

Maria Ester Fanuel Maoze Mandlate

Licenciatura em Ensino de Física

**CONSTRUÇÃO DE UM COLECTOR SOLAR COMO MEIO  
DIDÁCTICO PARA O ENSINO DE CALORIMETRIA**

Universidade Pedagógica

Maputo

2011

Maria Ester Fanuel Maoze Mandlate

Licenciatura em Ensino de Física

**CONSTRUÇÃO DE UM COLECTOR SOLAR COMO MEIO  
DIDÁCTICO PARA O ENSINO DE CALORIMETRIA**

Monografia apresentada ao Departamento de Física, FCNM para a conclusão do curso de Licenciatura em ensino de Física, elaborado sob supervisão do Professor Doutor Alberto Cupane

Universidade Pedagógica

Maputo

2011

**ÍNDICE****PÁG.**

<b>CAPÍTULO I: IDENTIFICAÇÃO E TENTATIVA DA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA NO ENSINO DA CALORIMETRIA</b> .....	4
Problema e Justificativa de Pesquisa:.....	4
Objectivo e Questão da Pesquisa.....	6
Delimitação do Tema .....	6
Metodologia da pesquisa .....	7
Técnica específica de Pesquisa.....	7
<b>CAPITULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	8
A teoria Behaviorista.....	8
Teoria Cognitivista de Piaget .....	9
Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	10
Colectores alternativos do mundo .....	12
Definição de termos.....	14
Transferência de calor: .....	15
Capacidade térmica e calor específico: .....	16
Materiais e Métodos Para a Construção .....	20
Material .....	20
Material plástico e suas características.....	20
Cloreto de Polivinila (PVC), suas características.....	21
Processo de Construção do Colector .....	21
Funcionamento do colector solar: .....	25
Impacto do uso do colector .....	26
Vantagens do aquecimento solar.....	26
Desvantagens.....	26
Colecta de Dados:.....	27
Visão do uso do colector solar no ensino:.....	40
<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES:</b> .....	43
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	45

## CURRICULUM VITAE

### I- Identificação

Apelido: Mandlate

Nome: Maria Ester Fanuel Maoze

Naturalidade: Maputo

Data de nascimento: 24-04-62 - Abril

Estado Civil: Casada

Situação profissional: Professora em exercício na IICM

### II- Habilitações e formação profissional

2009- Conclusão das Cadeiras Curriculares Para o curso de Licenciatura no ensino de Física

2008- Estudante do 3º ano na UP - FCNM curso de física, tendo concluído curso de Bacharelato em ensino de Física

2004- Ingresso na UP - FCNM para o curso de Física.

2004- 2009- Professora Bolseira a tempo Inteiro na Escola Industrial da Matola

1983- Conclusão do curso de formação de professores de Matemática e Física da 7ª, 8ª e 9ª classe da Faculdade de educação da Universidade Eduardo Mondlane.

1981- Conclusão do nível básico (9ª classe do antigo sistema de educação).

1977- Conclusão da 6ª classe.

1975- Conclusão da 4ª classe.

### III - Experiência profissional

2011- Professora de Matemática no Instituto Industrial e Comercial da Matola

2010- Professora de Matemática na Escola Industrial da Matola actual Instituto Industrial e Comercial da Matola

1988-2004- Professora de Matemática na Escola Industrial e Comercial da Matola.

1985 -1987- Professora de Matemática em exercício na escola Agrária de Namaacha

1984- Professora de Matemática e Física na escola Agrária de Namaacha

#### **IV - Outras ocupações**

1989/1994- Chefe do departamento de Matemática.

1986/1987- Chefe do departamento do sector feminino a nível distrital da Namaacha.

1987- Delegada de disciplina de Matemática (chefe da biblioteca da escola).

1984/1986- Delegada de Física

Durante ao período laboral participou em vários cursos de capacitação ao nível distrital

Participou na formação dos alfabetizadores, nas actividades da OJM, nos sindicatos da ONP.

**Contactos: 827085540; 21747079; 823030183; 846405605**

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este trabalho é o resultado da investigação e observação feita por mim sob a orientação do supervisor, o Professor Dr. Alberto Cupane e que as fontes usadas estão referenciadas no texto e na bibliografia.

Assinatura

Mareia Ester F.M. Mandlate

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus e ao seu filho Jesus Cristo pela força, coragem e vida por ser fonte inesgotável de luz que ilumina e guia todos os meus passos.

Os meus agradecimentos aos professores do departamento de Física, que tanto deram o seu máximo nos ensinamentos que hoje tornam possível a apresentação deste trabalho. Estende-se para a direcção da FCNM.

Um agradecimento especial ao meu supervisor Professor Dr. Alberto Cupane, pela oportunidade e ensinamentos adquiridos através de suas experiências de vida e seus conhecimentos na área, por acreditar no meu esforço e trabalho e me mostrando alternativas, sendo paciente com minhas preocupações e mudanças de percurso. Soube orientar e direccionar os meus estudos para que pudesse escrever da melhor forma possível este trabalho.

Estende-se para todos os alunos das escolas primária da Munhana (kowe), escola secundária Estrela Vermelha, a escola comunitária Santa Ana da Munhana e a escola Industrial e Comercial da Matola em especial para todos os professores das escolas citadas, pelo acolhimento e plena colaboração durante o estágio.

Os meus agradecimentos são extensivos a todas as direcções das escolas acima mencionadas e em particular a todos os alunos desejando-os votos de continuidade e sucesso na carreira estudantil.

Um muitíssimo obrigado para todos os colegas da turma deste curso que directamente ou indirectamente prestaram-me auxílio no material como moral destacando Ema Teresa Machel, Sadira, Susana e Lourenço Chivite.

Muito obrigado!

## DEDICATÓRIA

Com muito amor e carinho dedico este trabalho aos meus filhos:

Diocleciano Freitas;

Adilson Xavier Mandlate;

Anísio Alberto da Conceição;

Hélder Lambo Mandlate.

E em especial ao meu esposo Eng.º. José Xavier Mandlate, as famílias Maoze e Mandlate que têm sabido ajudar em todos os momentos difíceis encorajando-me na dedicação da vida estudantil.



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PAG
<b>Gráfico 1:</b> Comportamento dos valores de gradiente de temperatura do dia 1	29
<b>Gráfico 2:</b> Comportamento dos valores de gradiente temperatura do dia 2	31
<b>Gráfico 3:</b> Comportamento dos valores de gradiente de temperatura do dia 3	33
<b>Gráfico 4:</b> Comportamento dos valores de gradiente de temperatura do dia 4	35
<b>Gráfico 5:</b> Dados médios do gradiente dos dias de testes realizados	40

## ÍNDICE DE TABELAS

	PÁG.
Tabela 1: Características do colector e do ensaio	27
Tabela 2: Resultados do Ensaio Térmico Realizado no Dia 1	28
Tabela 3: Resultados do Ensaio Térmico Realizado no Dia 2	30
Tabela 4: Resultados do Ensaio Térmico Realizado do Dia 3	32
Tabela 5: Resultados do Ensaio Térmico Realizado no Dia 4	34
Tabela 6: Dados médios dos dias de teste realizados	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG
Fig. 1 - Selecção do material	21
Fig. 2 – Corte das garrafas plásticas	22
Fig. 2.1- Lavagem das garrafas e latas	22
Fig. 3 – Corte dos tubos PVC	23
Fig. 3.1 - Pintura dos tubos PVC	23
Fig. 4 – Montagem das latas nas garrafas	23
Fig.4.1- Ensaio da montagem do colector	23
Fig. 5 – Parte da célula de um colector solar	24
Fig. 6 - O colector solar na fase final	24

## SÍMBOLOS

$c$	Calor específico
$C$	Capacidade térmica
$\Delta T$	Gradiente de temperatura
$\Delta Q$	Quantidade de calor absorvida ou libertada por um corpo
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann
$T$	Temperatura absoluta
$R_N$	Radiância
$\eta$	Rendimento térmico
$m$	Massa do corpo
$e$	Espessura (m)
$A$	Área do colector
$E_i$	Espessura da garrafa plástica
$I$	Radiação solar global
$P_t$	Potência transferida

## ABREVIATURAS

<b>FCNM</b>	Faculdade de Ciências Naturais e Matemática
<b>MEC</b>	Ministério da educação e cultura
<b>PP's</b>	Práticas pedagógicas
<b>PEA</b>	Processo de ensino e aprendizagem
<b>UP</b>	Universidade Pedagógica
<b>DAP</b>	Directora Adjunto Pedagógica
<b>IICM</b>	Instituto Industrial e Comercial da Matola
<b>SI</b>	Sistema Internacional de Unidades
<b>DNEB</b>	Direcção Nacional de Ensino Básico
<b>DNESG</b>	Direcção Nacional do Ensino Secundário Geral
<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Desenvolvimento de educação
<b>IM</b>	Instrução Ministerial
<b>RGEEB</b>	Regulamento Geral de Escolas do Ensino Básico

## RESUMO

O presente trabalho descreve a construção de um colector solar com materiais reaproveitados e de fácil acesso. O trabalho tem como objectivo principal aliar o ensino de física ao conhecimento envolvido na construção e funcionamento de um colector solar.

O colector foi construído a partir da utilização de garrafas plásticas, latas de refrigerantes e tubos PVC e reservatórios para armazenamento de água.

O trabalho está estruturado em três capítulos, os principais tópicos abordados são da área de calor e termodinâmica.

O primeiro capítulo faz menção ao diz respeito a introdução - Identificação e tentativa da resolução do problema no ensino da calorimetria; aqui são levantadas as motivações para o desenvolvimento do tema de forma a resolver o problema identificado. Para tal, traçaram-se os objectivos e ao longo das experiências foram respondidas as questões colocadas durante a execução do trabalho. É apresentada a metodologia para a efectivação do trabalho a partir da definição das técnicas de pesquisa, do grupo experimental, do grupo de controlo e o de amostra.

O capítulo segundo faz a fundamentação teórica do trabalho. Esta é a parte reservada à revisão da literatura sobre a qual é feita a abordagem da teoria sobre os principais conceitos envolvidos neste trabalho, as teorias do conhecimento do nosso colector e uma estimativa da sua eficiência total de absorção de energia solar, incluindo também a teoria de base que sustenta a realização do trabalho.

Segue-se o capítulo terceiro que incidirá no material necessários para a construção e métodos para a construção do aquecedor solar e finalmente a colecta, análise e resultados da pesquisa, que incidirá basicamente na discussão dos resultados obtidos na utilização do colector solar como meio didáctico. É possível demonstrar as três formas de transferência de calor usando o colector solar, e como o efeito estufa é aproveitado. Serão apresentados dados de rendimento e perda térmicos que demonstram a eficiência do sistema de aquecimento.

O desenvolvimento desse projecto permitiu um bom entendimento dos princípios de funcionamento de um colector solar, bem como, a sua utilização para a transposição didáctica dos conceitos físicos relacionados, proporcionando um momento oportuno para discutir a importância da geração e utilização consciente de energia.

