necessidades de manutenção são mínimas, dado que são normalmente mantidos limpos pela ocorrência natural de chuva. Mas em locais de muito pouca pluviosidade podem necessitar de limpeza periódica (MOTTA, 2005, p. 19).

## 2.7. Conceito de educação sob ponto de vista construtivista

A educação é um sector chave para o desenvolvimento de qualquer área e das tecnologias, como o uso de colectores solares térmicos no processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, proporcionam uma aprendizagem construtivista, motivante e de qualidade superior à tradicional.

Rejeitando o ensino imposto, o psicólogo Americano ROGERS, sugere que o processo intelectual autêntico tem como condição a liberdade prévia de escolha e adesão e sustenta que, “... cheguei a conclusão de que os únicos conhecimentos que podem influenciar o comportamento do indivíduo são aqueles que ele próprio descobre e dos quais se apropria” (ROGERS, C.R, 1996, p.198, citado por FADUCO, 2004, p. 15).

Esta sustentação mostra que o papel do uso de tecnologias durante o PEA é transmitir não apenas conhecimentos, mas também suscitar nos estudantes o espírito de investigação. Elas inspiram-se nas tendências modernas da didáctica e da pedagogia que atribui maior importância a experimentação dos estudantes e visualização dos fenómenos, o que conduz a descoberta dos princípios gerais subjacentes a matéria do ensino e aquisição de conhecimentos, bem como o desenvolvimento de competências sólidas pelos estudantes.

## 2.8. Processo de Ensino e Aprendizagem usando modelos

A aprendizagem de um determinado conteúdo presume a atribuição de um sentido e a construção de significados ligados a esse conteúdo.

Segundo PIAGET (1972, p. 48) citado por FADUCO (2004, p. 26), na teoria construtivista os estudantes não devem ser ensinados por “*exposição da matéria*” porque, “... o conhecimento é construído pela aprendizagem da matéria e não é uma recepção passiva a partir do meio ambiente”. Sob ponto de vista do estudante, o construtivismo toma a aprendizagem como o produto de uma actividade mental construtiva por meio da qual ele constrói, incorpora e manipula na sua estrutura mental os significados ligados ao novo conteúdo. Baseando-se neste tipo de aprendizagem aproveita-se a criatividade individual do estudante permitindo o desenvolvimento de competências.

No PEA baseado na teoria construtivista é essencial que se crie condições que permitam ao estudante desenvolver competências, evitando que o raciocínio se desenvolva por mera repetição de conteúdos.

Encontramos no autor PIAGET, citado por FADUCO (2004, p. 26) que “ cada vez que ensinamos prematuramente a uma criança algo que ela poderia ter descoberto por si mesma, impedimo-la de inventar e, conseqüentemente de aprender completamente (PIAGET, 1972, p. 48).

Paralelamente ao raciocínio do Piaget, é importante dizer que antes de aprendizagem de um conceito o estudante está munido de uma série de conhecimentos adquiridos ao longo da vida, a possibilidade de construir um novo significado passa pela necessidade de entrar em contacto com os meios, técnicas apropriadas que proporcione o novo conhecimento.

O modelo é um meio didático de ensino que faz a transposição para a prática educativa das diversas teorias de aprendizagem (VALADARES & PEREIRA, 1991, p. 51). O uso de modelos no PEA têm como finalidade estabelecer correspondência entre o que se observa e se induz da realidade a partir de experiência e dos conceitos físicos de modo a servir de base funcional<sup>5</sup>. Sendo assim o uso de modelo no PEA, pode induzir estudante a uma aprendizagem construtiva.

No construtivismo, o professor toma o papel de mediador, isto é, aquele que facilita o PEA para que o processo seja centrado no estudante.

No Processo de Ensino e Aprendizagem, é preferível que o professor coloque o estudante numa situação de aprender a construir os seus próprios conhecimentos científicos a partir da manipulação do material laboratorial do que transmitir-lhe esses conhecimentos. Neste âmbito o professor deixa de ser o elemento transmissor de conhecimento mas sim facilitador. O professor é conselheiro da aula e “... guia os alunos para estes formarem as suas ideias e descubram propriedades e relações matemáticas por si próprias” (PIAGET, 1972, p. 48, citado por FADUCO, 2004, 27).

---

<sup>5</sup> Funcional porque se ajusta às leis experimentais que lhe deram origem, contribuindo para a sua fundamentação.

No que se refere ao tipo de aulas que se podem apresentar aos estudantes, o construtivismo garante uma ampliação e continuidade das salas de aulas actuais, diante disso, os estudantes podem aprender de forma individual e independente sem a presença do professor no espaço que lhe acomoda. O PEA não se limita ao espaço da sala de aulas, o que proporciona o ensino um bom resultado e motivante.

Entretanto, a aprendizagem baseada no construtivismo desenvolve nos estudantes as seguintes competências: a capacidade de trabalhar em grupo; capacidade criadora; autonomia; e responsabilidade.

### 3. Apresentação e Discussão dos Resultados

#### 3.1. Resultados da Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica constitui a parte fundamental de uma investigação científica. Ela faz o acompanhamento de todo o processo, desde a elaboração do projecto de pesquisa até a culminação do relatório de pesquisa. Sendo assim, o presente trabalho teve a revisão bibliográfica como técnica com intuito de verificar a informação já publicada, relacionada com o tema em estudo. Além disso, ela serviu para o reconhecimento dos trabalhos já efectuados em outros países que ajudaram o autor para o avanço deste trabalho.

#### 3.2. Resultados da experiência laboratorial

Durante a revisão bibliográfica o autor encontrou vários tipos de aparelho solar térmico que descreveu no capítulo II, dos quais seleccionou o colector solar térmico de placa plana como objecto de estudo da presente pesquisa pela sua facilidade de construção bem como da sua montagem, como o autor disse anteriormente. O esquema a seguir, que se descreve mais adiante, visualiza o sistema montado pelo autor e a sua respectiva legenda.

