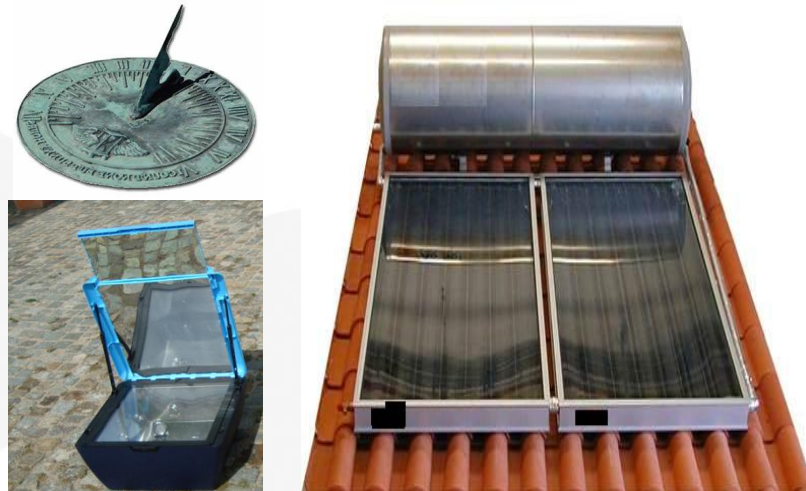




Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011



Energia Solar Térmica e Aplicações

João Paulo Costa

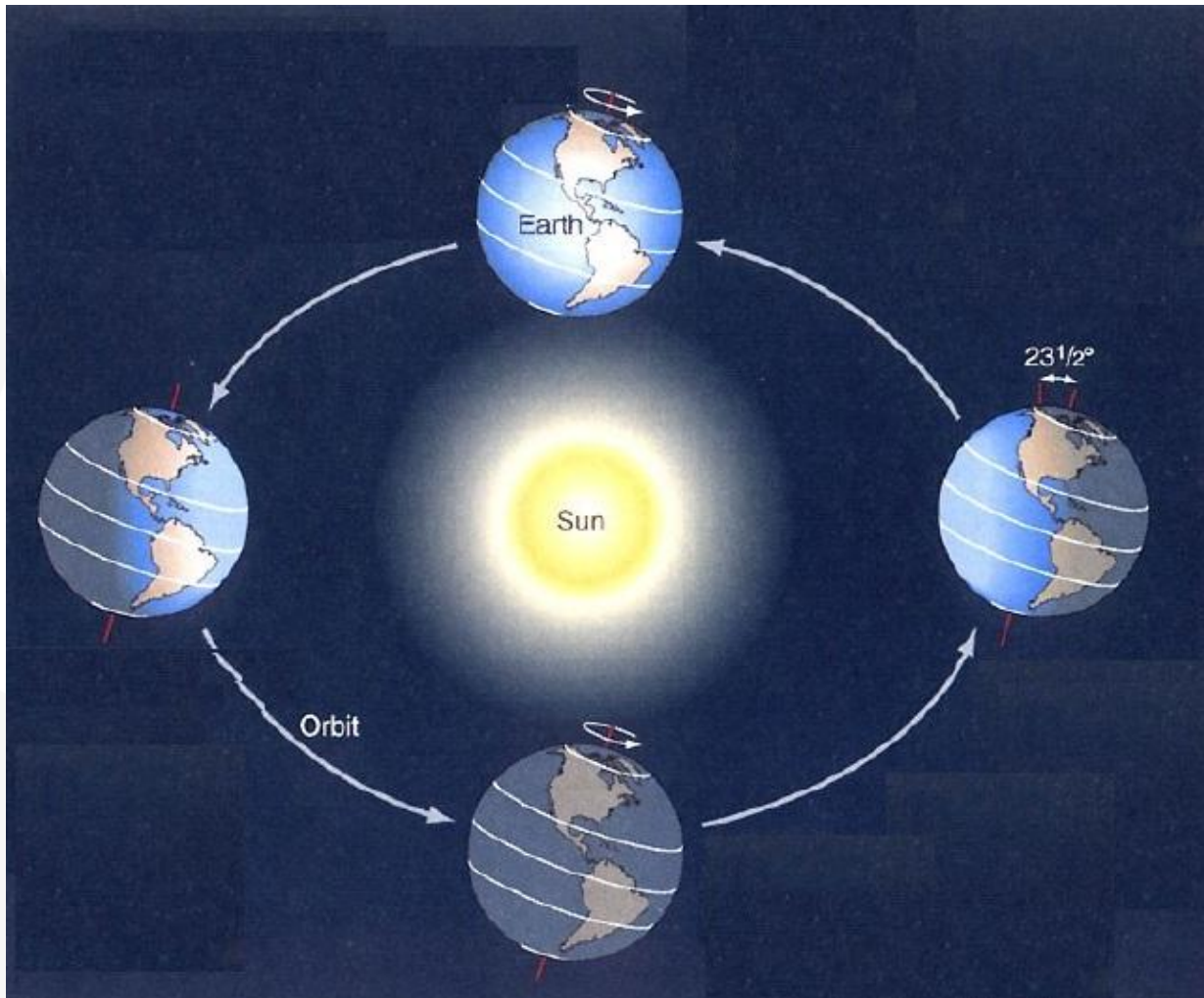
LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia
Estrada do Paço do Lumiar, 1649 -038 Lisboa, PORTUGAL
joao.costa@lneg.pt

Conteúdo:

- Energia Solar:
 - Natureza da radiação solar
 - Geometria da energia solar
- Relógios de sol
 - Tipos de relógios de sol; orientação
 - Construção
- Fornos Solares
 - Princípios de fornos solares
 - Exemplos de construção de fornos solares
- Colectores solares
- Outros