Finalizando indica-se a bibliografia utilizada para a elaboração deste trabalho.

## **CAPÍTULO I: IDENTIFICAÇÃO E TENTATIVA DA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA NO ENSINO DA CALORIMETRIA**

O ensino é a via principal da educação do Homem na sua preparação para a vida na sociedade. Constitui o processo especialmente organizado da interacção entre o professor e o aluno, cuja essência consiste em desenvolver capacidades, hábitos e habilidades cognitivas. Estas características que se pretende que um estudante incorpore na sua personalidade, são criadas e desenvolvidas através de acções conscientemente planificadas e implementadas no Processo de Ensino e Aprendizagem (PEA).

O sucesso do PEA depende em parte do material didáctico usado. A minha experiência de docência mostra que este é um dos graves problemas enfrentados nas nossas escolas. Tendo em vista a contribuir para a solução deste problema decidi construir um colector solar como meio didáctico para a aprendizagem do capítulo de calorimetria (conceito calor, tópicos como capacidade térmica, calor específico, processos de transferências de calor, uso do reservatório térmico).

O presente trabalho de conclusão da licenciatura em ensino de Física descreve a construção e a utilização de um colector solar com materiais reaproveitados e de fácil acesso, tais como garrafas plásticas e latas de refrigerantes e tem como objectivo principal aliar o ensino de Física aos conhecimentos envolvidos na construção e funcionamento de um colector solar pois o uso do colector permite que o aluno estabeleça uma ligação entre a teoria dada com o seu dia-a-dia.

O desenvolvimento deste projecto permitiu um bom entendimento dos princípios de funcionamento bem como a imaginação da sua utilização didáctica no tratamento dos conceitos físicos relacionados.

### **Problema e Justificativa de Pesquisa:**

É um problema que se pode resolver com base em conhecimentos e dados possíveis de serem produzidos. Kerlinger (In: Schrader, 194:18) considera que um problema se constitui em uma pergunta científica quando explicita a relação de dois ou mais fenómenos (factos e variáveis) entre si.

Um dos problemas enfrentados no ensino de Física é a falta do material didáctico que permita estabelecer a ligação entre a teoria e a pratica. Este problema verifica-se no ensino de

Física no geral e não me sendo possível enfrenta-lo em toda sua extensão decidi elaborar uma proposta de como alterar a situação verificada no capítulo da calorimetria em que os conteúdos são abordados de forma teórica, havendo materiais reaproveitados que nos possam ajudar a fazer com que essa teoria possa ser usada no dia-a-dia. O uso do material do dia-a-dia pode tornar a aprendizagem significativa.

Assim pelo reaproveitamento do lixo (garrafas plásticas e latas de refrigerantes), pode-se construir um meio didáctico chamado colector solar feito desse material que é responsável pela transferência da radiação solar para a água sob forma de energia térmica.

Este meio didáctico foi concebido com a intenção de contribuir para as metodologias que explorem os tópicos de Física relacionados com o tema calor. O ser humano ao longo da história tem utilizado a energia solar transformando-a em outras formas de energia como a térmica, mecânica e com isso desenvolveu diferentes tecnologias para sua utilização. Como por exemplo: os colectores solares que são dispositivos projectados a transformar eficientemente a luz solar em calor.

O colector solar é o principal componente de um sistema de aquecimento solar térmico, é um dispositivo responsável pela absorção e transferência da radiação solar para a água sob a forma de energia térmica.

Este trabalho mostra como discutir de forma prática os conceitos como calor, capacidade térmica, calor específico, processos de transferência de calor em substâncias por convecção, equilíbrio térmico, efeito estufa que se obtém através da colecta de calor pelo sistema construído e influência das cores na absorção da radiação solar, são conteúdos de calorimetria que podem ser abordados com a ajuda do mesmo dispositivo que será usado neste trabalho.

Este aparelho pode ser usado nos níveis básicos e médio para tratar conteúdos relacionados com este tema. O enquadramento do aparelho no estudo e ensino de calorimetria será importante tanto para o professor bem como para os alunos pois é com base no seu princípio de funcionamento, que terão mais um meio didáctico para enriquecer e tornar objectivas as suas aulas e estes poderão desenvolver: (a) capacidades cognitivas (definindo os conceitos observados, interpretar os fenómenos observados durante a experiência, indicar as vantagens e desvantagens do uso do colector solar, medir as temperaturas obtidas durante os dias de testes e analisar os



dados obtidos) e (b) capacidade afectiva (devido a manipulação e interacção com os instrumentos e conceitos o aluno pode desenvolver uma afeição aos mesmos conceitos e instrumentos).

Este meio didáctico possibilita a realização de experiências e como sabemos a experiência é um método básico de reconhecimento e de transformação da realidade objectiva, a sua essência consiste no facto de ser um analisador objectivo da realidade, desempenhando várias funções no PEA de Física. Por isso com este meio didáctico os alunos desenvolvem diferentes habilidades e capacidades.

Com o meio didáctico construído o aluno será capaz de desenvolver a capacidade de reflexão sobre a própria prática que é orientada na boa percepção e interpretação dos conteúdos teóricos adquiridos nas aulas, na perspectiva de uma metodologia activa e participativa, o que poderá melhorar o rendimento na aprendizagem de Física dos alunos do nível médio.

As escolas como espaços de reconstrução da cultura científica teriam melhores condições para cumprirem o seu papel institucional se os alunos e professores participassem na construção de material didáctico.

### **Objectivo e Questão da Pesquisa**

O objectivo neste trabalho foi a construção do colector solar como meio didáctico para o ensino do capítulo de Física de calorimetria. O alcance deste objectivo foi orientado pela seguinte pergunta de pesquisa:

Como construir um colector solar que possa ser usado como meio didáctico para o ensino do capítulo de Física de calorimetria.

### **Delimitação do Tema**

O trabalho circunscreve-se a construção de um colector solar com base em garrafas plásticas, latas de refrigerantes e outros materiais de fácil acesso, bem como a verificação de seu funcionamento.

## **Metodologia da pesquisa**

### **Técnica específica de Pesquisa**

Para a concretização do projecto foi usada a técnica de documentação indirecta (recolha de informações prévias sobre o campo a investigar), fazendo a consulta bibliográfica do material necessário para o referencial teórico que irá auxiliar na análise dos resultados, também usou-se a técnica de observação directa intensiva e participante (técnica de colecta de dados para conseguir informações, não consiste apenas em ver e ouvir mas também em examinar factos ou fenómenos que se desejam estudar).

## **CAPITULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A aprendizagem é um fenómeno extremamente complexo, envolvendo aspectos cognitivos, emocionais, orgânicos, psicossociais e culturais.

A aprendizagem é resultado do desenvolvimento de aptidões e do conhecimento bem como da transferência destes para novas situações.

Neste âmbito recorre-se a três teorias fundamentais a citar:

- A teoria Behaviorista;
- Teoria Cognitivista de Piaget
- Teoria de aprendizagem significativa.

### **A teoria Behaviorista**

Watson é conhecido como o pai do Behaviorismo Metodológico ou Clássico, que crê ser possível prever e controlar toda a conduta humana, com base no estudo do meio em que o indivíduo vive. Esta linha de pensamento conduz a uma tese sobre o sistema de aprendizagem, apoiada sobre mapas cognitivos – interações estímulo-estímulo.

Para Thorndike a “aprendizagem, é o processo (passivo, mecânico e automático) de seleccionar e associar unidades Físicas e mentais, gravando as respostas correctas e eliminando as incorrectas, como resultado de suas consequências agradáveis (recompensa) ou desagradáveis (punição), ou seja, a aprendizagem pela experiência é a principal influencia sobre o comportamento” ([w3.noyoacesso.com.br/teorias-da-aprendizagem/teoriaedwardthorndike](http://w3.noyoacesso.com.br/teorias-da-aprendizagem/teoriaedwardthorndike)).

O principal pressuposto da teoria é que a aprendizagem em geral é sinónimo de formação de hábitos, o conhecimento baseia-se fundamentalmente numa memorização dos conceitos aprendidos. As teorias são fundamentadas e cada uma precisa de instrumentos e dados empíricos para o estudo, os seus princípios são:

- (1) A aprendizagem acontece através da repetição e estímulos
- (2) Os reforços positivos e negativos têm influência fundamental para a formação dos hábitos desejados
- (3) A aprendizagem ocorre melhor se as actividades forem graduadas.

## **Teoria Cognitivista de Piaget**

Segundo à teoria cognitivista de Jean Piaget obtida pôr <http://pt.wikipedia.org/wiki/teoria-cognitivista> afirma que o fenómeno da aprendizagem manifesta se como uma modificação de conduta através da transformação de um esquema de acção, de natureza censório motor. A tendência inicial é assimilar objectos incorporando-os a certo padrão de conduta existente, mas que pode transformar se sob efeito de uma tendência compensatória de acomodação de objectos. Portanto para Piaget, a aprendizagem normal, harmónico e progressivo de exploração, descoberta e reorganização mental, em busca de equilíbrio de personalidade. Este processo destaca duas fases essenciais: assimilação e acomodação.

**Na assimilação** a aprendizagem, é feita através da transferência de reacções, em que a existência de um esquema de acções pronto a assimilar, o estímulo desencadeia várias modificações. Portanto, na assimilação os modos de agir modificam a realidade a ser assimilada.

**Na acomodação**, os modos racionais é que se modificam para se acomodar à realidade que se impõe ao sujeito sem ser alterada. Piaget considera a motivação, como sendo o impulso essencial da actividade cognitiva e como fazendo parte do próprio processo cognitivo.

A teoria de Piaget orienta-se nos seguintes princípios pedagógicos:

- A escola deve integrar o desenvolvimento normal da criança e isso é acompanhado pelo currículo
- No seu trabalho o ensino formal, deve levar em consideração as experiências naturais e sempre que possível, um determinado tópico, deve ser tratado em diferentes níveis consoante o estágio de desenvolvimento.

Os assuntos devem ser apresentados tendo em conta a opinião de quem aprende.

- O ensino deve priorizar o interesse e curiosidade de quem aprende.
- O ensino deve estar ao nível de quem aprende: não muito fácil e nem muito difícil
- As tarefas e o material a apresentar devam ser seleccionados de modo a criar curiosidade de quem aprende.

## **Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel**

“A aprendizagem é muito mais significativa a medida que o novo conteúdo é incorporado as estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele à partir da relação com seu conhecimento prévio, ao contrario ela se torna mecânica ou repetitiva”segundo <http://percursos.dosaber.webnode.pt>.

A **teoria significativa** é o conceito central da teoria de aprendizagem de David Ausubel Segundo António Moreira, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se de maneira substantiva ou não literal e não arbitraria a um aspecto relevante da estrutura do conhecimento de um indivíduo. Por outras palavras os novos conhecimentos que se adquirem relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui.

Baseia se em modelos construtivos dos processos cognitivos humanos, em particular a teoria da assimilação descreve como o estudante adquire conceitos e como organiza sua estrutura cognitiva, esta teoria tem exercido uma enorme influência na educação.