**A e B** - Válvulas de consumo de água quente;

**C** - Ponto de enchimento;

**D** - Tanque comum de água (fria e quente);

**E** - Tubo de água fria;

**F** - Cobertura de vidro;

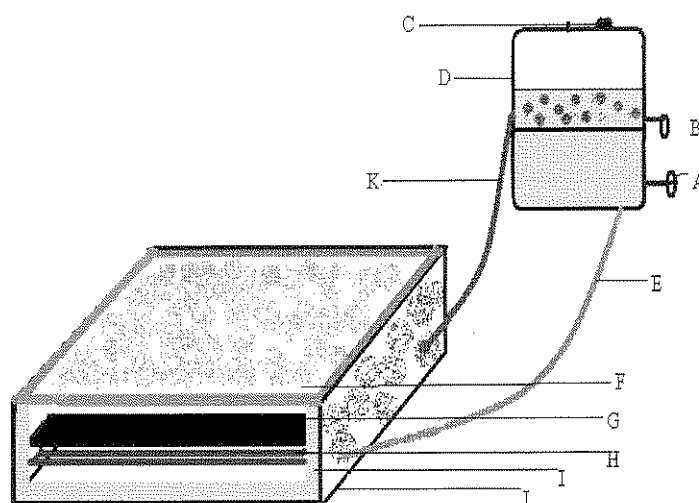
**G** - Chapa de ferro enegrecida

**H** - Tubo de cobre (serpentina)

**I** - Isolamento térmico;

**J** - Caixa de madeira,

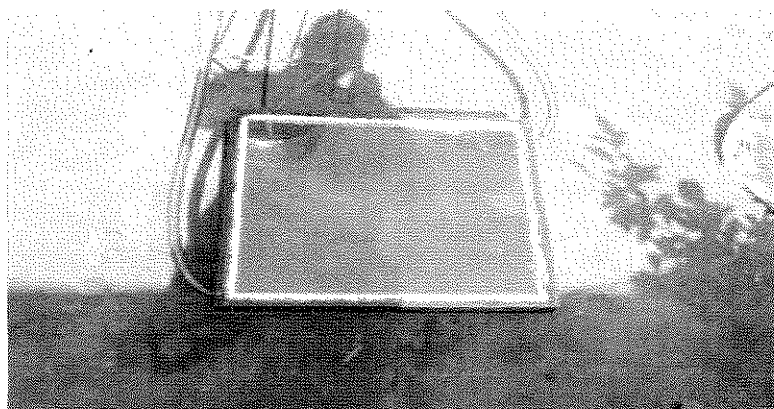
**K** - Tubo de água quente



**Figura 14:** Esquema do sistema em termosifão montado. (Fonte: Autor)

## I. Definição

**Colector solar térmico de placa plana** é dispositivo capaz de captar a radiação solar e transmiti-la a um fluido sob a forma de energia térmica, para seu posterior aproveitamento. Este tipo de colector solar térmico, destina-se a produção de água quente á temperaturas inferiores que 100°C, como já disse no capítulo II. A figura 15 abaixo, visualiza o colector solar térmico de placa plana construído pelo autor.



**Figura 15:** colector solar térmico de placa plana. (Fonte: Autor)

O colector solar térmico de placa plana (Fig. 15) utilizado para colher os dados que são apresentados mais adiante sobre a testagem do mesmo no aquecimento de água, num sistema a circulação natural (Fig. 17), é de 0,3342m<sup>2</sup> de área para um volume de 13 litros.



## II. Material de Construção

Descrição do material	Quant.	Preço (Mtn)	
		Unitário	Total
Tubo de cobre de 15mm de diâmetro e 3m de comprimento	01	1500,00	1500,00
Chapa de ferro 8mm de espessura	01	300,00	300,00
Caixa de madeira	01	700,00	700,00
Vidro liso de 4mm de espessura	01	80,00	80,00
Tubo flexível 1m de comprimento	01	25,00	50,00
Placa Isotérmica	04	25	100,00
Total			2.730,00

**Tabela 03:** Material de construção do colector solar. (Fonte: Autor)

Segundo a tabela acima, tem-se:

- **O tubo de cobre** é de 15mm de diâmetro e 3m de comprimento em forma de serpentina, na qual ocorre a transferência de calor para a água e por sua vez, os tubos são soldados numa chapa de ferro leve de 8mm de espessura. A **chapa** tem  $0,2597\text{m}^2$  de área e enegrecida<sup>6</sup> para absorver maior quantidade de calor, visto que a cor preta tem a capacidade de absorver maior quantidade de radiação solar o que ajuda no processo em causa;
- **Vidro liso**, é a cobertura utilizada de 4mm de espessura, com  $0,3105\text{m}^2$  de área, para colectar a energia solar e **placas isotérmicas** para isolar as partes laterais e a parte inferior do colector;

<sup>6</sup> Enegrecida, significa que é pintado a cor preta sem brilho

- **Tubo flexível** (manguela), é o tubo utilizado para a canalização a partir do reservatório de água. O tubo tem um diâmetro maior que o diâmetro do tubo de cobre;
- **Caixa** – a caixa foi feita de madeira, e é para inserir todos os elementos<sup>7</sup> acima referidos.

### III. Reservatório de água

O reservatório de água foi feito de chapa galvanizada e tem um volume aproximadamente a 19 litros. Este por sua vez está isolado por placas isotérmicas, esponja e por um plástico preto para minimizar as perdas de calor. Entretanto, a radiação solar que atinge o reservatório não influencia no aquecimento de água, de acordo com a diferença da temperatura que se regista dentro do mesmo segundo as tabelas 04, 05 e 06, que o autor apresenta mais adiante. Veja a figura16 abaixo.