Energia Solar

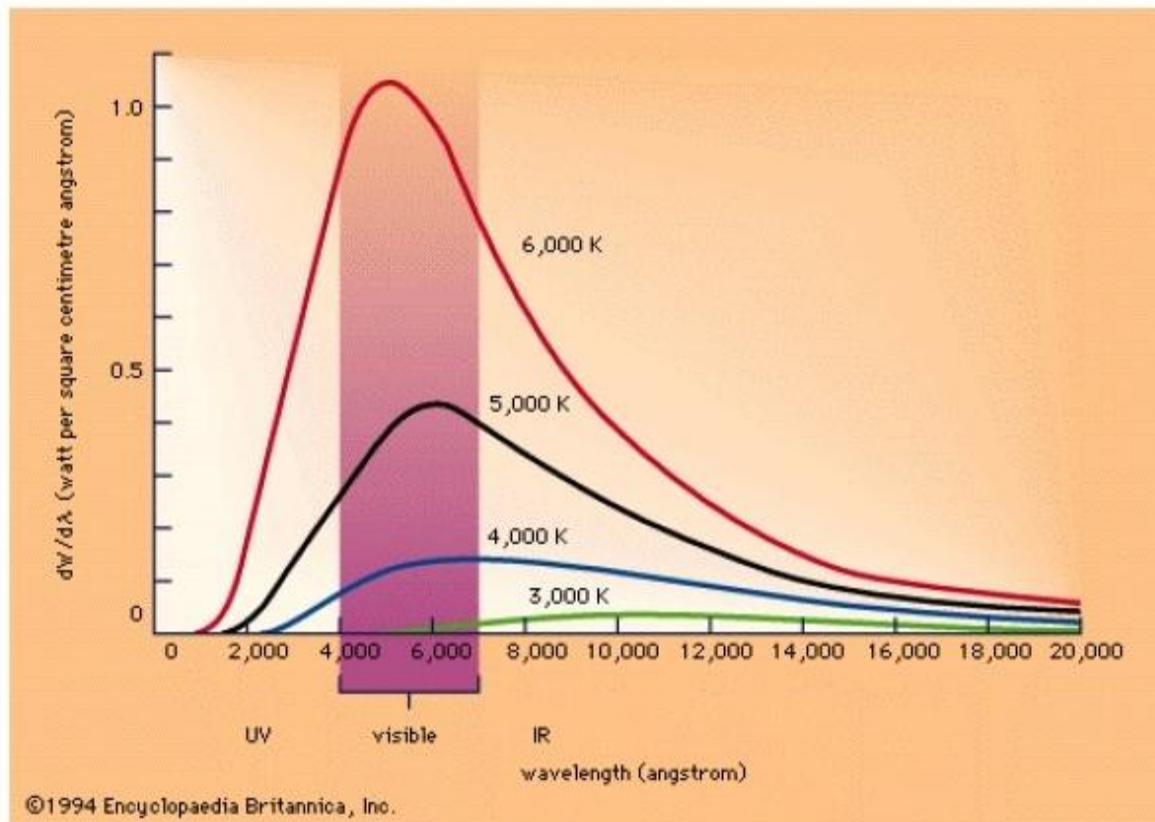


Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Sol - Radiação de Corpo negro a 5700 K

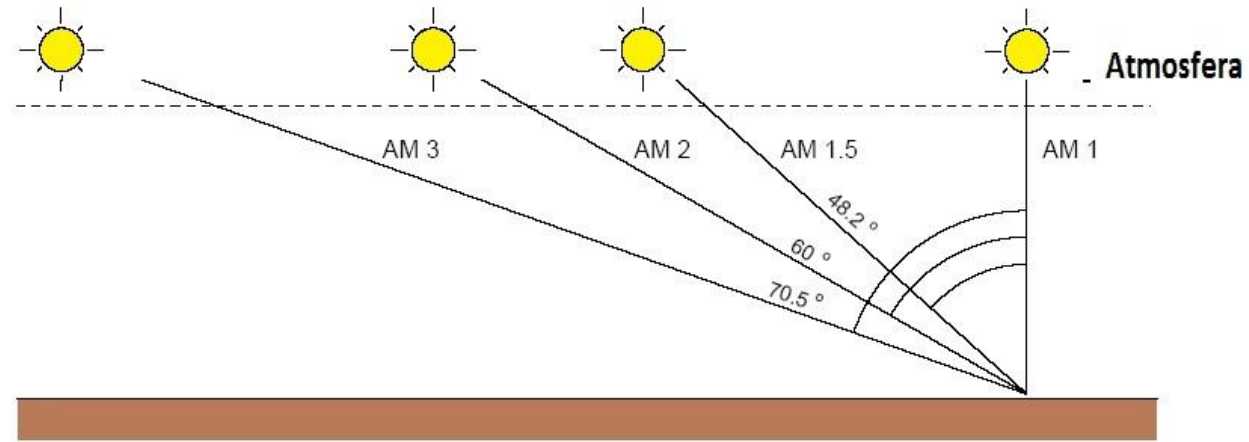
Sol pode ser considerado como um corpo negro a 5700 K de Temperatura:

Distribuição do fluxo de radiação emitido:



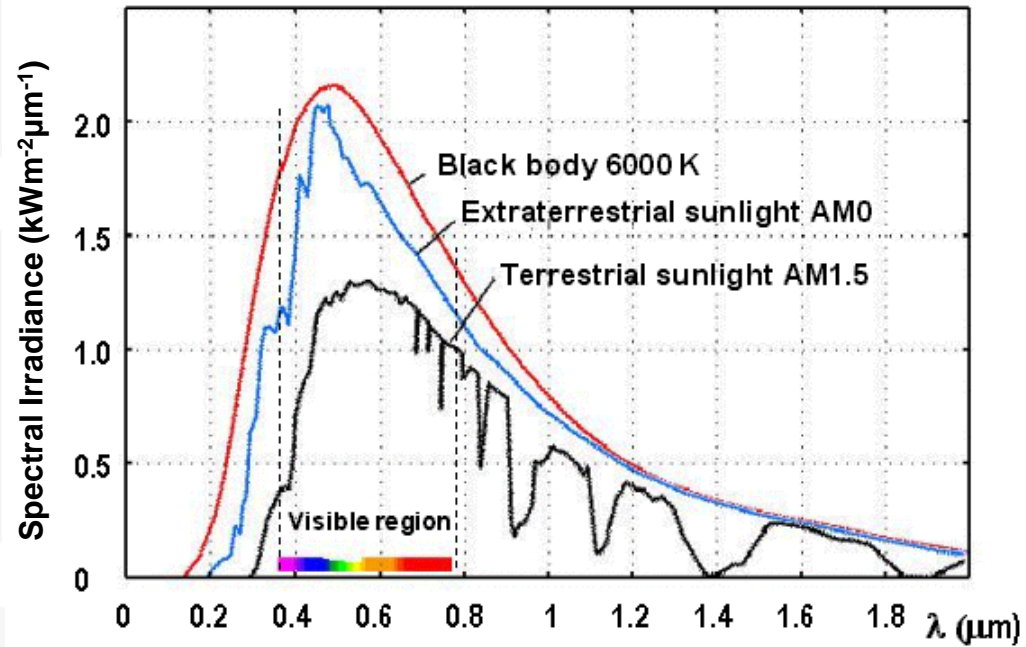
Radiação Electromagnética por área e comprimento de onda da radiação