A aprendizagem significativa acontece quando uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado, por parte do aprendiz, em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes, preexistentes em sua estrutura cognitiva.

Para Ausubel, o principal no processo de ensino, é que a aprendizagem seja significativa, isto é, o material aprendido tem que fazer sentido para quem aprende. Isto acontece quando a nova informação consegue interligar se com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Caso contrário ocorre aprendizagem mecânica.

A teoria significativa de Ausubel remete nos para os seguintes princípios pedagógicos:

- A estratégia de ensino é a descoberta guiada, na qual o professor funciona como orientador de PEA, sem que este tenha que necessariamente decorrer ao ritmo dos alunos.
- O material de aprendizagem tem que ser principalmente significativo, ou seja, tem que ser psicologicamente significativo. O significado lógico depende da natureza do material, enquanto o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos materiais que têm significado para si ou não.
- Utilizar estratégias que facilitam a organização da matéria a aprender em conjuntos significativos e que visam uma melhor facilitação e retenção da aprendizagem.

- Recorrer ao uso de organizadores superiores tais como sumário no final da lição e questionários de revisão como auxiliares e para expectativa, sintetizar os novos elementos aprendidos e integrá-los nos conhecimentos já existentes.

A **motivação** do uso da teoria significativa é porque o conhecimento pode ser construído de modo a liga-lo com novos conceitos facilitando a compreensão das novas informações o que dá significado real ao conhecimento adquirido.

Ao aprender o aluno acrescenta aos conhecimentos que possui novos conhecimentos, fazendo ligações aquelas já existentes. E durante o seu trajecto educativo tem a possibilidade de adquirir uma estrutura cognitiva clara, estável e organizada de forma adequada, tendo vantagem de poder consolidar conhecimento novos, complementares e relacionados de alguma forma.

O principal objectivo da educação é de levar o aluno com um certo nível inicial a atingir um determinado nível final. Conseguindo alcançar este objectivo então terá registado um processo de aprendizagem.

O ser humano ao longo da história tem utilizado a energia solar transformando-a em outras formas de energia, como a térmica, mecânica, e com isso desenvolveu diferentes tecnologias para a sua utilização. Como exemplo, podemos citar os colectores solares, que são dispositivos projectados para transformar eficientemente a luz solar em calor. As primeiras iniciativas de desenvolvimento dessa tecnologia datam de 1950.

Um dos aspectos que caracteriza a sociedade actual é o grande gasto de energia. Aumento do consumo de energia traz como consequência uma preocupação constante com a Produção e geração de energia em grande escala acarretam dentre muitos problemas, a degradação do meio ambiente. Uma vez conhecidos os impactos ambientais causados pela exploração e a utilização de combustíveis fósseis, torna-se cada dia mais importante o desenvolvimento da pesquisa em fontes não poluidoras e renováveis. Dentre as diversas fontes de energia limpas, a energia solar tem mostrado um potencial de exploração promissor, devido a sua vasta gama de aplicações, também por ser totalmente limpa, ou seja, não produz poluição.

A minha experiência no ensino mostra que neste ramo tende cada vez mais a ter um decréscimo na sua qualidade e o custo de aquisição do material didáctico é cada vez mais elevado, não permitindo equipar os poucos laboratórios existentes em algumas escolas.

A construção e funcionamento de um colector solar envolvem uma grande variedade de temas de Física, propiciando uma excelente oportunidade de realizar uma aula interessante, aumentando a

Efectividade no ensino/aprendizagem dos conceitos apresentados.

Desta forma, este trabalho foi concebido com a intenção de colaborar para a construção das metodologias que explorem os tópicos de Física relacionados com o tema “calor, ambiente, usos de energia e suas implicações sociais, económicas e ambientais”, através de uma abordagem crítica e investigativa, voltada para o quotidiano dos alunos. Para tanto, faz-se neste trabalho o uso de diferentes recursos didácticos – actividade experimental, textos teóricos, pesquisas em campo e exposição teórica.

O funcionamento do colector solar baseia-se no efeito de estufa. O efeito estufa gerado pela transformação da energia absorvida pela grade absorvedora é responsável pelo aquecimento da água. A água fria no fundo do reservatório entra no colector, aquece-se e diminui a sua densidade e flui em direcção à saída do colector, voltando para o reservatório térmico. Esse processo de circulação natural só cessa quando a água do reservatório estiver na mesma temperatura no interior do colector ou quando a radiação solar incidente for insuficiente para promover o gradiente térmico necessário a sua circulação.

### **Collectores alternativos do mundo**

“O principal objectivo de estudo de colectores alternativos é a redução do custo de fabricação. Estes têm sido estudados à 70 anos” Segundo (Cristofari, ET All...2002), obtido em <http://www.josealcinoalonna.vilabol.uol.com.br/manual.html>.

Os colectores domésticos de H<sub>2</sub>O (SDHW) são utilizados actualmente para a produção de energia térmica solar a baixas temperaturas. Estes tipos de colector têm sido objecto de estudo e de pesquisa desde 1950.

- Willier e Hottel em 1958 e Bliss em 1959 estudaram pela primeira vez o desempenho térmico de colector com tubos paralelos e suas conclusões serviram de base para muitas pesquisas posteriores.
- Rivera em 1994 apresentou o trabalho sobre o colector alternativo tubular com múltiplas unidades absorvedoras de PVC.

- Lourenço em 1997 mostrou os resultados alcançados com um colector alternativo com grade absorvedora por múltiplos tubos de alumínio. Ambos demonstraram as viabilidades térmicas e económicas de tais colectores, comprovando a com plasticatividade dos mesmos em relação aos colectores convencionais. Tais colectores foram ensaiados em regime de fluxo forçado. O colector que usava tubos absorvedores de PVC revelou-se mais viável e mais com plasticatividade em relação ao convencional.
- O uso de um polímero absorvedor foi estudado por Van Niekerk. All, em 1996 com objectivo de avaliar o desempenho de colectores com tubos paralelos na África do sul. A variação geométrica de parâmetros tais como diâmetros dos tubos, o espaçamento entre os tubos e as dimensões da caixa fora estudada para optimização do desempenho do mesmo.
- Matravoy e Farkas em 1997 compararam um colector de 2 placas paralelas (TPPC), com um colector com tubos paralelos (PTC) e um colector de serpentina (STC). Sob o mesmo ambiente e condições de desempenho a eficiência do TPPC foi respectivamente 6,0 e 10% maior que STC e PTC
- Shah em 1999 apresentou estudo sobre a modelagem térmica em colectores domésticos para aquecimento de água á baixa vazão.
- Em 2002, Cristofari, et all propuseram estudar um novo material para a caixa do colector, que se caracteriza por ter baixa condutibilidade térmica, ser mais resistente à corrosão, ter baixo peso e menor custo, ter uma geometria rectangular de passagem de fluxo para aumentar rigidez, e por utilizar uma nova metodologia de cálculo onde a capacidade calorífica de vários componentes é levada em conta permitindo uma solução dinâmica do comportamento do sistema.
- Sousa, em 2004 estudou comparativamente 2 colectores, um alternativo e outro plano convencional, demonstrando a com plasticatividade do colector alternativo com grade absorvedora constituído por múltiplos tubos de PVC em relação ao colector plana convencional com tubo de cobre.
- Sousa em 2005 estudou um colector alternativo constituído por 3 elementos: caixa, grade absorvedora e vidro. A caixa foi confeccionada em material composto e a grade absorvedora era composta de múltiplos tubos de PVC ligados em paralelo utilizando a



configuração que permitia a diminuição do espaço entre os tubos demonstram-se as viabilidades térmicas económicas e de materiais do colector solar proposto.

- Em 2006 ele estudou um sistema de aquecimento alternativo de baixo custo composto por um colector solar alternativo e um reservatório térmico alternativo. O colector tinha grade absorvedora de PVC e o reservatório foi confeccionado a partir de um tambor polietileno de 24 L, utilizado para armazenamento da H<sub>2</sub>O ou lixo, revestido por material compósito a base de gesso.
- Sousa em 2007 estudou um sistema de aquecimento alternativo constituído por um colector com grade absorvedora de tubos de PVC ligados em paralelo através de tês de PVC do mesmo diâmetro e um reservatório térmico alternativo constituído a partir de um tambor de polietileno revestido por um cilindro confeccionado em fibra de vidro. Demonstraram-se as viabilidades termo - económicas e de materiais do sistema em estudo.

### **Definição de termos**

A ideia de que o calor é energia foi introduzida por Runford. Um engenheiro militar que em 1798, trabalhava perfuração canos de canhão.

Observando o aquecimento das peças ao serem perfuradas, ele teve de atribuir a este aquecimento ao trabalho que era realizado contra o atrito, na perfuração ou seja, a energia usada na realização daquele trabalho, era transferida para as peças provocando uma elevação em suas temperaturas.

O termo calor é usado para designar a energia em trânsito, isto é, enquanto ela está sendo transferida de um corpo para outro em virtude de uma diferença de temperatura.

Não se pode dizer que “ um corpo possui calor” ou que “ a temperatura e uma medida de calor num corpo”.

Na realidade, um corpo possui energia interna e quanto maior for a sua temperatura, maior será esta energia interna.

O calor é a energia em trânsito (o calor absorvido pelas latas pintadas a preto fosco, é retido no interior das garrafas e transferido para a água através dos tubos de PVC também pintadas em preto).

## Unidade de calor

Sendo o calor uma forma de energia, no SI, mede-se em Joules.

Mas na prática, até hoje é usada uma outra unidade de calor, muito antiga (da época de calórico), denominada “caloria” cujo símbolo é “cal”.

**Caloria** é a quantidade de calor necessário para elevar de 1° C a temperatura de 1 grama de água.

Em suas experiências, Joule estabeleceu a seguinte relação entre estas duas unidades

$$1 \text{ Cal} = 4,18 \text{ J}$$

## Transferência de calor:

Há três formas de transferência de calor: por condução; convecção e radiação.

**Condução:** Pelo processo de condução, parte do aquecimento das latas é transmitido para a água. Uma vez aquecida, a água na tubagem fica menos densa e sobe indo para o reservatório térmico e ao mesmo tempo, a água mais fria desce da parte inferior do reservatório.

A água quente, pronta para o consumo, é retirada da parte inferior do reservatório térmico, e uma nova quantidade de água é introduzida na parte superior.

**Convecção:** No processo de convecção a água fria entra no colector, aquece-se e diminui a sua densidade circulando em direcção a saída do colector para o reservatório térmico. Esse processo de circulação natural só cessa quando a radiação solar incidente for insuficiente para promover o gradiente térmico necessário a sua circulação.

O processo continua com uma circulação de correntes de água mais quente para cima e mais fria para baixo, denominadas correntes de convecção.

O calor que é transmitido por condução as camadas inferiores é distribuído por convecção, a toda a massa do líquido, através do movimento de translação do próprio líquido.