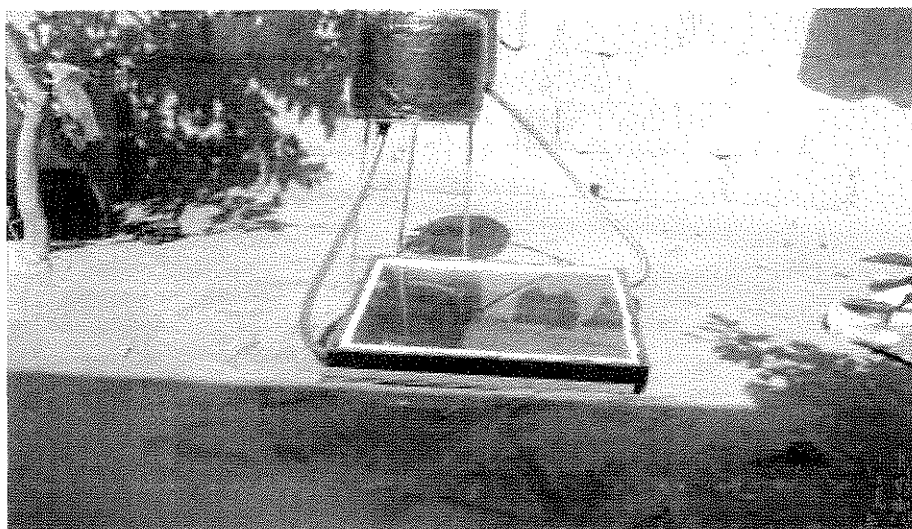


**Figura 16:** Reservatório de água. (Fonte: Autor)

---

<sup>7</sup> Elementos são: serpentina de cobre, isolante, chapa de ferro e a cobertura de vidro.

Para a testagem do colector solar de placa plana foi montado um sistema a circulação natural, entre o colector e o reservatório, como ilustra o esquema abaixo.



**Figura 17:** Sistema de circulação natural. (Fonte: Autor)

#### **IV. Princípio de Funcionamento**

A radiação solar atravessa o vidro liso de cobertura do colector solar e ao encontrar a chapa de ferro (superfície) geralmente preta é absorvida e reemitida, sofrendo uma alteração no seu comprimento de onda (um aumento), o que a torna incapaz para atravessar de volta o vidro e a partir daí, tem origem uma remissão desta radiação no sentido vidro/superfície/vidro.

Como o colector se encontra hermeticamente fechado, ocorre um fenómeno conhecido por efeito de estufa, portanto responsável pelo aumento progressivo da temperatura da superfície pintada de preto sem brilho, enquanto durar a acção da radiação solar. Sob a superfície preta e em contacto directo com ela, é colocado tubo de cobre em forma de serpentina ligado nas extremidades por dois tubos de maior diâmetro, contendo água em seu interior.

Uma vez que a superfície está sendo aquecida pela radiação solar e estando o tubo de cobre em contacto directo com ela, verifica-se uma transferência de calor para o tubo e desta para

a água que se encontra em seu interior. O colector solar é então ligado por meio de tubos a um reservatório termicamente isolado, que conterà o volume de água a ser aquecida, situado sempre acima do colector. Este aquecimento provoca o movimento convectivo natural, também conhecido como termossifão, que consiste na transferência de água de um local para outro devido à diferença de densidades entre a água quente e água fria. Portanto este processo ocorre até que a água existente no sistema solar de aquecimento (colector e reservatório) atinja o equilíbrio térmico.

### **3.3. Resultados da aula de simulação**

A aula de simulação consistiu numa ficha de apoio e um questionário. A ficha de apoio abrangeu vários níveis de conhecimentos, a saber: reconhecimento; aplicação; e reprodução, como foi abordada no capítulo I do presente trabalho de pesquisa.

Em geral, a ficha de apoio teve como objectivo informar os estudantes sobre o objecto da pesquisa de modo a garantir-se o nível inicial dos conhecimentos dos estudantes e testar o funcionamento do colector solar térmico construído.

Com a primeira pergunta da ficha de apoio (**Anexo I**), pretendia-se medir a temperatura inicial para melhor controlar-se a subida da mesma, durante a testagem do modelo e a segunda foi apenas para expor o sistema à radiação solar. A terceira pergunta teve como objectivo verificar o funcionamento do colector solar térmico de placa plana.

No dia 29 de Outubro de 2010, a cidade de Maputo teve uma temperatura máxima de 28°C com céu nublado. O colector funcionou, elevando a temperatura de água de 24,5°C até 34,5°C, no ponto A e de 24,5°C até 38,5°C no ponto B durante 3h55min, como mostra a tabela 04 apresentada na página a seguir.

Tempo	Ponto A	Ponto B
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
11:00	24,5	26,2
12:00	26,5	28,4
12:52	28,2	33,2
13:37	32,0	34,0
14:50	34,2	36,5,
14:55	34,5	38,5

**Tabela 04:** Primeiro dia de testagem do funcionamento do modelo. (Fonte: Autor)

A tabela acima mostra que o colector solar térmico funciona, também nos dias nublados, mas com menor intensidade, o que faz com que leve muito tempo para aquecer, conforme o autor disse no capítulo II.

No dia 30 de Outubro de 2010, a cidade de Maputo teve uma temperatura máxima de 31°C. Durante um intervalo de 1 hora de tempo a temperatura subiu de 24,4°C para 32°C no ponto inferior do reservatório de água (ponto A), e de 24,4°C para 37°C, no ponto superior do reservatório de água (ponto B), veja a tabela 05 na página seguinte.

Ponto A (torneira 1)		Ponto B (torneira 2)	
Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
0 - 15	24,4	0 - 15	30
15 - 30	26,5	15 - 30	32,3
30 - 45	30,1	30 - 45	34,2
45 - 60	32	45 - 60	37

**Tabela 05:** Segundo dia de testagem do funcionamento do modelo. (Fonte: Autor)

No dia 02 de Novembro, a cidade de Maputo teve uma temperatura máxima de 35°C e realizou-se a experiência de demonstração da conversão de energia solar em térmica junto dos estudantes do 4º ano de Física. Primeiro mediu-se a temperatura inicial de água no copo que foi 26°C (Apêndices A) e por fim mediu-se a temperatura nos pontos A e B do reservatório (Apêndices B). A tabela 06 na página seguinte, visualiza os dados obtidos pelos estudantes na realização da experiência no processo da testagem de funcionamento do modelo, consequentemente a demonstração da conversão de energia solar em térmica.