Diferentes inclinações Sol
=>
Diferentes fluxos Radiação

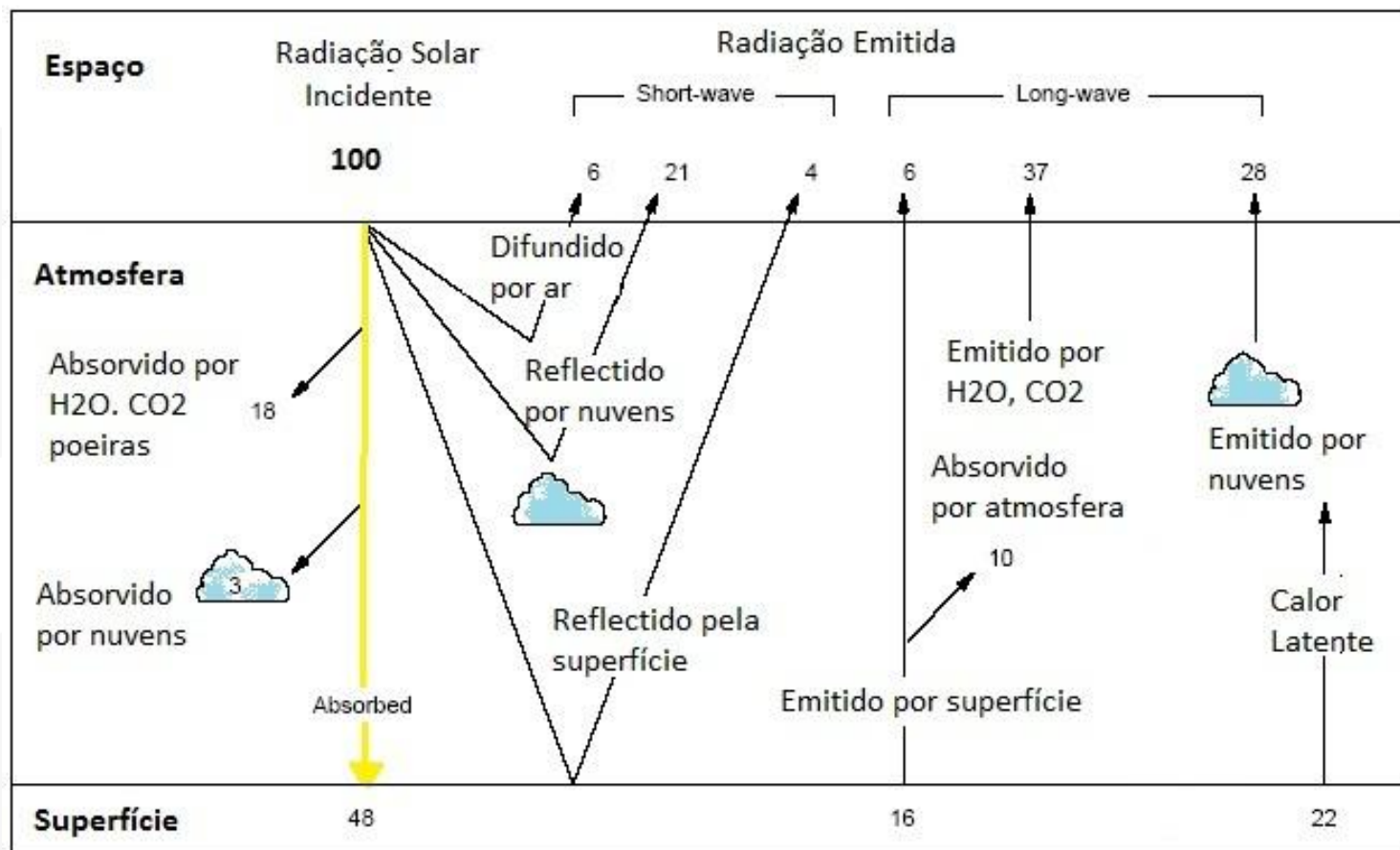


Distribuição do fluxo de radiação emitido:

- AM 1
- AM 1.5
- ...

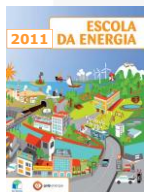


Componentes da atmosfera influem na quantidade de radiação que chega à superfície



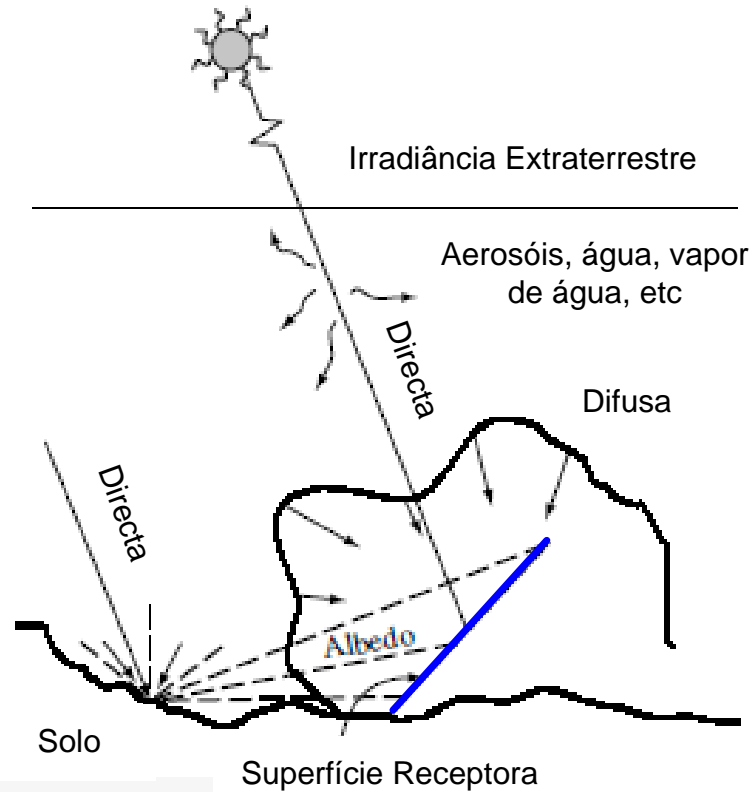
Influência da Atmosfera na Radiação Solar

Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011



As Componentes da Radiação Solar

- Directa
- Difusa
- Reflectida*

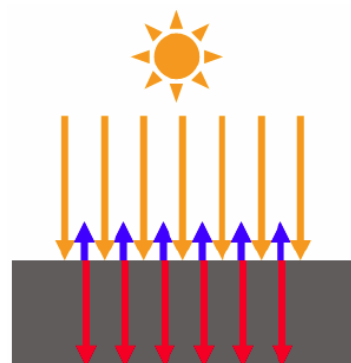


*reflexão no solo - albedo

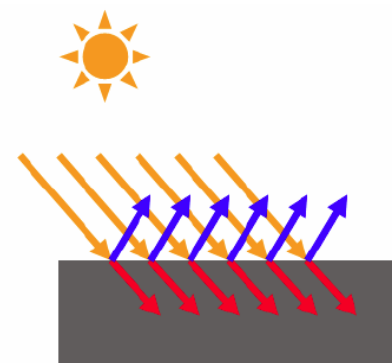
Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

A Radiação Incidente numa Superfície

- A quantidade de radiação solar captada numa superfície é máxima quando esta está posicionada perpendicularmente à radiação solar (ângulo de zénite = 0°).