Em um líquido, o calor se transfere devido à formação de correntes de convecção

**Radiação:** Todos os corpos aquecidos emitem radiações térmicas que ao serem absorvidas por um outro corpo, provocam nele uma elevação de temperatura.

O aquecimento da água ocorre porque a radiação solar incide na parte transparente do colector, parte dessa radiação atinge as latas pintadas de preto no interior da garrafa plástica (a pintura preta aumenta a absorção da energia incidente).

Um corpo escuro absorve maior quantidade de radiação térmica que nele incidem. É por esta razão que um objecto preto colocado ao sol tem sua temperatura sensivelmente elevada.

Por outro lado, os corpos claros reflectem quase totalmente a radiação térmica incidente. É razão pelo qual nos climas quentes usam frequentemente roupas brancas.

### **Capacidade térmica e calor específico:**

**Capacidade térmica:** fornecendo a mesma quantidade de calor a corpos diferentes eles apresentam variações diferentes em suas temperaturas.

Para caracterizar este comportamento dos corpos, define-se uma grandeza chamada capacidade térmica do seguinte modo:

“Se um corpo recebe uma quantidade de calor  $\Delta Q$  e sua temperatura varia de  $\Delta t$ , a sua capacidade térmica deste corpo é dado:  $C = \Delta Q / \Delta t$ .”

Quanto maior for a capacidade térmica de um corpo, maior será a quantidade de calor que devemos fornecer a ele para procurar uma determinada elevação em sua temperatura e do mesmo modo será a quantidade de calor que ele cedo quando sua temperatura sofre determinada redução: Unidade para a medida desta grandeza:  $[C] = 1 \text{ cal}/^\circ\text{C}$ . Sabe-se que o calor é uma forma de energia e pode-se expressar em joules também como unidade de capacidade térmica  $1 \text{ J}/^\circ\text{C}$ .

**Calor específico de uma substancia:** É uma grandeza que caracteriza a facilidade ou dificuldade de um determinado material variar a sua temperatura quando troca a energia na forma de calor. **Significado físico:** Digamos que o calor específico de uma determinada substancia seja expresso em  $\text{cal} / \text{g } ^\circ\text{C}$ , isto significa que o calor específico informa a quantidade de energia, em calorias, que deve ser fornecida a cada 1 grama dessa substancia para que a sua temperatura se eleve em  $1 ^\circ\text{C}$ .

**Quantidade de calor (Q)** é a quantidade de energia necessária a fornecer ou retirar de um corpo de massa (m) para que a sua temperatura varie em  $\Delta t$ .

Para escrever na forma de igualdade deve-se introduzir uma constante.

$$Q = c.m.\Delta t$$

A capacidade térmica foi definida como sendo  $C = \Delta Q / \Delta t$ , então a quantidade do calor  $\Delta Q$  que um corpo absorve (ou liberta) quando a sua temperatura varia de  $\Delta t$ , é dada:

$$\Delta Q = C * \Delta t$$

Pode-se expressar  $\Delta Q$  em função do calor específico  $c$  e da massa  $m$  do corpo.

Sabe-se que  $c = C / m$  donde  $C = m * c$

Assim:

$$\Delta Q = m * c * \Delta T$$

A quantidade de calor  $\Delta Q$  absorvida ou libertada por um corpo de massa  $m$  e calor específico  $c$  quando a sua temperatura varia de  $\Delta T$ , pode ser calculada pela relação:

$$\Delta Q = m * c * \Delta T$$

As medidas realizadas permitem fazer o cálculo do calor absorvido pela água utilizando a

Relação anterior:

Onde  $m$  é a massa da água,  $c$  é o seu calor específico e  $\Delta T$  a diferença de temperatura entre a água fria e quente.

Usar-se-á a garrafa plástica justamente para causar o efeito estufa, retendo assim boa parte da radiação infravermelha. Colocar-se-á um termómetro dentro desta “estufa” e em seus arredores, para verificar a elevação da temperatura interna e externa.

Devido à radiação térmica, é importante que as latas de refrigerantes e os tubos sejam pintados com tinta preta fosca. A radiância de um corpo negro pode ser quantificada por meio da relação de Stefan-Boltzmann.

$$R_N = \sigma T^4$$

Onde:  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$  é a constante de Stefan-Boltzmann e T é a temperatura absoluta do corpo negro.

A radiação incidente no plano de um colector solar está em função da;

- Localidade em estudo (latitude geográfica);
- Época do ano;
- Hora do dia;
- Inclinação e orientação do colector.

O rendimento térmico do colector pode ser estimado por meio da expressão.

$$\eta_t = \frac{T_f - T_i}{T_f}$$

Onde:

$T_f$  = Temperatura final da água na saída do colector

$T_i$  = Temperatura inicial da água na entrada do colector

Para atingir os resultados a pesquisadora faz-se o uso de aparelhos e de instrumentos que a técnica moderna coloca ao seu alcance ou de procedimentos apropriados e capazes de tornar perceptíveis as relações existentes entre as variáveis envolvidas no objecto de estudo.

Desta forma, as suas etapas são:

- 1) Identificação do objectivo geral da experiência.
- 2) Escolha do material e realização da respectiva montagem;

- 3) Adoptar o critério da manipulação de uma ou mais variáveis independentes (causas), sob controlo, observando e interpretando as reacções e modificações ocorridas no objecto de pesquisa (efeito – variável dependente). O experimento é imprescindível e a interpretação deve ter fundamentação Aquisição de dados, sua análise crítica e validação;
- 4) Tratamento matemático adequado dos dados obtidos de modo a alcançar o objectivo da experiência.

## **CAPITULO III: PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO COLECTOR**

### **Materiais e Métodos Para a Construção**

A metodologia descreve todos os passos dados para a elaboração do trabalho, desde a concepção do tema até aos resultados da pesquisa.

Apresenta-se nesta secção o material necessário para a montagem do colector solar e um resumo dos passos seguidos para a sua construção.

#### **Material**

- 48 Garrafas de refrigerantes plásticas de 2 L;
- 72 Latas de refrigerantes de 300 ml;
- 10 Sprays de tinta preta fosca;
- 1 Frasco de cola;
- 6 Curvas de 90° de 20 mm;
- 12 “T” de 20 mm;
- 10 Uniões de 20 mm
- 16 Metros de tubo PVC de 20 mm;
- 1 Suporte de fixação do colector solar;
- 2 Tambores poliédrico de 25 L

#### **Material plástico e suas características**

As embalagens de poliéster tereftálico é o plástico usado na fabricação das garrafas.

Este material é utilizado por oferecer características como: leveza, resistência a choques, é seguro e difícil de romper além de possuir um custo baixo para o fabricante, é um polímero termoplástico desenvolvido por dois químicos britânicos Whinfield e Dickson em 1941, Utiliza-se principalmente na forma de fibras para tecelagem e de embalagens para bebidas.

As garrafas produzidas por este polímero só começaram a ser fabricadas na década 70 após cuidadosa revisão dos aspectos de segurança e meio ambiente.

### **Cloreto de Polivinila (PVC), suas características**

**PVC (Cloreto de Polivinila)** É o mais usado componente de família vanila. Seu valor comercial resulta de várias características que podem ser traduzidas em duas palavras – chave: **versatilidade e durabilidade.**

**Versatilidade** traduz-se pela utilização de seus produtos nas mais diversas finalidades, desde a condução de água fria. É importante destacar que a utilização de componentes de PVC implica na diminuição de custo de sistema instalação e em todos os casos, a utilização desses componentes permite que o sistema tenha um bom desempenho ao longo de toda a sua vida útil com manutenção de mais baixo custo.

**Durabilidade** – Este material têm vida útil superior a 20 anos e em alguns casos a 50 anos. É importante notar que o PVC, por ser um plástico não sofre corrosão. O PVC apresenta as seguintes características:

- É quimicamente inerte,
- É resistentes as intempéries (sol, maresia, chuva, vento)
- É impermeável a gases e líquidos
- É bom isolador térmico, eléctrico e acústico
- Mantém as propriedades por longos anos
- É leve o que facilita seu manuseio
- É durável
- Não propaga chama



Fig. 1 – Seleção do material (garrafas e latas)



## Processo de Construção do Colector

Na construção do colector segue-se passo a passo conforme a descrição detalhada no ALANO, 2006, para garantir um bom desempenho do sistema de aquecimento solar.

Escolheu-se um único tipo de garrafas plásticas todas do mesmo tamanho. Após a limpeza, as latas são furadas, pintadas de preto e colocadas em número de três de modo que se encaixem dentro das garrafas. Essas também são cortadas e encaixadas uma às outras, acompanhando a estrutura da garrafa como mostra a Fig. 4. Essa estrutura substitui a caixa do painel de absorção solar e o vidro nos colectores convencionais, protegendo o interior do colector de interferências externas e criando o efeito estufa.

O processo de fabricação do colector com latas fechadas é descrito pelas seguintes etapas:

1. Corte das garrafas de plásticas para montagem das unidades de aquecimento;
2. Lavagem das garrafas
3. Corte dos tubos de PVC com 1,62 m de comprimento;
4. Furo da lata para encaixe do tubo, através do uso de broca;
5. Pintura dos tubos absorvedores com tinta preta - fosco esmalte sintético;
6. Pintura das latas fechadas;
7. Fabricação da estrutura metálica para fixação do colector e tambores.

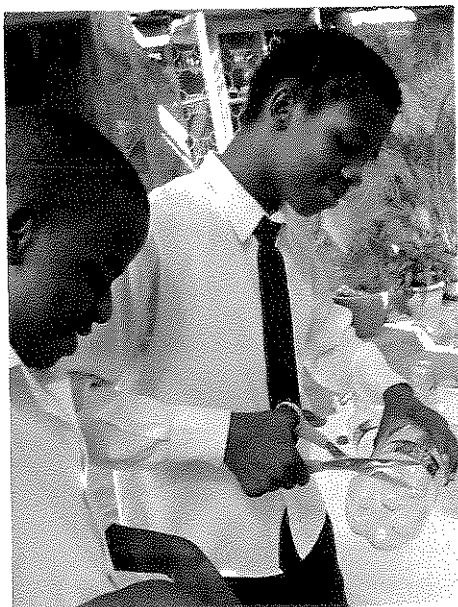


Fig. 2– Corte das garrafas

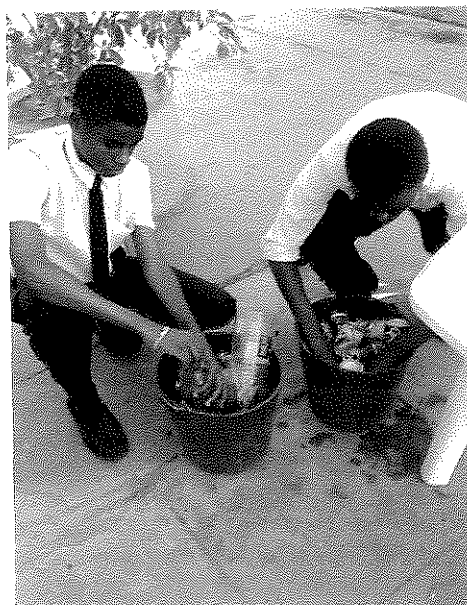


Fig. 2.1 lavagem das garrafas e latas



Fig. 3. – Corte dos tubos PVC



Fig. 3.1- pintura dos tubos PVC.