Ponto A (torneira 1)		Ponto B (torneira 2)	
Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
0 - 15	26,5	0 - 15	30
15 - 30	28	15 - 30	33
30 - 45	30,4	30 - 45	37
45 - 60	32	45 - 60	42

**Tabela 06:** Testagem do funcionamento do modelo na UP Maputo. (Fonte: Estudantes de 4<sup>o</sup> Física)

Na tabela acima constata-se que a temperatura subiu de 26°C até 42°C durante 1h de tempo. Comparando a tabela 04 e 05, na tabela 04 levou mais tempo e atingiu a temperatura inferior em relação na tabela 05. Entretanto o modelo é mais eficiente nos dias insulados.

Da análise dos dados das tabelas 04, 05 e 06 para além de mostrar o funcionamento de colector solar térmico de placa plana, também demonstra os processos de transmissão de calor. O caso das diferenças de temperatura nos dois pontos (A e B), do esquema acima descrito (Fig. 17), no mesmo intervalo de tempo, demonstra o processo de transmissão de calor por convecção. Assim sendo, a água mais quente sobe (menor densidade) e a mais fria desce (maior densidade), como ilustram os resultados acima referidos nas tabelas 04, 05 e 06.

Dos resultados da questão 4 da ficha de apoio (**anexo I**), presume-se que a curva característica do gráfico mostra que a tendência da temperatura é de aumentar em função do tempo da sua exposição à radiação solar. Mas depois de um determinado tempo a água atinge uma temperatura de equilíbrio. É importante referir que a temperatura atingida por um colector solar térmico de placa plana é inferior a 100°C, conforme o autor disse no capítulo II. No caso do colector em causa é de 58°C.

### 3.4. Resultados do questionário

O questionário consistiu em 4 questões de múltipla escolha, com vista a medir a capacidade de transferência de saberes com auxílio do modelo construído. No dia 02 de Novembro de 2010, após a realização da experiência de demonstração, o autor distribuiu o questionário para a avaliação do modelo no PEA de Física, na sala 1.24 (Apêndice C). De um universo de 20 estudantes da turma do 4º ano de Física - UP Maputo, as respostas sugeridas pelos mesmos estão sistematizadas na tabela que a seguir se apresenta:

Perguntas	Respostas		
	Correctas	Erradas	Total
1	20	0	20
2	15	5	20
3	16	4	20

**Tabela 07:** Frequência das respostas dos estudantes de Física - UP Maputo. (Fonte: Autor)

Analisando a tabela acima constata-se que os estudantes não tem dificuldades na transferência de saberes para uma realidade objectiva, conforme as percentagens que se apresentam na tabela 08 da página seguinte.

No dia 11 de Novembro realizou-se na UP – Gaza, para esta delegação, não foi feita a demonstração da conversão de energia solar em térmica uma vez que já tinham terminado o ano lectivo mas sim, aplicou-se o questionário para avaliarem o modelo no Processo de Ensino e Aprendizagem de Física. Esta aula realizou-se na Escola Técnica Superior da UP sita na zona de Chinunguine, distrito de Xai-Xai.

Aproveitando o encontro que os mesmos tinham com docente para entrega dos testes resolveu-se o questionário ao ar livre, dado que as salas ainda estavam fechadas (Apêndice D).

De um universo de 18 estudantes da turma do 4º ano de Física da Delegação de Gaza as respostas sugeridas pelos mesmos estão sistematizadas na tabela que a seguir se apresenta.



Perguntas	Respostas			
	Correctas	Erradas	Em branco	Total
1	19	0	0	19
2	15	4	0	19
3	15	3	1	19

**Tabela 08:** Frequência das respostas dos estudantes de Física - UP Gaza. (Fonte: Autor)

Da análise das respostas dos estudantes por nível de transferência do saber com auxílio do modelo construído, constatou-se que estes não têm dificuldades da identificação dos processos de transmissão de calor segundo a tabela 09 abaixo, o que favorece a integração do sistema no processo de ensino e aprendizagem. Os dados obtidos na pesquisa resumem-se na tabela 09 abaixo e na tabela 10 da página seguinte:

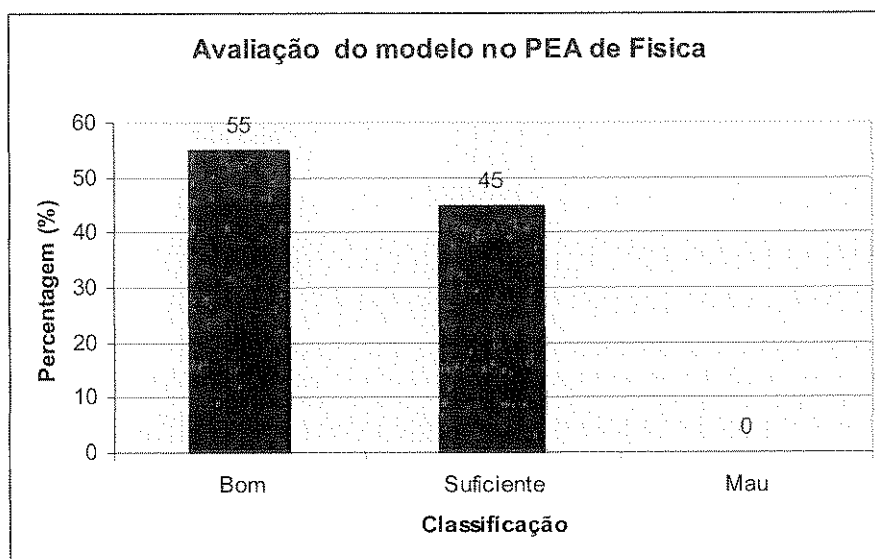
Nível de conhecimento	Nº de pergunta	Percentagem das Respostas		
		Correctas	Erradas	Em branco
Reprodução	1	100	0	-
Reprodução	2	75	25	-
Reprodução	3	80	20	-