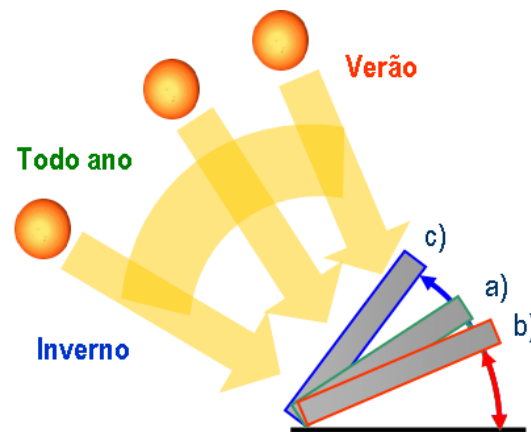
Ângulo de zénite = 0°



Ângulo de zénite $\neq 0^\circ$

- Favorecimento do **Verão** (b), **Inverno** (c), ou maximização da **captação anual de energia** (a), de acordo com a inclinação dos módulos fotovoltaicos.

- Para Portugal, a inclinação que maximiza a produção fotovoltaica durante todo o ano corresponde à latitude do local menos 5° .



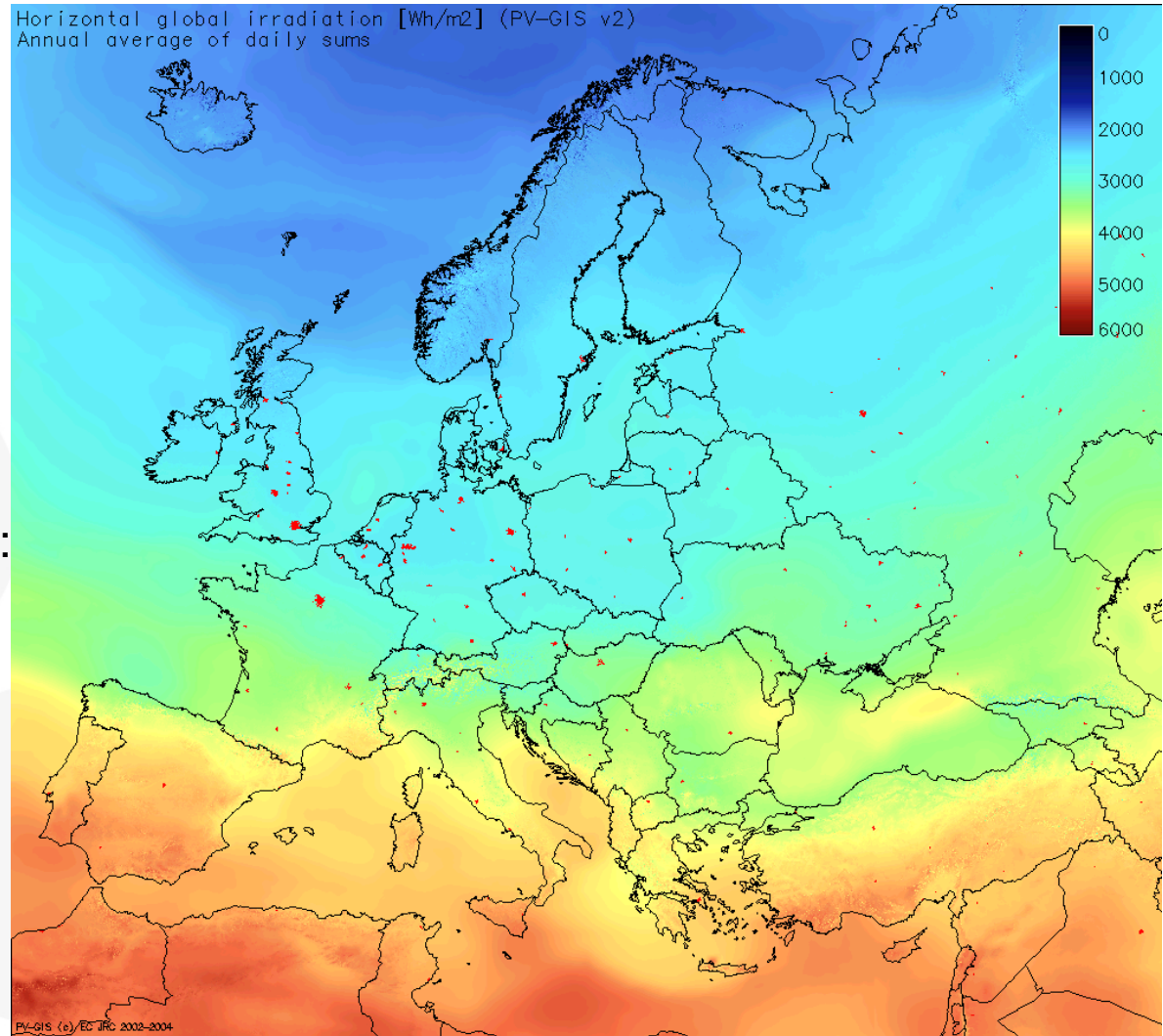
Energia Solar à superfície

Radiação Horizontal Diária

Média anual:

Noruega... Suécia... Finlândia:
2 - 3 kWh/m².dia

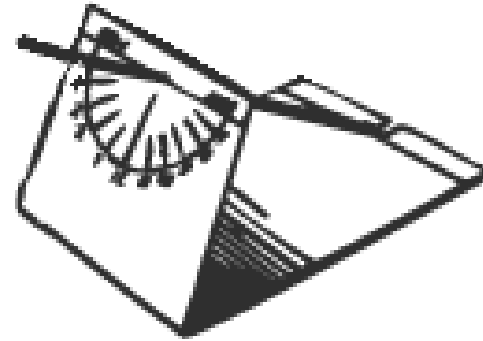
Portugal... Espanha:
4 - 6 kWh /m².dia



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Relógios de Sol

Relógio de Sol Equatorial



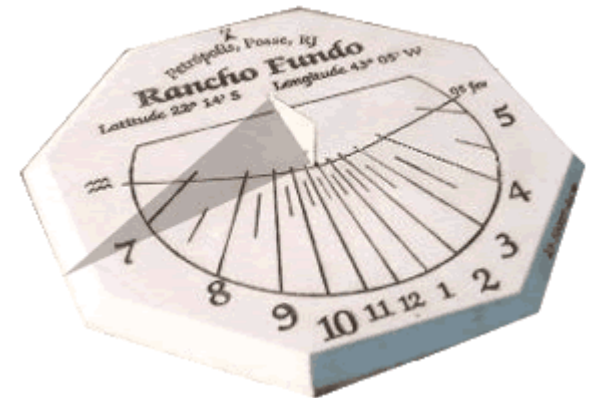
Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Relógios de Sol