O processo de montagem do **colector com latas fechadas** é constituído pelas seguintes etapas:

1. Colocação dos tês de PVC nos tubos;
2. Montagem dos tubos nas garrafas plásticas;
3. Montagem dos tubos nas latas fechadas;
4. Fazer os procedimentos 1,2 e 3 para outras unidades de aquecimento;

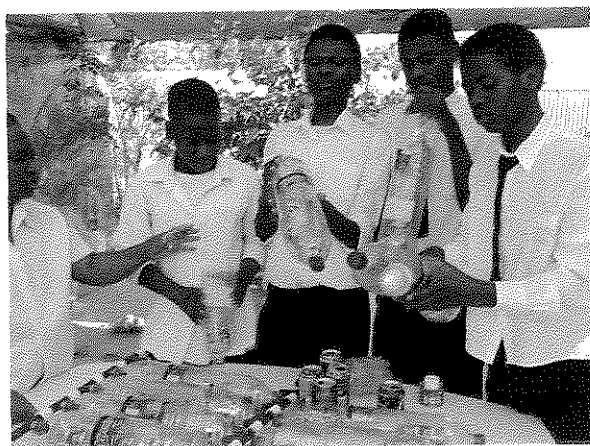


Fig. 4 – Montagem das latas nas garrafas



Fig. 4.1- Ensaio da montagem do colector

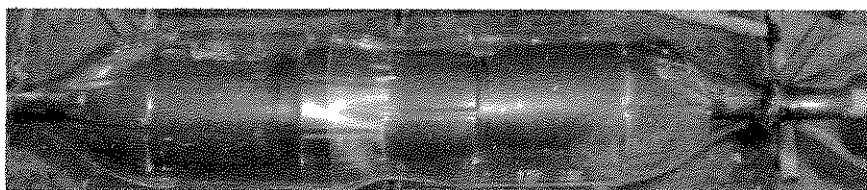


Fig. 5 – Parte da célula de um colector

A pintura dos tubos PVC e das latas foi feita utilizando spray preto fosco para secagem rápida. Como reservatório para água quente Usou-se um tambor plástico isolado por isotérmica, com capacidade de armazenar 25 L.

A grade absorvedora foi pintada de preto fosco para uma melhor absorção da radiação solar global incidente. Os tubos da grade absorvedora foram colados com cola de PVC especial. O colector apresenta área com cerca de  $1,28 \text{ m}^2$ , o efeito estufa é gerado no interior das unidades de aquecimento. O diâmetro central das garrafas é de 100 mm. O diâmetro da lata é de 65 mm.



Fig. 6. O colector na fase final

**Colector Solar:** é um dispositivo para recolha de energia solar, que tipicamente converte a radiação solar em energia térmica, transferindo-a para um fluido condutor de calor. Tem dois componentes essenciais: O colector solar para a captação da energia solar e o depósito para armazenamento da água quente.

O aquecimento solar pela característica da irradiação solar, não pode ser concebido como colector de passagem ou seja, tem que estar acoplado a um reservatório térmico capaz de manter a água aquecida por todo o dia. A energia luminosa do sol só age como elemento colector num período curto de 5 a 7 horas por dia, não sendo possível evitar a acumulação da água quente, que deve ser gerada neste curto período.

### **Funcionamento do colector solar:**

O colector estabelece a ligação entre a energia proveniente do sol e os utilizadores de água quente. O calor é gerado pela absorção dos raios solares através da placa que se comporta como um corpo negro (a chamada placa de absorvedora). Esta é a componente mais importante do colector. O fluido de transferência térmica (água) transporta o calor produzido no colector para o tanque de armazenamento solar.

O líquido utilizado neste fluido é a água devido as seguintes propriedades:

- A capacidade térmica elevada;
- Condutibilidade térmica elevada;
- Baixa viscosidade.

Além disso,

- Não entra em combustão;
- Não tem toxicidade;

A circulação de transferência térmica é feita através da transferência do calor captado pelo colector e é realizada a circulação natural (termossifão).

A água em contacto com a absorção aquece e a sua densidade diminui, o que permite a sua ascensão até ao depósito de água quente, sendo substituído no interior do colector pelo fluido de transferência térmica mais frio proveniente do depósito de água fria.

### **Impacto do uso do colector**

A energia solar é um recurso gratuito que pode proporcionar uma importante poupança para os seus utilizadores e contribuir para a redução das emissões do dióxido de carbono, consequentemente reduzir os problemas ambientais que se verificam.

A utilização do colector solar contribui para redução substancial da energia eléctrica.

### **Vantagens do aquecimento solar**

O aquecimento solar utiliza uma fonte de energia gratuita limpa e inesgotável, "o sol". A utilização do aquecimento solar não polui.

- Utiliza energia renovável e aquece a água a custo zero, visto que utiliza a energia solar.
- O custo de aquecimento é zero em regiões do sol constante.
- Possibilita a utilização da água quente de forma conveniente.
- Mais barato que um colector convencional.
- Oferece várias opções de montagem (sobre o telhado ou instalação livre).
- Permite a montagem simples (usando kits de construção do colector).
- Fortifica o trabalho em equipa.

### **Desvantagens**

- Em regiões pouco ensolaradas, o sistema eléctrico é accionado constantemente.
- À noite não existe luz solar e no caso da utilização mais intensiva acaba por ser necessário recorrer a uma resistência eléctrica.
- Apresenta menor eficiência em relação aos colectores convencionais.
- Não serve para gerar altas temperaturas, por exemplo: geração de vapor, fornecimento de calor para máquinas de refrigeração.
- Não pode ser usado para instalações horizontais no caso de sistemas e tubos de aquecimento (inclinação no mínimo 30° C)

### Colecta de Dados:

Foram avaliados os resultados obtidos e analisados os dados de perda térmica obtido no colector e os dados médios diários dos ensaios obedecendo as seguintes tabelas.

1	Área do colector	1,28 m <sup>2</sup>
2	Direcção do colector	Norte geográfico
3	Tubos PVC do sistema	20 mm
4	Capacidade interna do colector	3 L
5	Capacidade do reservatório de água	25 L
6	Tipo de reservatório	Polietileno
7	Duração de experiência	4 Dias

Tabela 1: Características do colector

As tabelas 2, 3,4 e 5 ilustram as medições das temperaturas de entrada e saída da água no colector e as respectivas variações das temperaturas.

Horário (h)	Temperatura (°C) H <sub>2</sub> O do reservatório	T (°C) H <sub>2</sub> O no Colector	$\Delta T$ T (°C)
9.30	29	37	8
10.0	29	39	16
10.30	30	43	13
11.00	33	43	10
11.30	33	50	17
12.00	40	56	16
12.30	36	54	20
13.00	36	56	20
13.30	36	54	18
14.00	37	56	17
14.30	37	56	16
15.00	37	52	16
15.30	36	52	15
16.00	34	49	15
16.30	29	46	17
17.00	28	44	16
17.30	26	42	16
<b>Media do dia</b>	<b>33,2</b>	<b>48,5</b>	<b>15,6</b>

De salientar que no início das medições a água aqueceu a 8°C, ao meio dia a água aqueceu a 20°C e no fim do dia cerca de 8h após o início das medições a variação de temperatura da água era de 16° C.

Considero este resultado muito positivo pois consegui mostrar que e possível aquecer a agua usando a energia solar.

Tabela 2: Resultados do Ensaio Térmico Realizado no Dia 1

**Horário (h):** Esta coluna representa o tempo em que as leituras foram tiradas em intervalos de 30 min.

**T H<sub>2</sub>O do reservatório:** Corresponde as leituras de temperatura de água tiradas antes de entrar no colector.

**T H<sub>2</sub>O no colector:** Representa as leituras de temperaturas da água tiradas na saída do colector (agua aquecida)

**$\Delta T$ :** É a diferença de temperaturas da água na saída e na entrada do colector.

Os gráficos 1, 2, 3 e 4 representam as variações de temperatura medida.

TEMPO (h)	$\Delta T^{\circ} C$
0:00	
0:30	
1:00	
1:30	
2:00	
2:30	
3:00	
3:30	
4:00	
4:30	
5:00	
5:30	
6:00	
6:30	
7:00	
7:30	
8:00	
8:30	
9:30	8
10:00	16
10:30	13
11:00	10
11:30	17
12:00	16
12:30	20
13:00	20
13:30	18
14:00	17
14:30	16
15:00	16
15:30	15
16:00	15
16:30	17
17:00	16
17:30	16