**Tabela 09:** Percentagens das respostas dos estudantes de Física - UP Maputo. (Fonte: Autor)

Nível de conhecimento	Nº de pergunta	Percentagem das Respostas		
		Correctas	Erradas	Em branco
Reprodução	1	100	0	-
Reprodução	2	78,9	21,1	-
Reprodução	3	78,9	15,9	5,3

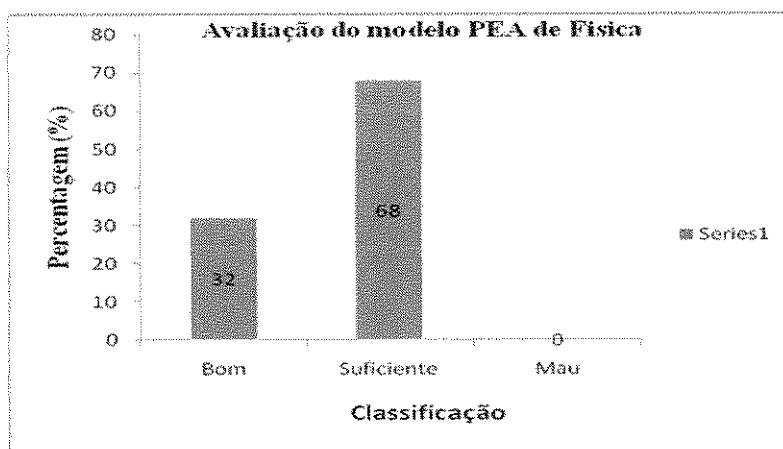
**Tabela 10:** Percentagens das respostas dos estudantes de Física - UP Gaza. (Fonte: Autor)

Analisando a questão 4.1 (**Anexo II**), sobre avaliação do modelo no Processo de Ensino e Aprendizagem de Física nas áreas acima referidas obteve-se os seguintes resultados: dos 20 estudantes da Delegação de Maputo correspondentes a 44,4% da população alvo, 11 estudantes que correspondem a 55% afirmaram que o modelo é bom no PEA uma vez que faz a ligação da teoria e a prática. Os outros 09 que correspondem a 45% afirmaram que o modelo é suficiente no PEA, (Gráfico 01) na página seguinte. A maioria dos estudantes 45% afirma que o modelo é suficiente no PEA devido a falta dos laboratórios nas instituições de ensino em Moçambique. Assim sendo, o autor afirma que o modelo é funcional uma vez que demonstra os processos de transmissão de calor sob ponto de vista do efeito (água quente) e a conversão da energia solar em térmica.



**Gráfico 01:** Resultados da questão 04 do questionário - UP Maputo. (Fonte: Autor)

Analisando a mesma questão anteriormente referida do (Anexo II), dos 18 estudantes da delegação de Gaza correspondente a 40% da população alvo, 06 estudantes correspondente a 31,6% afirmaram que o modelo é Bom e os outros 13 estudantes correspondente a 68,4% classificam o modelo suficientemente como ilustra o gráfico abaixo. Dos 68,4% cerca dos 47,3% (08) sustentaram que o modelo faz a ponte entre a teoria e a prática mas uma vez que os professores nas escolas não se apoiam nos modelos para melhor percepção dos fenómenos por parte dos estudantes devia-se disseminar cada vez mais esta técnica.



**Gráfico 02:** Resultados da questão 04 do questionário - UP Gaza. (Fonte: Autor)

## 4. Conclusões e Recomendações

Neste capítulo o autor apresenta as conclusões e recomendações de acordo com os resultados obtidos.

### 4.1. Conclusões

O trabalho tem como objectivo fazer um estudo sobre a construção e o uso sustentável de um colector solar térmico de placa plana para o aquecimento de água, como alternativa energética para as comunidades no seio doméstico. Assim sendo, o autor formula as seguintes conclusões:

1. A análise dos resultados da ficha de apoio, questionário e experiência laboratorial evidenciam que é possível construir um colector solar térmico de placa plana com base no material local e de baixo custo, como alternativa energética para as comunidades no seio doméstico. Este colector aquece água até 58°C confirmando a hipótese básica e a primeira hipótese secundária.
2. O modelo elucida que é possível aquecer água sem o uso do sistema de circulação forçada em que se utiliza uma bomba mecânica para fazer circular a água entre o colector e o reservatório. Por sua vez o sistema de circulação em termossifão funciona sem que haja a distância mínima estabelecida, reprovando a segunda hipótese secundária;
3. Os resultados do questionário mostram ainda que é possível enquadrar o modelo no PEA de Física no capítulo das Energias Renováveis e nos processos de transmissão de calor, aprovando a terceira hipótese secundária.

#### 4.2. Recomendações

Das conclusões tiradas no subcapítulo 4.1, o autor recomenda:

1. Para quem deseja construir um colectador do género devia utilizar uma chapa de cobre não de ferro, como absorvedor, isto é utilizar um material diferente do usado neste trabalho, para melhor absorção da quantidade de calor.
2. O professor não devia se limitar nas experiências recomendadas no programa curricular. É função do professor proporcionar ou orientar outras experiências aos estudantes, a exemplo da tecnologia de colectador solar térmico que demonstra a conversão da energia solar em térmica e dos processos de transmissão de calor, com vista a uma aprendizagem construtivista. Para tal as instituições de ensino, em Moçambique deviam possuir um centro de tecnologias educacionais para proporcionar e financiar os professores nas investigações deste género.
3. O ME devia introduzir aulas de laboratórios para demonstração dos fenómenos físicos e outras disciplinas que exige a demonstração, para o caso do ensino geral que não tem aulas práticas, uma vez que os tempos destinados para as aulas teóricas não são suficientes para dar uma experiência deste género.