Relógio de sol vertical



Relógio de sol horizontal



Relógios de Sol

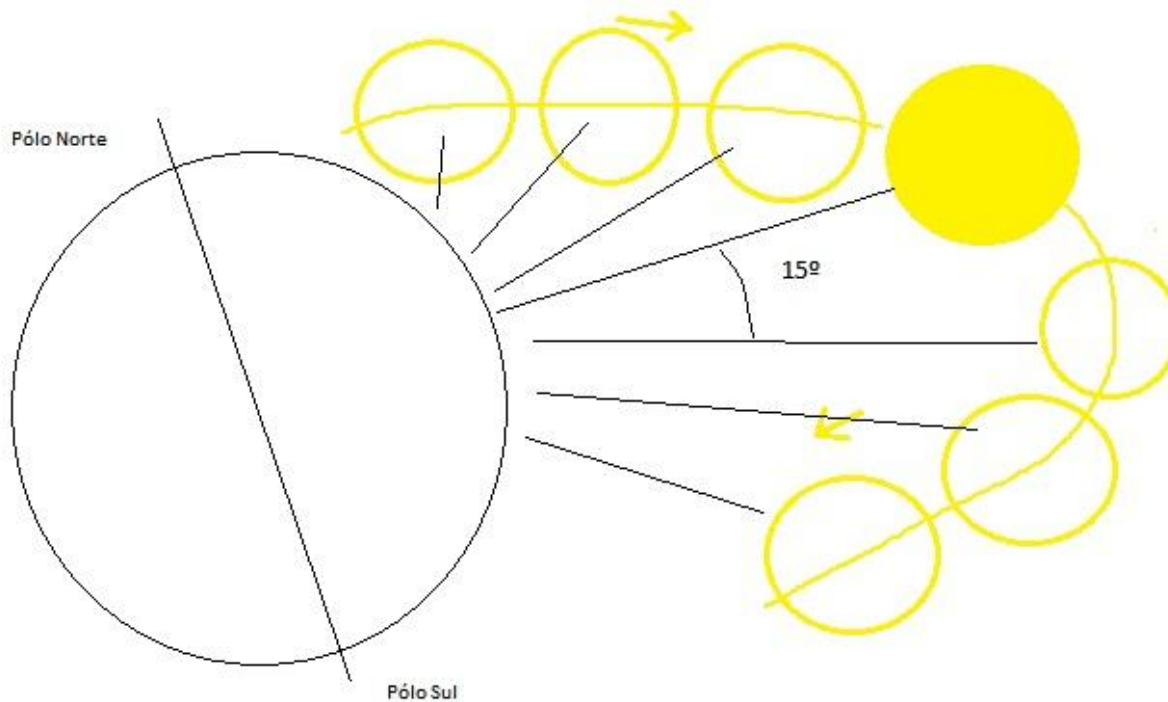
Relógio de sol analemático - I



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Relógios de Sol

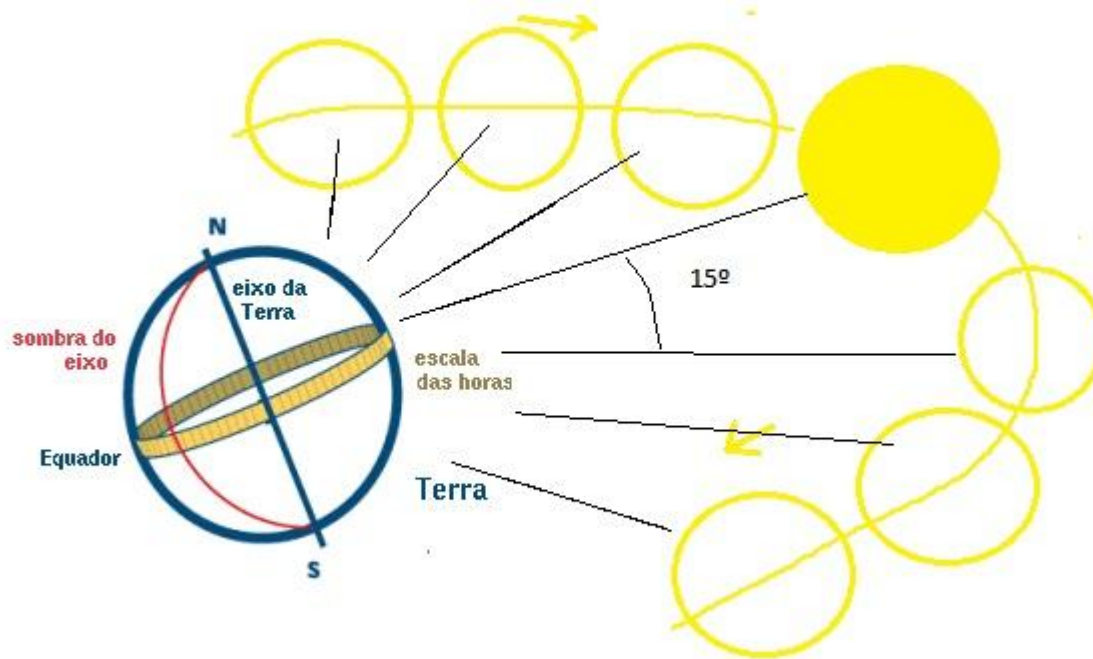
Considere-se o movimento aparente do Sol à volta da Terra



O Sol parece deslocar-se 15° / hora no Horizonte (= $360^\circ/24$ h)

Relógios de Sol

Substituindo o globo terrestre por um eixo paralelo ao Eixo da Terra:



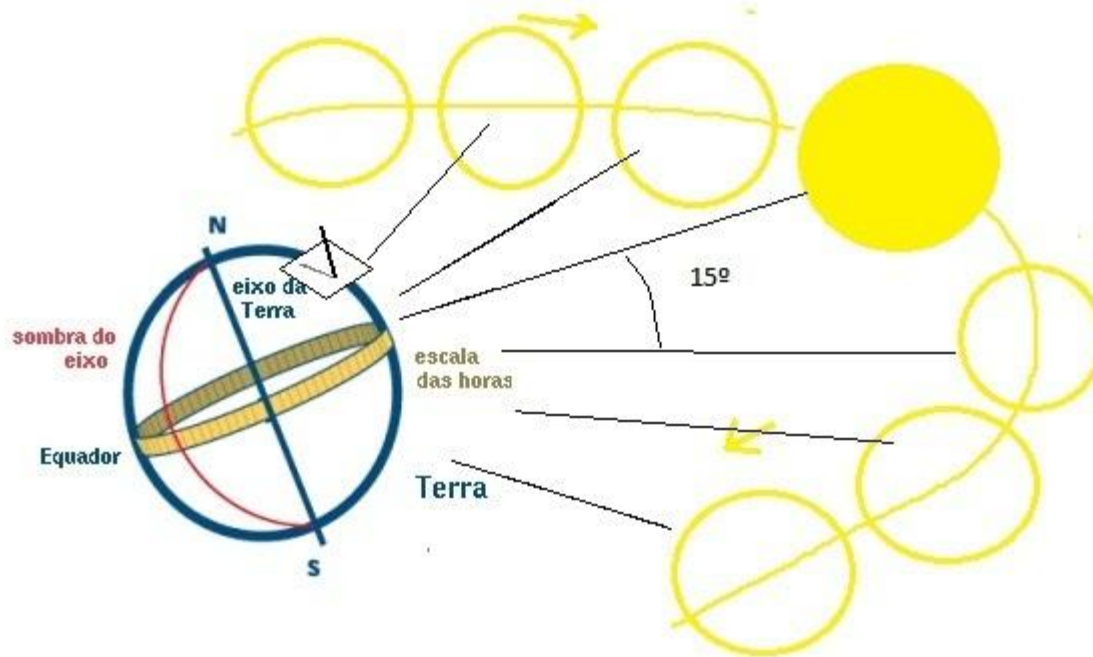
A sombra do eixo sobre o Equador, provocada pelo Sol, marca a passagem do tempo.