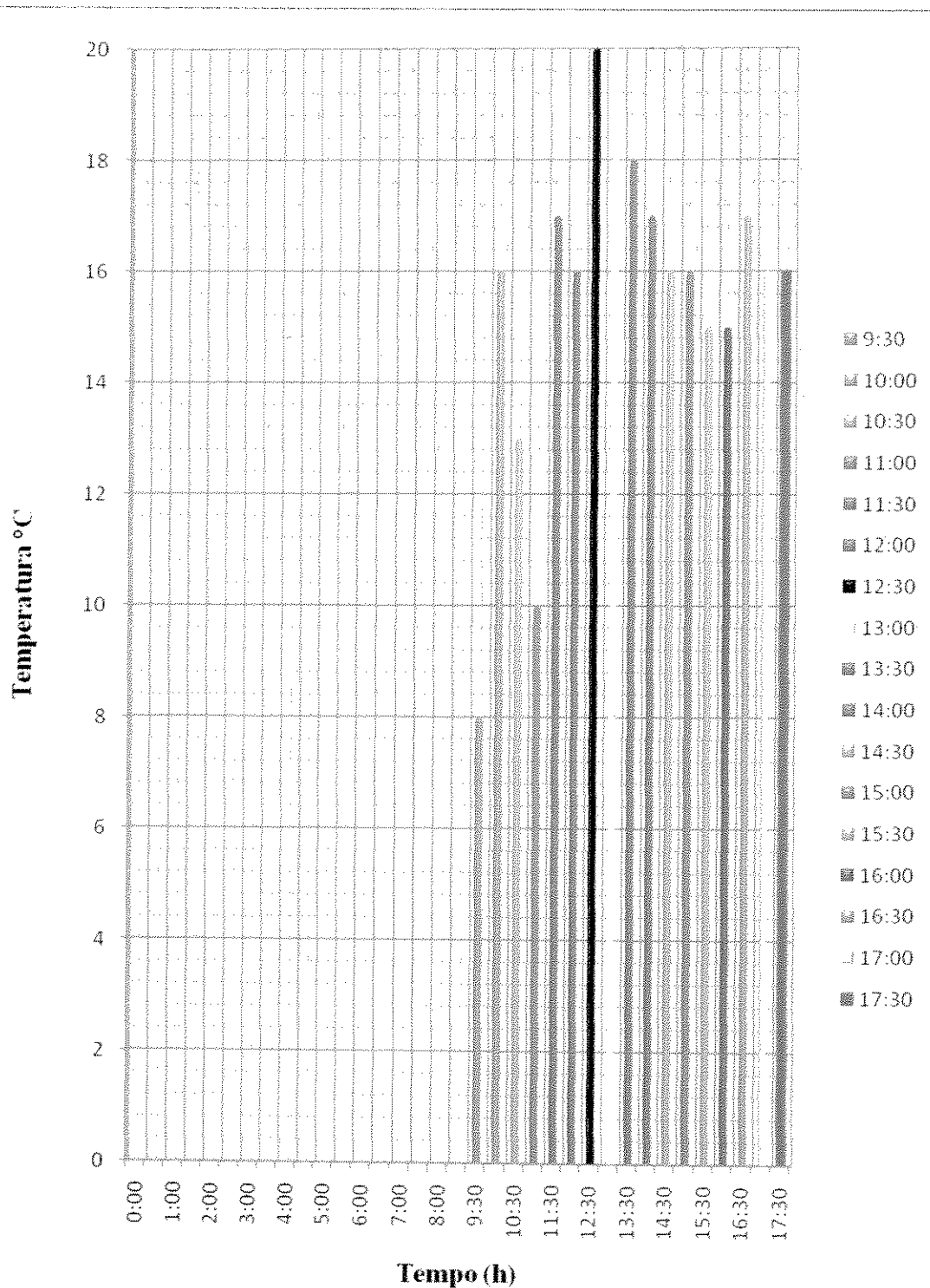


Gráfico 1: Comportamento dos valores de gradiente de temperatura no colector do dia 1



Horário (h)	Temperatura em °C H <sub>2</sub> O do Reservatório	T (°C) H <sub>2</sub> O no colector	ΔT (°C)	
9.30	28,0	32,0	4,0	Neste segundo dia a água aqueceu mais provavelmente porque era dia muito calor
10.0	29,0	35,0	6,0	
10.30	29,0	39,0	10,0	
11.00	30,0	46,0	16,0	
11.30	30,0	48,0	18,0	
12.00	33,0	52,0	19,0	
12.30	33,0	52,0	19,0	
13.00	31,0	54,0	23,0	
13.30	31,0	54,0	23,0	
14.00	32,0	58,0	26,0	
14.30	32,0	59,0	27,0	
15.00	31,0	57,0	26,0	
15.30	30,0	56,0	26,0	
16.00	29,0	55,0	26,0	
16.30	28,0	54,0	26,0	
17.00	27,0	54,0	27,0	
17.30	26,0	53,0	27,0	
<b>Media do dia</b>	<b>29,9</b>	<b>50,5</b>	<b>29,6</b>	

Tabela 3: Resultados do Ensaio Térmico Realizado no Dia 2

**Horário (h):** Esta coluna representa o tempo em que as leituras foram tiradas em intervalos de 30 min.

**T H<sub>2</sub>O do reservatório:** Corresponde as leituras de temperatura de água tiradas antes de entrar no colector.

**T H<sub>2</sub>O no colector:** Representa as leituras de temperaturas da água tiradas na saída do colector (agua aquecida)

**ΔT:** É a diferença de temperaturas da água na saída e na entrada do colector.

TEMPO (H)	$\Delta T^\circ$
0:00	
0:30	
1:00	
1:30	
2:00	
2:30	
3:00	
3:30	
4:00	
4:30	
5:00	
5:30	
6:00	
6:30	
7:00	
7:30	
8:00	
8:30	
9:30	4
10:00	6
10:30	10
11:00	16
11:30	18
12:00	19
12:30	19
13:00	23
13:30	23
14:00	26
14:30	27
15:00	26
15:30	26
16:00	26
16:30	26
17:00	27
17:30	27

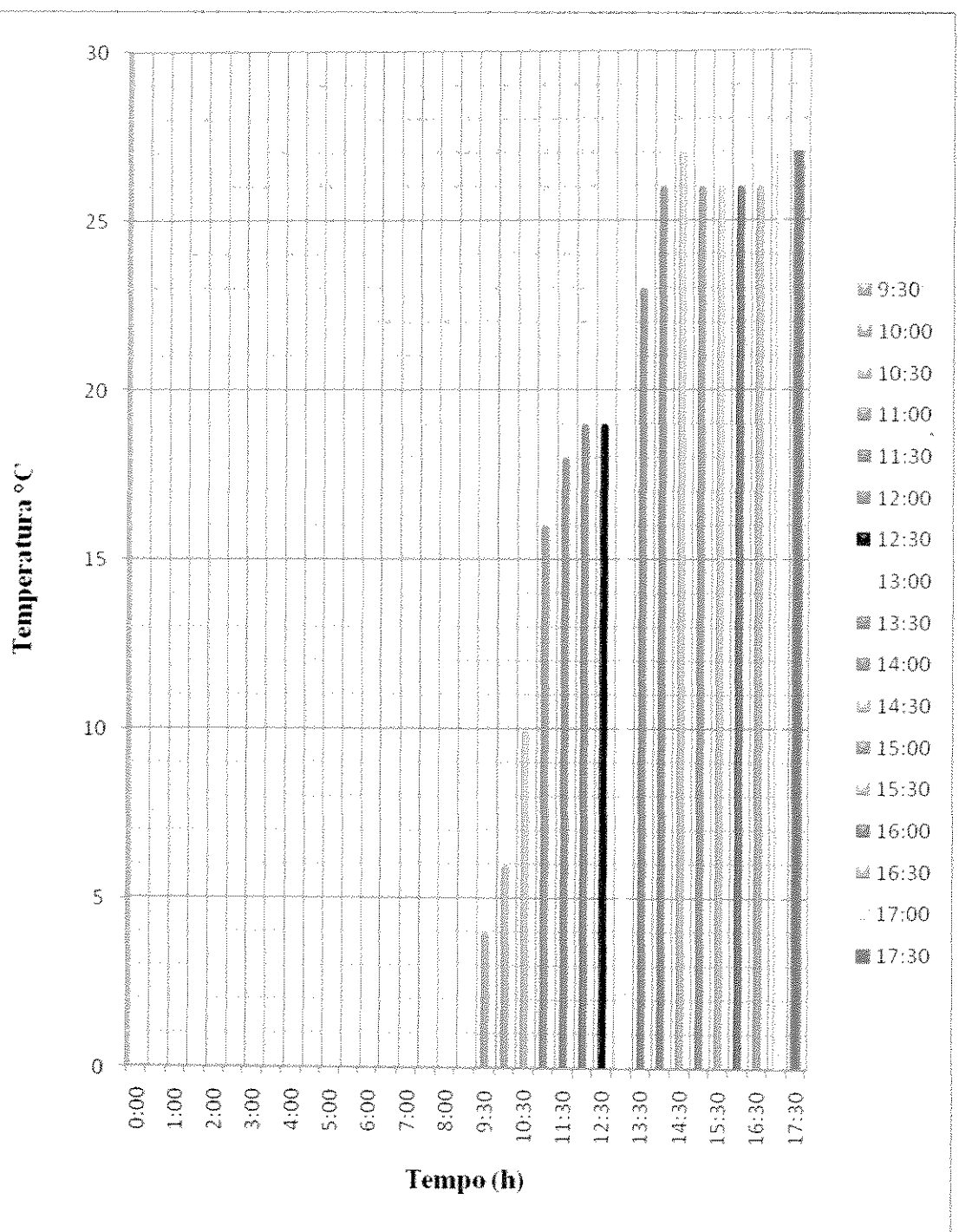


Gráfico 2: Comportamento dos valores de gradiente de temperatura no colector do dia 2

Horário (h)	Temperatura (°C) H <sub>2</sub> O no reservatório	T (°C) H <sub>2</sub> O no colector	ΔT (°C)
9.30	30,0	35,0	5,0
10.0	31,0	42,0	11,0
10.30	31,0	43,0	12,0
11.00	32,0	45,0	13,0
11.30	33,0	47,0	14,0
12.00	34,0	48,0	14,0
12.30	34,0	52,0	18,0
13.00	35,0	55,0	20,0
13.30	35,0	55,0	20,0
14.00	36,0	57,0	21,0
14.30	36,0	58,0	22,0
15.00	36,0	58,0	22,0
15.30	36,0	58,0	22
16.00	36,0	58,8	22,8
16.30	35,0	58,0	23,0
17.00	34,0	56,0	22,0
17.30	33,0	54,0	21,0
<b>Media do dia</b>	<b>32,1</b>	<b>54,6</b>	<b>22,5</b>

No terceiro dia obtivemos melhores resultados que no primeiro dia pois provavelmente já manipulávamos melhor o colector solar.

Tabela 4: Resultados do Ensaio Térmico Realizado do Dia 3

**Horário (h):** Esta coluna representa o tempo em que as leituras foram tiradas em intervalos de 30 min.

**T H<sub>2</sub>O do reservatório:** Corresponde as leituras de temperatura de água tiradas antes de entrar no colector.

**T H<sub>2</sub>O no colector:** Representa as leituras de temperaturas da água tiradas na saída do colector (agua aquecida)

**ΔT:** É a diferença de temperaturas da água na saída e na entrada do colector.

TEMPO (h)	$\Delta T$ °C
0:00	
0:30	
1:00	
1:30	
2:00	
2:30	
3:00	
3:30	
4:00	
4:30	
5:00	
5:30	
6:00	
6:30	
7:00	
7:30	
8:00	
8:30	
9:30	30
10:00	31
10:30	31
11:00	32
11:30	33
12:00	34
12:30	34
13:00	35
13:30	35
14:00	36
14:30	36
15:00	36
15:30	36
16:00	36
16:30	35
17:00	34
17:30	33