## 5. Referências Bibliográficas

1. CABIROL, Theiry. *Construção Artesanal de Colectores Solares*, 2ª edição, edições CETOP, 1980.
2. CRUZ.M.N; MARTINS.I.P; MARTINS.A. *Á descoberta de Física, 9º ano de Escolaridade*, 2ª Edição, Porto Editora, 1993.
3. GIL, António Carlos. *Como elaborar Projectos de Pesquisa*, editora Atlas, São Paulo, 2004.
4. LAKATOS, E. Maria e MARCONI, M. Andrade. *Fundamentos da metodologia Científica*, editora Atlas, São Paulo, 1991.
5. MARTINS, Gilberto A e LINTZ Alexandre. *Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de Curso*, editora Atlas, São Paulo, 2000.
6. McVEIGH, J.C. *Introdução às aplicações da energia solar*, edições CETOP, edição nº 0616055/033, 1977.
7. OLIVEIRA, M. Marly. *Como fazer Projectos, relatórios, monografias, dissertações e teses*, 3ª edição, editora Elsevier, 1997.
8. PIAGET, Jean. *Teorias de aprendizagem*, 2ª edição, Porto Editora, Lisboa, 1972.
9. VALADARES, Jorge & PEREIRA, Duarte Costa. *Didáctica da Física e da Química*, volume 1, Universidade Absta, 1991.

### Outros documentos consultados:

1. FADUCO, Raimundo Venâncio. *Abordagem construtivista dos conceitos da óptica geométrica com ajuda do programa phenopt*, trabalho de diploma, UP - Maputo, 2004.
2. MAVANGA, Gil. *Textos de apoio de didáctica de Física*, Departamento de Física, Universidade Pedagógica, Maputo, 2007.

**Páginas da Internet:**

1. ALVES, Raquel Barone de Mello Belloni. *Energia Solar Como Fonte da Energia Eléctrica e de Aquecimento no uso Residencial*, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009. Disponível na Internet via: [WWW.URL:PT&q=dissertacoes+sobre+a+producao+de+agua+quente+a+partir+da+energia+solar&start=20&sa=N&fp=a81a84d6a3b87849](http://www.google.com.br/#hl=ptPT&q=dissertacoes+sobre+a+producao+de+agua+quente+a+partir+da+energia+solar&start=20&sa=N&fp=a81a84d6a3b87849). Artigo capturado em 03 de Abril de 2010.
2. BAPTISTA, A. S.C. *Análise da Viabilidade Económica da Utilização de Aquecedores Solares de água em Resorts no Nordeste do Brasil*, dissertação submetida ao corpo docente da coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia da Universidade Federal, Rio de Janeiro, 2006. Disponível na Internet via [WWW.URL: http://www.google.com.br/#hl=ptPT&q=dissertacoes+sobre+a+producao+de+agua+quent e+a+partir+da+energia+solar&start=20&sa=N&fp=a81a84d6a3b87849](http://www.google.com.br/#hl=ptPT&q=dissertacoes+sobre+a+producao+de+agua+quent e+a+partir+da+energia+solar&start=20&sa=N&fp=a81a84d6a3b87849), Artigo capturado em 15 de Abril de 2010.
3. CARVALHO, Carlos Henrique Fiche. *Projecto de um Sistema de Aquecimento solar de Água para Pousadas*, Dissertação de Mestrado em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, 2009. Disponível na internet via: [http://www.solenerg.com.br/figuras/monografia\\_carloshenrique.pdf](http://www.solenerg.com.br/figuras/monografia_carloshenrique.pdf), Artigo capturado em 15 de Abril de 2010.
4. CATIM - *Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica*. Disponível na internet via, <http://www.recet.pt/pi/imgs/conteudos/colector%20-%200003.jpg>. Artigo capturado em 02 de Março de 2010.
5. COLDEBELLA, A. *Viabilidade do uso de biogás de bovinocultura e suínocultura para geração de energia eléctrica e irrigação em propriedades rurais*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste de Paraná - UNIOESTE Centro de Ciências Exactas e Tecnologias, 2006. Disponível na Internet via [WWW.URL:http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/artigos\\_dissertacoes/colded ella.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/artigos_dissertacoes/colded ella.pdf). Artigo capturado em 22 de Março 2010.

6. MOTTA, Gilberto Carvalho. *Redução no Consumo de Energia Eléctrica, através de Modificação do Sistema Convencional de Aquecimento de Água por Placas de Captação de Calor através de Radiação Solar*, Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais Brasil, 2005. Disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.google.com.br/#hl=ptPT&q=dissertacoes+sobre+a+producao+de+agua+quente+a+partir+da+energia+solar&start=20&sa=N&fp=a81a84d6a3b87849>, Artigo capturado em 15 de Abril de 2010.
7. MUTIVUE, Humberto Raul. *Caracterização de uma estação de bombeamento de água a energia solar*, monografia científica, Universidade Eduardo Mondlane, 1998. Disponível na Internet via WWW.URL <http://www.saber.ac.mz/handle/123456789/78>. Artigo capturado em 16 de Março de 2010
8. SOLAR TÉRMICO - *Manual Sobre Tecnologias, Projecto e Instalação*. Disponível na internet via [WWW.greenpro.de](http://WWW.greenpro.de) , artigo capturado no dia 10 de Setembro de 2010.
9. [WWW.URL:http://metodologiadapesquisa.blogspot.com/2008/10/delimitao-do-tema.html](http://metodologiadapesquisa.blogspot.com/2008/10/delimitao-do-tema.html), artigo capturado em 16 de Junho de 2010.
10. <http://www.me.gov.mz/prt/index.php?option=comcontent&task=view&id=82&Itemid=57>, 15 de Abril de 2010).
11. [http://www.google.co.mz/search?hl=ptPT&q=conceito+de+aula+de+simulacao&cts=1276696983550&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs\\_rfai=\)](http://www.google.co.mz/search?hl=ptPT&q=conceito+de+aula+de+simulacao&cts=1276696983550&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=)) capturado no dia 15 de Abril de 2010.
12. <http://metodologiadapesquisa.blogspot.com/2008/10/delimitao-dotema.html>, capturado no dia 19 de Agosto de 2010.
13. <http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/coletorsolar.html>, capturado no dia 06 de Junho de 2010.
14. <http://freemeteo.com/default.asp?pid=15&gid=1040652&la=18>, capturado no dia 06 de Outubro de 2010.