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Relógios de Sol

Igualmente, num relógio de Sol, a sombra do Gnómon marca a passagem do tempo:



Por esse motivo, o Gnómon deve estar colocado paralelamente ao eixo da Terra



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Relógios de Sol

Diferentes relógios de sol => diferentes orientações do gnómon e do mostrador

Relógio de Sol Horizontal:



Mostrador na horizontal

Ângulo do Gnómon com o mostrador
=
Latitude do lugar

Relógios de Sol

Relógio de Sol vertical:

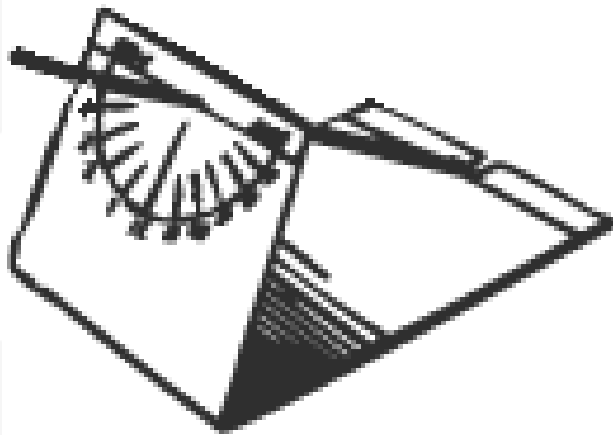


Mostrador na vertical

Ângulo do Gnómon com o mostrador
=
Co-latitude do lugar

Relógios de Sol

Relógio de Sol equatorial:



Mostrador é paralelo ao plano do equador

O Gnómon é perpendicular
ao mostrador

Relógios de Sol

Relógio de Sol analemático:



Mostrador na vertical
Gnómon na vertical

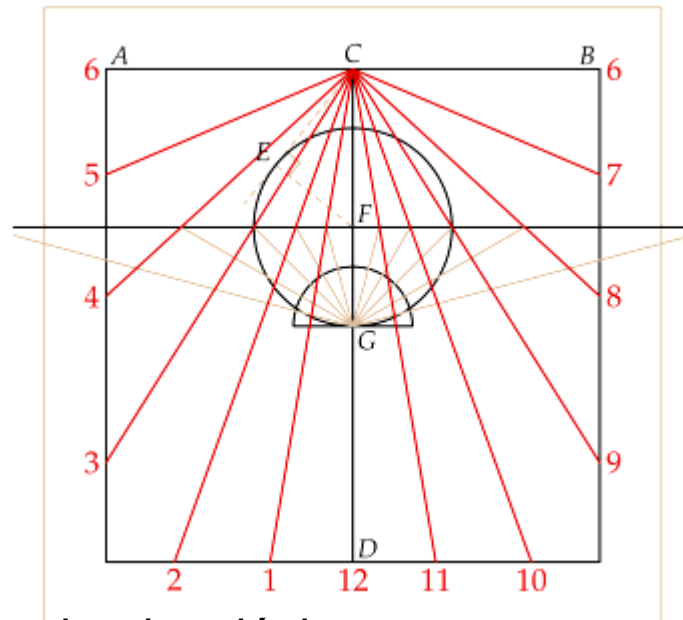
=>

A respectiva posição do gnómon deve
variar com a data

Relógios de Sol

Relógio de Sol Horizontal:

Como o mostrador não está necessariamente no plano perpendicular ao equador, as linhas que marcam as horas nesta superfície não são iguais às de um relógio. A projecção da sombra do gnómon sobre o mostrador origina linhas diferentes.



Para saber como construir um mostrador de relógio horizontal, ver:

<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia5.pdf>



Fornos Solares

Cozinhar utilizando o sol como fonte de energia



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011



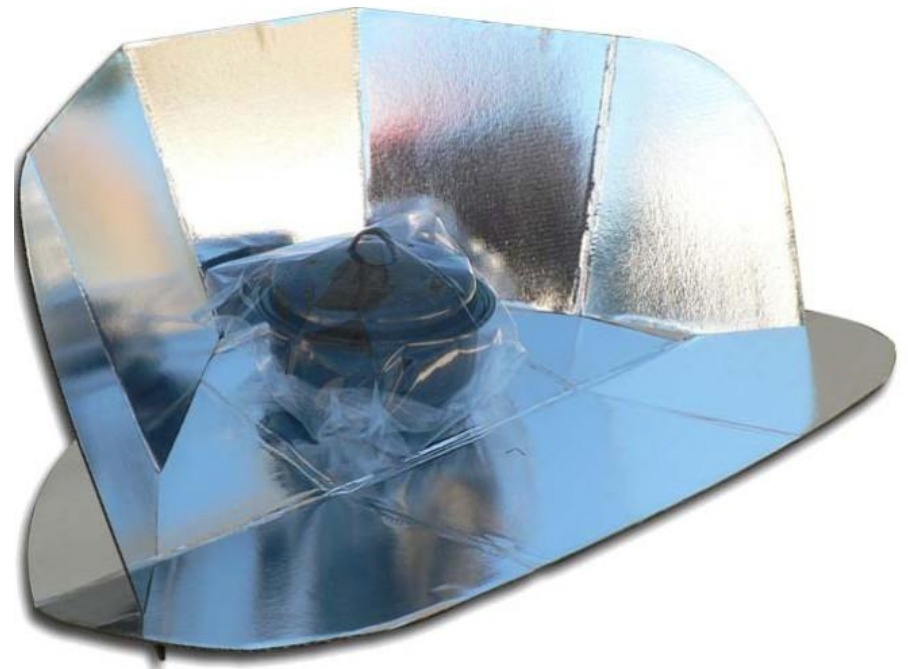
Fornos Solares

Tipos de fornos I - Tipo “caixa”



Fornos Solares

Tipos de fornos II - Tipo “de painel”



Fornos Solares

Tipos de fornos III - Tipo parabólico



Atenção: deve-se ter muito cuidado ao lidar com estes fornos, já que o absorvedor estará no foco da parábola. Nunca colocar a cara perto do foco.