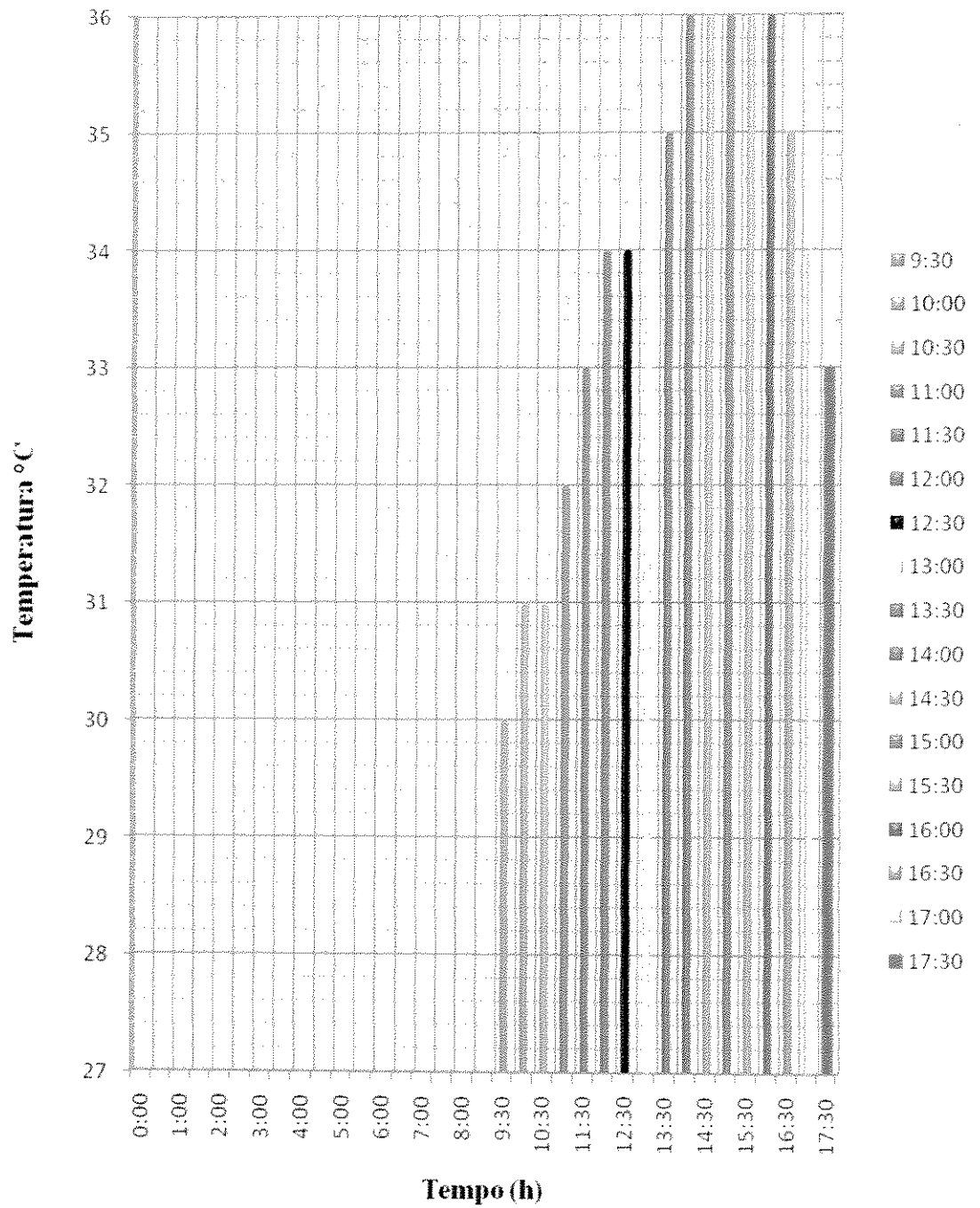


Gráfico 3: Comportamento dos valores de gradiente de temperatura no colector do dia 3

Horário (°C)	Temperatura (°C) H <sub>2</sub> O no reservatório	T (°C) H <sub>2</sub> O no colector	ΔT (°C)
9.30	32,0	37,0	5,0
10.0	32,0	42,0	10,0
10.30	33,0	47,0	14,0
11.00	34,0	49,0	15,0
11.30	35,0	52,0	17,0
12.00	35,0	52,0	17,0
12.30	36,0	56,0	20,0
13.00	36,0	58,0	22,0
13.30	36,0	58,0	22,0
14.00	36,0	58,0	22,0
14.30	36,0	58,8	22,8
15.00	37,0	60	23,0
15.30	37,0	60,2	23,2
16.00	37,0	60	23,0
16.30	36,0	60,0	24,0
17.00	35,0	58,0	23,0
17.30	33,0	58,0	23,0
<b>Media do dia</b>	<b>33,2</b>	<b>50,9</b>	<b>17,7</b>

A média foi menor que nos restantes dias pois o dia estava bastante quente

Tabela 5: Resultados do Ensaio Térmico Realizados no Dia 4

**Horário (h):** Esta coluna representa o tempo em que as leituras foram tiradas em intervalos de 30 min.

**T H<sub>2</sub>O do reservatório:** Corresponde as leituras de temperatura de água tiradas antes de entrar no colector.

**T H<sub>2</sub>O no colector:** Representa as leituras de temperaturas da água tiradas na saída do colector (agua aquecida)

**ΔT:** É a diferença de temperaturas da água na saída e na entrada do colector.

TEMPO (H)	$\Delta T$ (°C)
0:00	
0:30	
1:00	
1:30	
2:00	
2:30	
3:00	
3:30	
4:00	
4:30	
5:00	
5:30	
6:00	
6:30	
7:00	
7:30	
8:00	
8:30	
9:30	5
10:00	10
10:30	14
11:00	15
11:30	17
12:00	17
12:30	20
13:00	22
13:30	22
14:00	22
14:30	22,8
15:00	23
15:30	23,2
16:00	23
16:30	24
17:00	23
17:30	25

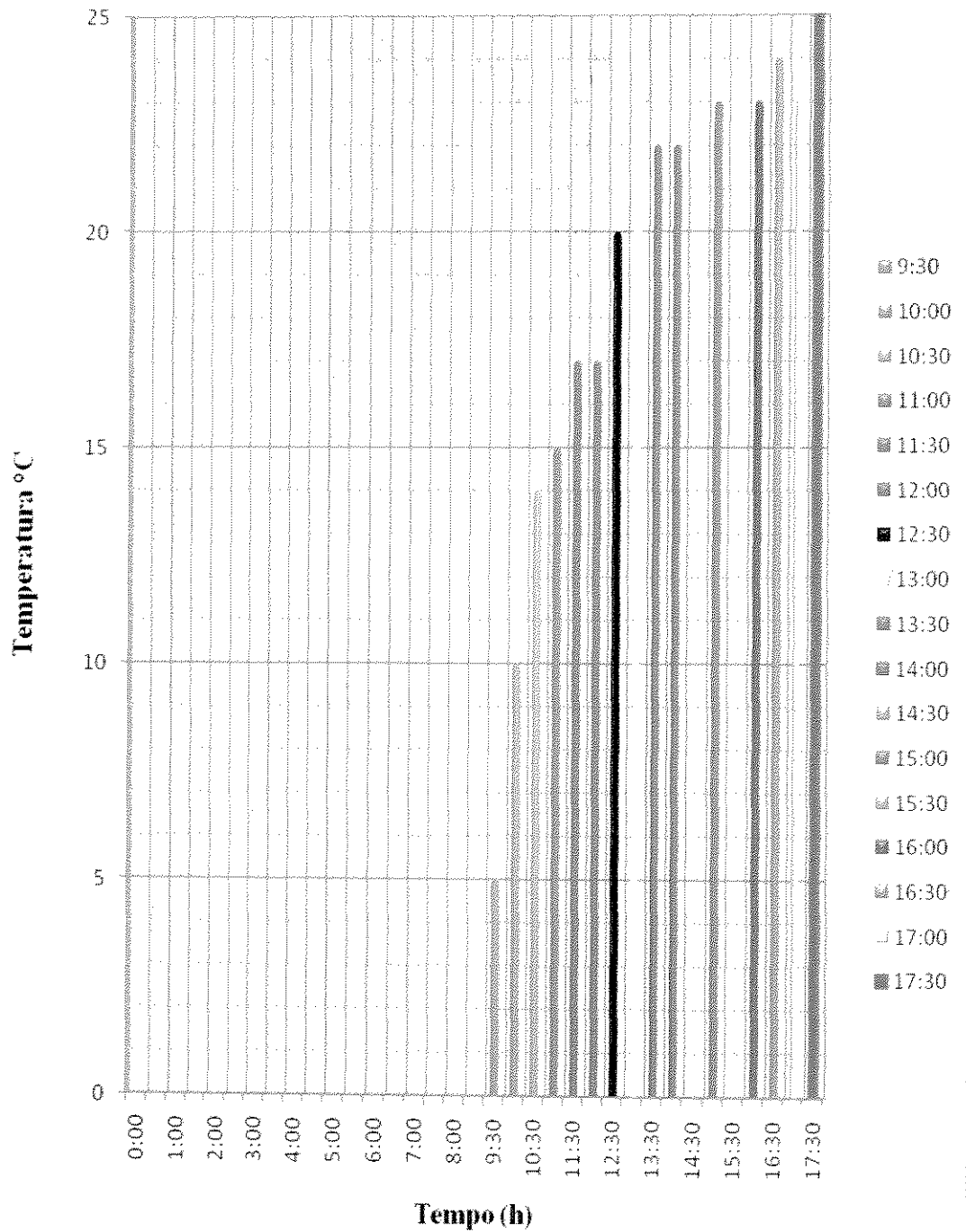


Gráfico 4: Comportamento dos valores de temperatura de mistura do dia 4

### Quantidade de Calor Fornecido pelo Colector Solar

Sabe-se da Física escolar que a quantidade de calor envolvida no aquecimento de um corpo e dada pela expressão  $Q = mc\Delta T$ . Este calor é o exactamente fornecido pelo colector solar e por isso usamos aquela expressão para determinar o calor fornecido pelo colector solar. A razão entre o calor fornecido pelo colector e a área do colector chama-se Irradiação e representa-se pela letra **I**. Assim uso estas duas expressões para calcular o calor e a irradiação do colector solar nos quatro dias em que verifiquei o seu funcionamento.

No primeiro dia

$$Q_1 = m * Ce * \Delta T$$

$$Q_1 = 25 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} * (15,6 + 273) \text{ K}$$

$$Q_1 = 30158,7 \text{ kJ}$$

$$I_1 = \frac{Q_1}{A} = \frac{30158,7 \text{ KJ}}{1,28 \text{ m}^2} = 23561,5 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2}$$

No segundo dia

$$Q_2 = m * Ce * \Delta T$$

$$Q_2 = 25 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} * (20,6 + 273) \text{ K}$$

$$Q_2 = 30681,2 \text{ kJ}$$

$$I_2 = \frac{Q_2}{A} = \frac{30681,2 \text{ KJ}}{1,28 \text{ m}^2} = 24704,5 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2}$$

No terceiro dia

$$Q_3 = m * Ce * \Delta T$$

$$Q_3 = 25 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} * (22,5 + 273) \text{ K}$$

$$Q_3 = 30679,75 \text{ kJ}$$

$$I_3 = \frac{Q_3}{A} = \frac{30679,75 \text{ KJ}}{1,28 \text{ m}^2} = 24124,8 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2}$$

No quarto dia

$$Q_4 = m * C_e * \Delta T$$

$$Q_4 = 25 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} * (17,7 + 273) \text{ K}$$

$$Q_4 = 30378,2 \text{ kJ}$$

$$I_4 = \frac{Q_4}{A} = \frac{30378,2 \text{ KJ}}{1,28 \text{ m}^2} = 23732,9 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2}$$

Cálculo do rendimento térmico do colector

$$\eta_t = \frac{T_f - T_i}{T_f}$$

$\eta_t$  = Rendimento térmico

$T_i$  = temperatura da água na entrada do colector

$T_f$  = Temperatura da água na saída do colector

Primeiro dia:

$$\eta_t = \frac{T_f - T_i}{T_f} = \frac{(48,8 - 33,2) \text{ }^\circ\text{C}}{48,8 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,32$$

$$\eta_t = 0,32 * 100\% = 32\%$$



**Segundo dia**

$$\eta_{\tau} = \frac{T_f - T_i}{T_f} = \frac{(50,5 - 29,9)^{\circ}\text{C}}{50,5^{\circ}\text{C}} = 0,41$$

$$\eta_{\tau} = 0,41 * 100\% = 41\%$$

**Terceiro dia**

$$\eta_{\tau} = \frac{T_f - T_i}{T_f} = \frac{(54,6 - 32,1)^{\circ}\text{C}}{54,6^{\circ}\text{C}} = 0,41$$

$$\eta_{\tau} = 0,41 * 100\% = 41\%$$

**Quarto dia**

$$\eta_{\tau} = \frac{T_f - T_i}{T_f} = \frac{(50,9 - 33,5)^{\circ}\text{C}}{50,9^{\circ}\text{C}} = 0,35$$

$$\eta_{\tau} = 0,35 * 100\% = 35\%$$

Para ter uma análise comparativa entre os dias de ensaios fez-se a tabela 6 que ilustra os valores médios obtidos nos quatros dias de testes, será apresentado o gráfico que resume o comportamento da variação de temperatura.