## **ANEXOS**

## Anexo I: Ficha de apoio para a aula de simulação

### ENERGIAS RENOVÁVEIS – CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR EM TÉRMICA

A presente ficha de apoio enquadra-se numa tese de Licenciatura em ensino de Física a desenvolver-se sobre o tema, *Uso Sustentável das Energias Renováveis – Caso do Aparelho Solar Térmico*, nos Departamentos de Física, na FCNM da Universidade Pedagógica delegações de Gaza e Maputo. Pretende-se solicitar a colaboração do maior número possível dos estudantes do 4º ano do curso de Física da UP no seu preenchimento, de forma a sustentar um estudo no uso das energias renováveis.

#### Objectivo

O objectivo desta aula é verificar experimentalmente a conversão da energia solar em energia térmica.

#### Resumo teórico

Segundo os apontamentos da Cadeira de Física do meio ambiente existem duas formas de aproveitar a energia solar, que são forma *activa e passiva*. A forma passiva baseia-se na construção de edifícios através de concepções e estratégias construtivas. Enquanto a forma activa é aquela que se baseia na transformação da energia solar em outras formas (térmica ou eléctrica). **Exemplo:** Para a conversão da energia solar em térmica usa-se um colector solar térmico integrado num sistema de aquecimento, como visualiza o esquema abaixo.

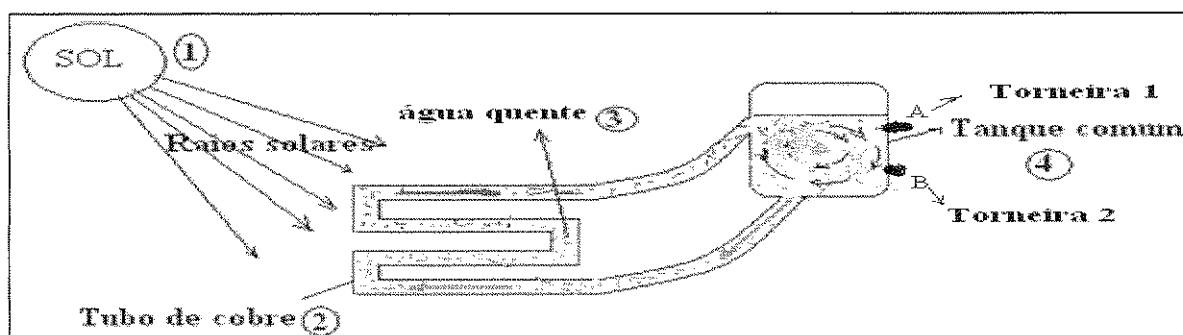


Figura 01: Esquema de sistema de aquecimento de água com base no colector solar através da energia solar.

Num sistema de aquecimento de água existem três componentes principais que são: *Colector solar térmico, tanque de água e tubos de conduta*.

Colector solar térmico é um dispositivo capaz de captar a radiação solar e transmiti-la a um fluido sob a forma da energia térmica, para seu posterior aproveitamento. As componentes de um colector solar térmico são: Vidro transparente; absorvedor; tubos de conduta; isolamento e uma caixa de protecção.

#### Princípio de funcionamento do colector solar térmico

O princípio de funcionamento de um colector solar térmico baseia-se no efeito de estufa:

1. A radiação incide sobre a cobertura de vidro, que compõe a parte superior do colector solar;
2. Esta radiação penetra em grande parte, no interior do painel solar, onde se mantém;
3. Transfere-se calor para o fluido que circula pelo interior dos tubos que constitui o painel solar;
4. O fluido após sofrer o aquecimento, circula em círculo fechado e transfere calor através da serpentina do depósito, para a água aí acumulada aquecendo-a;

5. A circulação do fluido é gerida e controlada pelo grupo de circulação em função das temperaturas medidas.

Num sistema de aquecimento de água, através da energia solar com base no colector solar térmico, ocorrem três processos de transmissão de calor, que são: radiação, condução e convecção.

**Material necessário:**

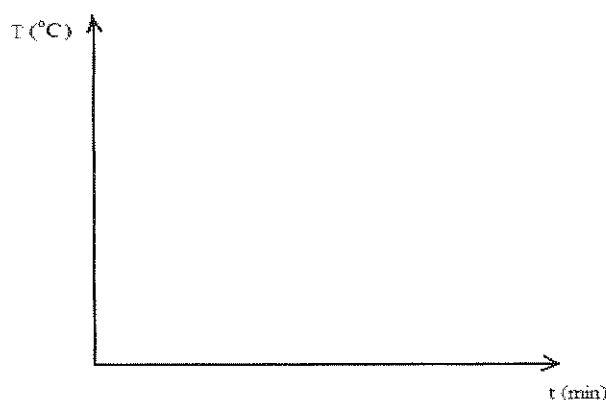
1 Sistema de aquecimento de água; 4 Cronómetros; 4 Termómetros; e 4 Copitos de 250ml.

**Procedimentos**

1. Meça a temperatura inicial da água no tanque, antes de expor à radiação solar e registe neste espaço: \_\_\_\_\_
2. Depois do passo 1, expõe o sistema à radiação solar de modo a recebe-la, como mostra a figura 01 da página anterior;
3. Para cada intervalo de tempo indicado na tabela abaixo meça a temperatura da água e registe nos espaços correspondentes.

Ponto A (torneira 1)		Ponto B (torneira 2)	
Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
0 - 15		0 - 15	
15 - 30		15 - 30	
30 - 45		30 - 45	
45 - 60		45 - 60	

4. Com base nos valores da tabela acima constrói o gráfico da temperatura em função do tempo para os dois pontos.



- 4.1. Tire conclusões sobre a curva característica obtida do gráfico acima construído.