Fornos Solares

Características:

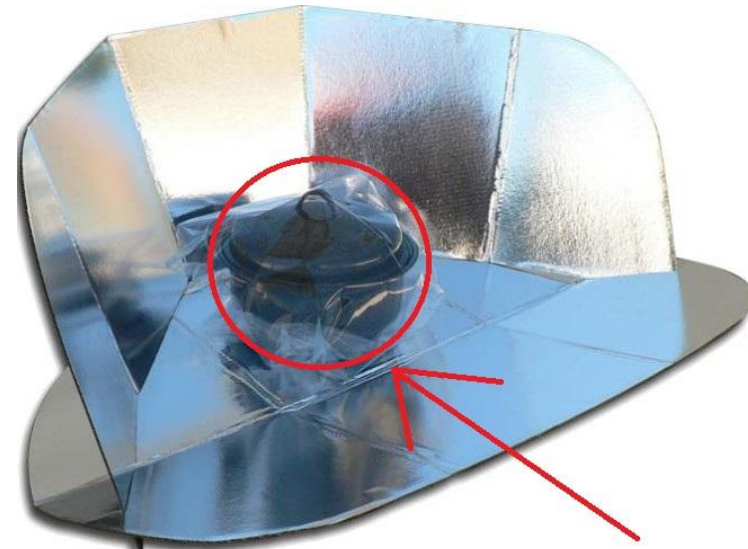
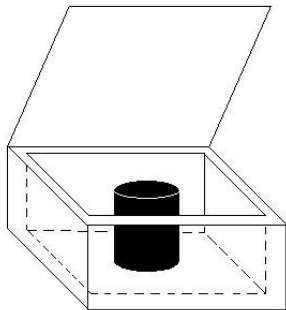
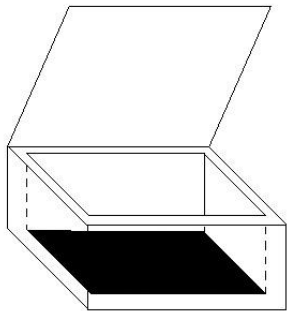
- Superfície ou recipiente absorvedor
- Volume de espaço fechado – para cozer – Efeito de estufa
- Superfície reflectora (espelhada) para dirigir a radiação – concentração
- Abertura para receber a radiação
- Isolamento de restantes partes



Fornos Solares

Superfície ou recipiente absorvedor:

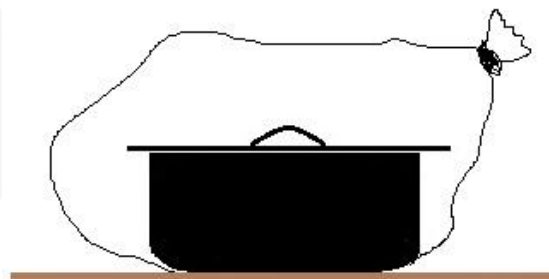
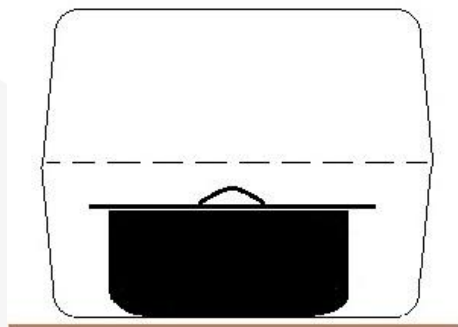
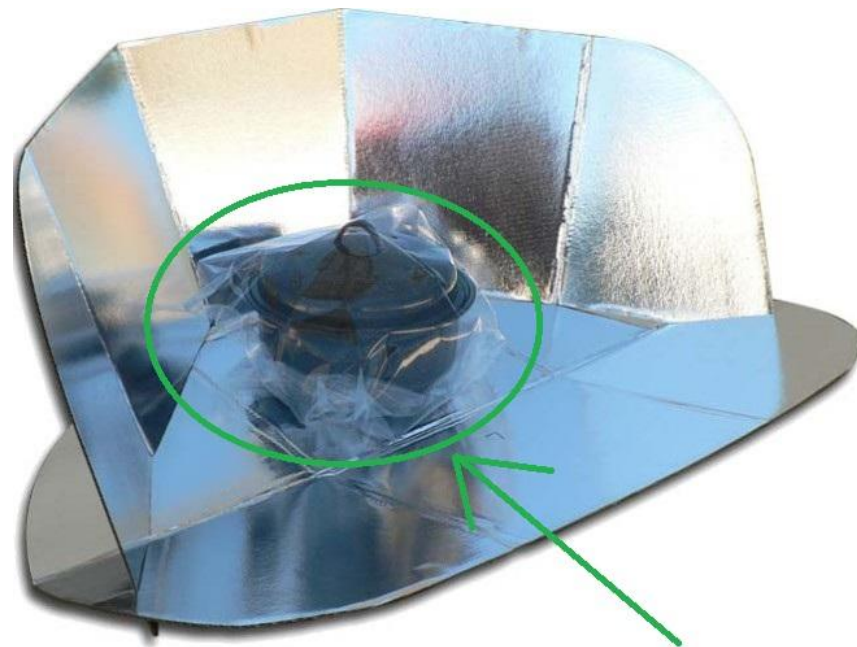
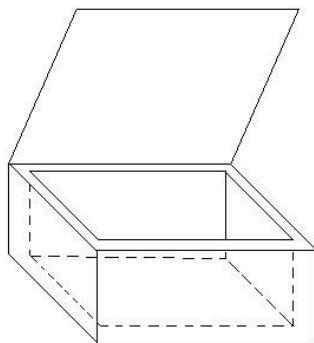
- pintado de preto,
- para transformar a radiação solar em calor



Fornos Solares

Volume de espaço fechado

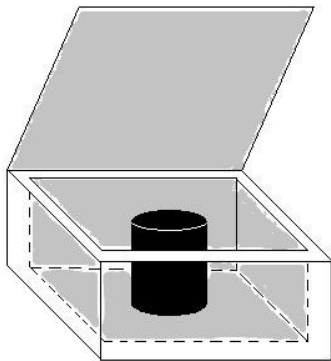
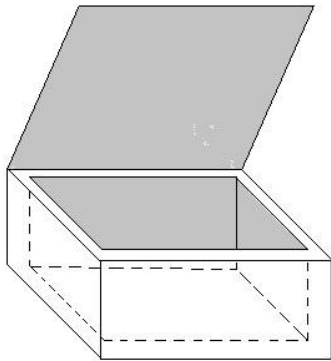
- manter o ar quente
- Promover efeito de estufa



Fornos Solares

Superfície reflectora (espelhada)