Dia	Temperatura (°C) entrada H <sub>2</sub> O	Temperatura (°C) saída H <sub>2</sub> O	$\Delta T$ (°C)	I (kW/m <sup>2</sup> )	$\eta_t$ %
Dia 1	33,2	48,8	15,6	23561,4	0,32
Dia 2	29,9	50,5	20,6	23969,6	0,41
Dia 3	32,1	54,6	22,5	24124,8	0,41
Dia 4	33,2	50,9	17,7	23732,9	0,35
<b>Média</b>	<b>32,1</b>	<b>51,2</b>	<b>19,1</b>	<b>23847,1</b>	<b>0,37</b>

Tabela 6: Dados médios dos testes

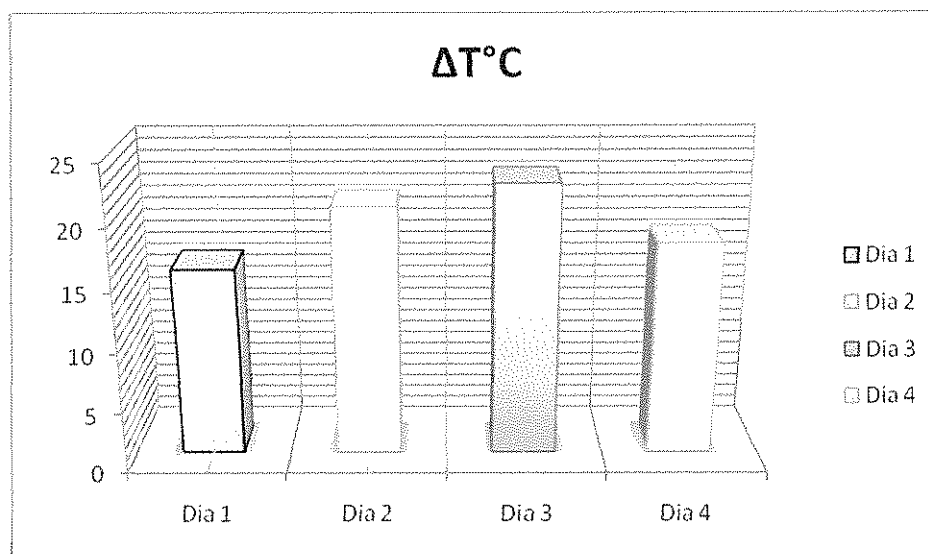


Gráfico 5: Dados médios do gradiente dos dias de testes realizados

Os gradientes de temperatura gerados nos quatro dias de ensaios apresentam variações pouco significativas, demonstrando que as condições solarimétricas nos dias de ensaio foram quase idênticas.

O rendimento térmico esteve abaixo da relativa aos colectores convencionais. Isto aconteceu devido a falta de isolamento térmico no colector.

## **CAPITULO IV: VISÃO DA APLICAÇÃO DO MEIO DIDÁCTICO E RESULTADOS DA PESQUISA**

### **Visão do uso do colector solar no ensino:**

Se este aparelho for usado no ensino o aluno terá a oportunidade de relacionar o estudo científico com o seu quotidiano e se posicionar criticamente diante das formas de gerar energia” questão ambiental”. A definição do tema “calor e energia ” permitiu que a professora actuasse sobre os conceitos físicos importantes de termologia, numa abordagem temática que incluiu situações significativas aos alunos, em oposição a uma visão estereotipada dos conceitos (concepção prévia em relação aos conceitos) apresentados em uma abordagem meramente conceitual.

Este meio didáctico permite introduzir o conceito calor como energia, tópicos como a capacidade térmica e calor específico de uma substância foram apresentados. Explorou-se os processos de transferência de calor de substâncias através da condução, convecção e radiação. Outra questão muito importante foi a da condutividade térmica.

O colector solar é um dispositivo projectado para transformar a luz solar em calor. Para discutir como a água entra fria e sai quente, introduzir o conceito calor, como fluxo de energia de um corpo com maior temperatura para um corpo com menor temperatura, trabalhar de forma prática com o termómetro medindo a temperatura da água que entra e que sai do colector e a temperatura da sua superfície externa.

O uso do reservatório térmico permite discutir tópicos como capacidade térmica e calor específico cuja função é impedir que haja troca de calor da água com o meio ambiente.

Usou-se a garrafa plástica para causar o efeito estufa, retendo assim uma boa parte da radiação infravermelha. Sabemos que os corpos mais escuros absorvem maior quantidade de energia que os corpos claros, desta forma discute-se as características de um corpo negro ideal, como bom emissor e absorvedor de calor.

A influência das cores foi outro aspecto destacado, na expectativa de compreender o motivo pelo qual a placa do colector deveria ser pintada de preto.

### **Resultados da pesquisa:**

O resultado desta pesquisa e um colector solar proposto como material didáctico. Este colector com latas fechadas gerou um menor gradiente de temperatura e em consequência uma menor temperatura da água contida no reservatório térmico.

Os valores do rendimento térmico foram inferiores que às de colectores convencionais atingiram em media 37%.

Este rendimento está abaixo dos valores relativos aos colectores convencionais, este resultado já era esperado em função da inexistência do isolamento térmico, vidro de cobertura e caixa de armazenamento, elementos que minimizam as perdas térmicas de um colector solar.

Os valores calculados apontam para um coeficiente global de perda bem superior porém deve-se levar em conta que o colector em estudo não apresenta as condições citadas anteriormente. Mesmo com esse coeficiente o sistema foi viável para o fim proposto.

No que diz respeito a temperatura da superfície interna dos tubos absorvedores de PVC seu valor médio foi de 51,2 °C esteve pouco abaixo da temperatura para início da degradação térmica em torno de 60 °C, o que demonstra que é viável a utilização de tubos de PVC como elemento absorvedor em colectores solares.

Os materiais necessários para a construção do colector foram: garrafas plásticas, latas de refrigerante, tubo PVC de 20 mm, curva, tês de 20 mm e cola PVC.

Durante este trabalho constatamos que e possível:

- Fazer a montagem da grade absorvedora, através do uso de curvas em T de PVC
- Usar a cola PVC para alta temperatura na ligação das junções em T e tubos absorvedores, com bastante eficiente para evitar vazamentos.
- Usar este meio didáctico no ensino e deste modo o aluno ter a oportunidade de relacionar o estudo científico com o seu quotidiano e se posicionar criticamente diante das formas de se gerar energia que é também uma questão ambiental.

### **CONCLUSÕES E SUGESTÕES:**

O Problema que tratamos nesta pesquisa e a falta de material de ensino. A ideia que tive para contribuir para a solução deste problema foi construir um colector. Consegui este objectivo pois o colector solar pode ser visto no parque da Faculdade de Ciências Naturais e Matemática ao lado do laboratório de Física.

Os dados da temperatura da água que circula pelo colector mostra que de facto a água aquece.

Parece nos que o instrumento e adequado para o ensino da calorimetria.

Sugiro a mim mesmo continuar com este trabalho. Sendo possível gostaria de aplicar o instrumento no processo de ensino.

Gostaria também de melhorar a eficiência do instrumento, isto é, O que é necessário para este colector solar ferver água!?

Parece o instrumento oferece varia potencialidades de uso no ensino desde o tratamento de conceitos envolvidos na calorimetria ate a sua construção.

CUSTO DO MATERIAL

Nº de ordem	Artigo	Quantidade	Preço unitário (MT)	Custo (MT)
1	Cola PVC	3	200,00	600,00
2	Garrafas plásticas de 2 l	48	15,00	720,00
3	Cola de isotérmico	1	980,00	980,00
4	Isotérmica	1	220,00	220,00
5	Sprays de tinta preta fosca	5	160,00	800,00
6	Tubo de cola	2	175,00	350,00
7	Adaptadores	9	25,00	225,00
9	Curvas de 90 <sup>o</sup> de 20 mm	9	25,00	225,00
10	T de 20 mm	16	25,00	400,00
11	Latas de refrescos de 330 ml	72	15,00	1080,00
12	Tambor poliédrico de 25 L	2	250,00	500,00
14	Tubo PVC de 20 mm	14	10,00	140,00
15	Lona plástica preta	1	100,00	100,00
16	Suporte de fixação do colector	1	1200,00	1200,00
17	Pincel	1	30,00	30,00
18	Torneiras	2	60,00	120,00
19	Teflon	10	15,00	150,00
<b>Total</b>				<b>5255,00</b>

## **BIBLIOGRAFIA**

Alvarenga, Beatriz e Máximo António, Curso de Física, volume 1, Editora Harbra

A. V. Piórichkine, N. A. Ródina, Física 1, Editora Mir Moscovo

CARVALHO Maria Margarida; ET All; Física para o 2º ano do Curso Complementar do Ensino Secundário; editora Livraria Sá da Costa 3ª edição Lisboa, 1985.

Enciclopédia do Conhecimento da Ciência e Tecnologia, A Física, Rosomni editores, 1990.

LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Mariana De Andrade. Fundamentos de Metodologia V. Piórichkine, N. A. Ródina; Física 1, editora Mir Moscovo, 1984.

LIBANEO, José Carlos. Didáctica Científica, Cortês editora. São Paulo, 1992

4ª edição, Editora atlas, S. A. São Paulo 2001

TIPLER, Paul A., Física, LTC editora, 4ª edição Volume 1, Rio de Janeiro

[w3.noyoacesso.com.br/teorias-da-aprendizagem/teoriaedwardthorndike](http://w3.noyoacesso.com.br/teorias-da-aprendizagem/teoriaedwardthorndike)

<http://pt.wikipedia.org/wiki/teoria-cognitivista>

<http://percursos.dosaber.webnode.pt>.