---



---



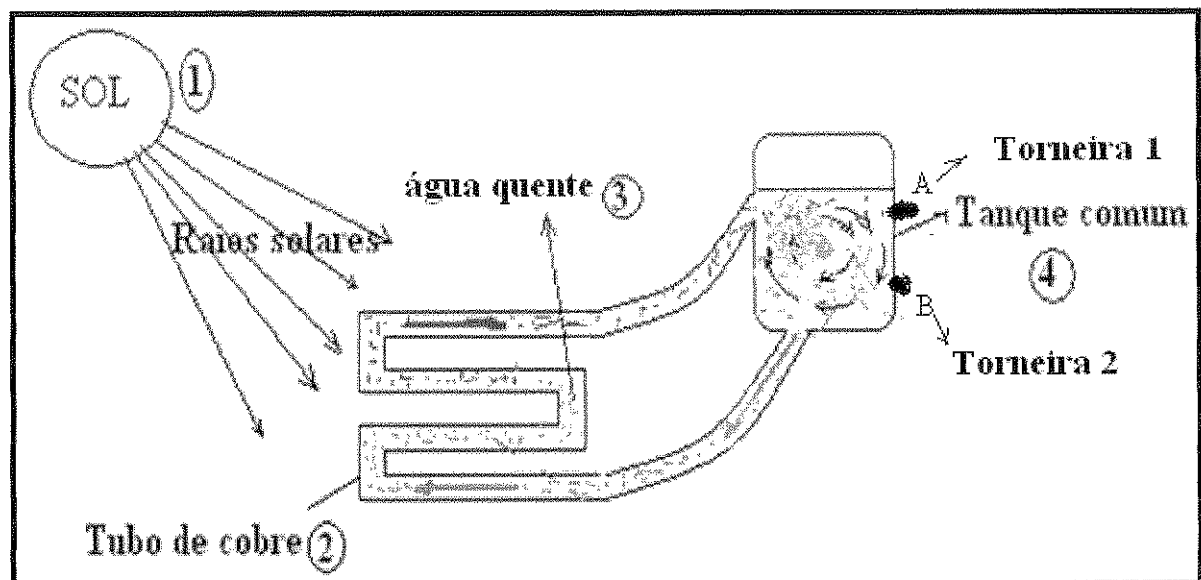
---

**Anexo II:** Questionário para avaliar o modelo no PEA de Física na ligação da teoria e a prática.

O presente questionário enquadra-se numa tese de Licenciatura em ensino de Física a desenvolver sobre o tema, *Uso Sustentável das Energias Renováveis – Caso do Aparelho Solar Térmico*, nos Departamentos de Física, na FCNM da UP – Gaza e Maputo. Pretende-se solicitar a colaboração do maior número possível dos estudantes do 4º ano do curso de Física da UP no seu preenchimento, de forma a sustentar um estudo sobre o uso do modelo no PEA.

Num sistema de aquecimento de água, através da energia solar com base no colector solar térmico de placa plana, ocorrem três processos de transmissão de calor, como visualiza a figura abaixo.

**Figura 01:** Esquema de sistema de aquecimento de água com base no colector solar através da energia solar.



## APÊNDICES

**Apêndice :** Dados do dia 02 de Novembro de 2010 a um céu limpo e 30°C

*Temperatura Inicial da água: 26°C*

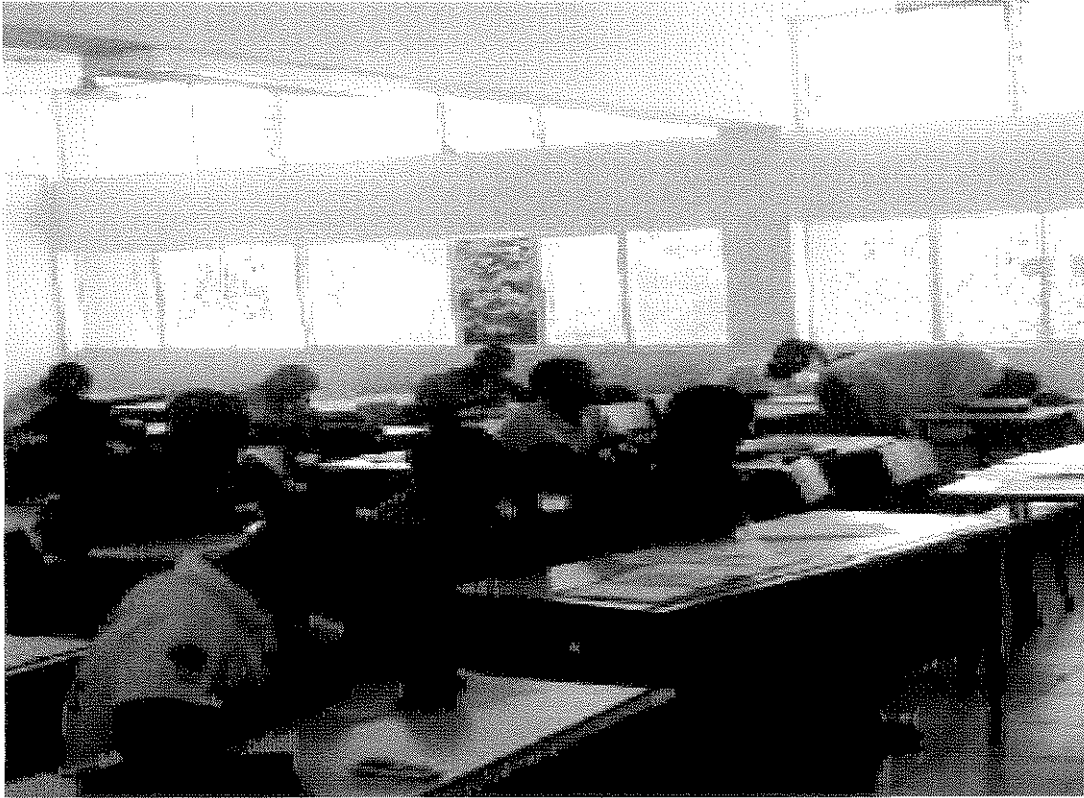
**Apêndice A:** Medição da temperatura inicial da água



**Apêndice B:** Medição das temperaturas nos dois pontos(A e B)



**Apêndice C:** Estudantes de 4º ano de Física a resolverem o questionário, UP Maputo



**Apêndice D:** Estudantes de 4º ano de Física a resolverem o questionário, UP Gaza