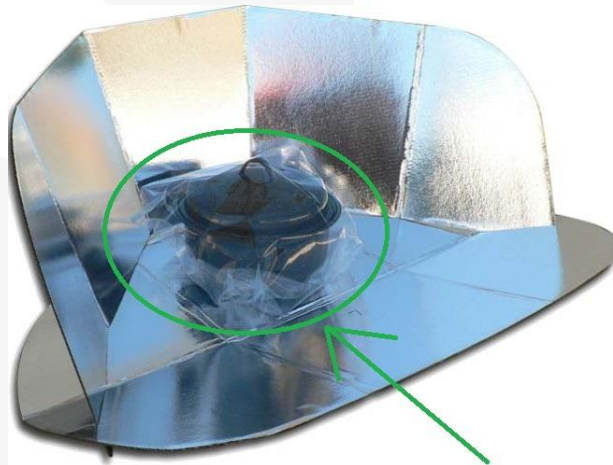
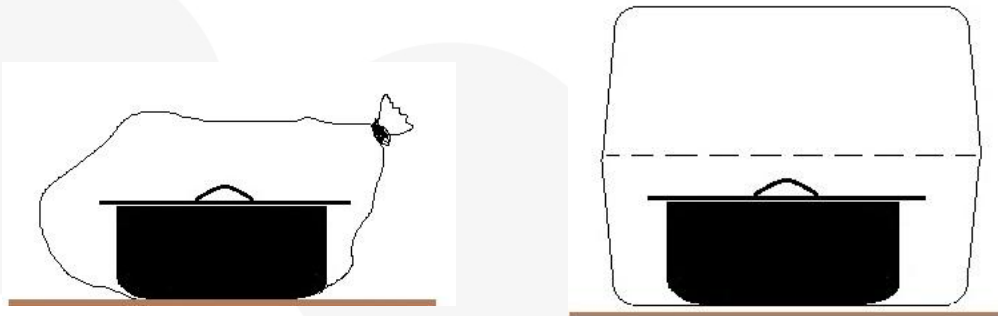
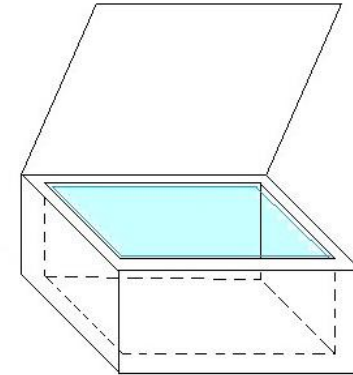
- dirigir a radiação para o receptor
- concentração



Fornos Solares

Abertura para radiação:

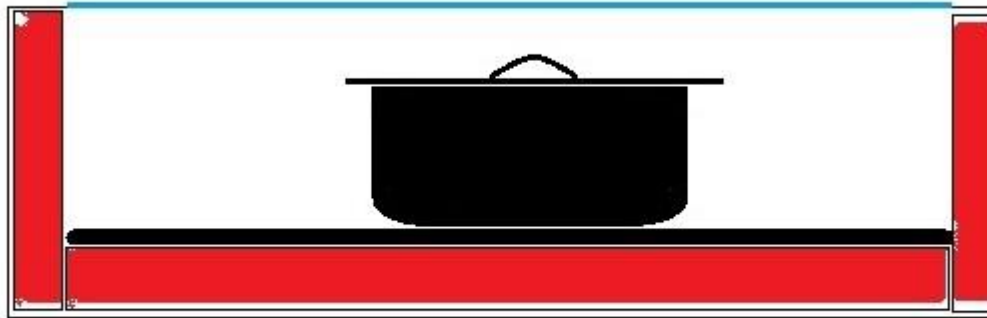
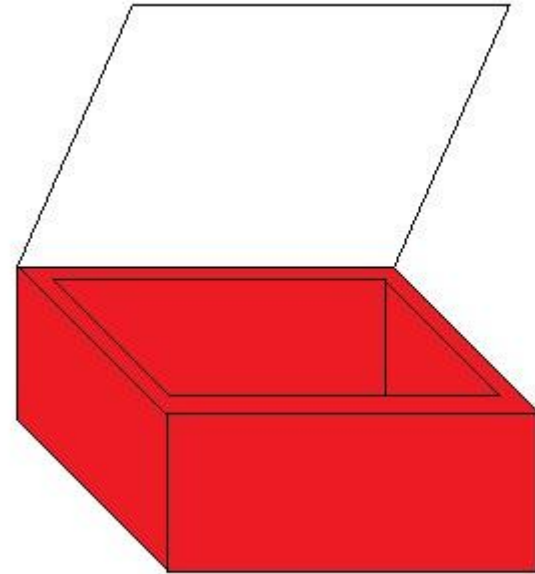
- Em caixa: superfície transparente
- Em painel: saco ou volume transparente
- Parábola: (pode não ser necessário)



Fornos Solares

Isolamento de restantes partes

- Impedir que o calor se escape



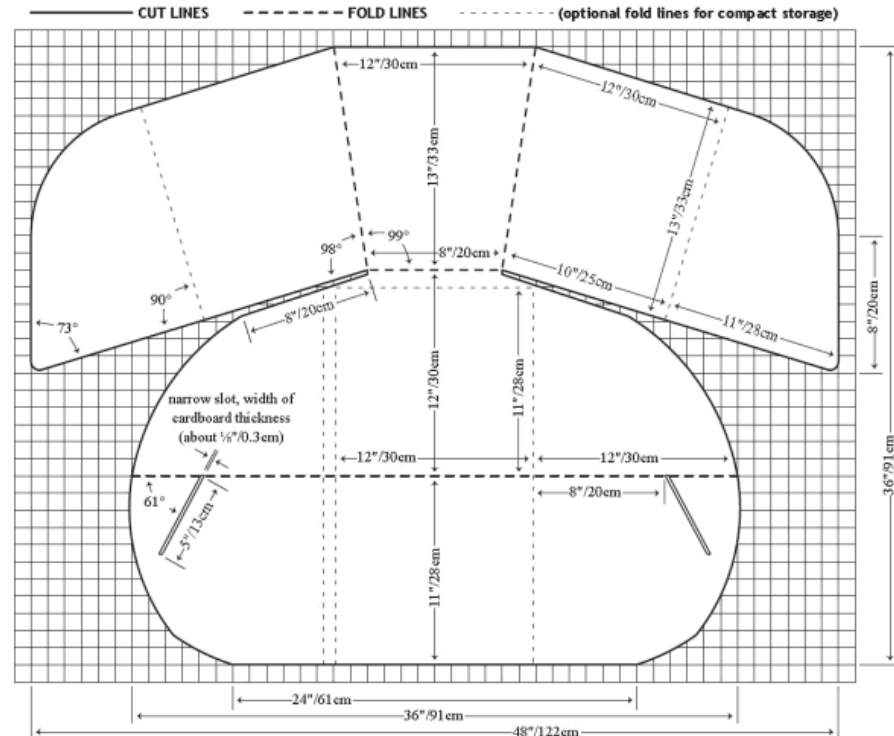
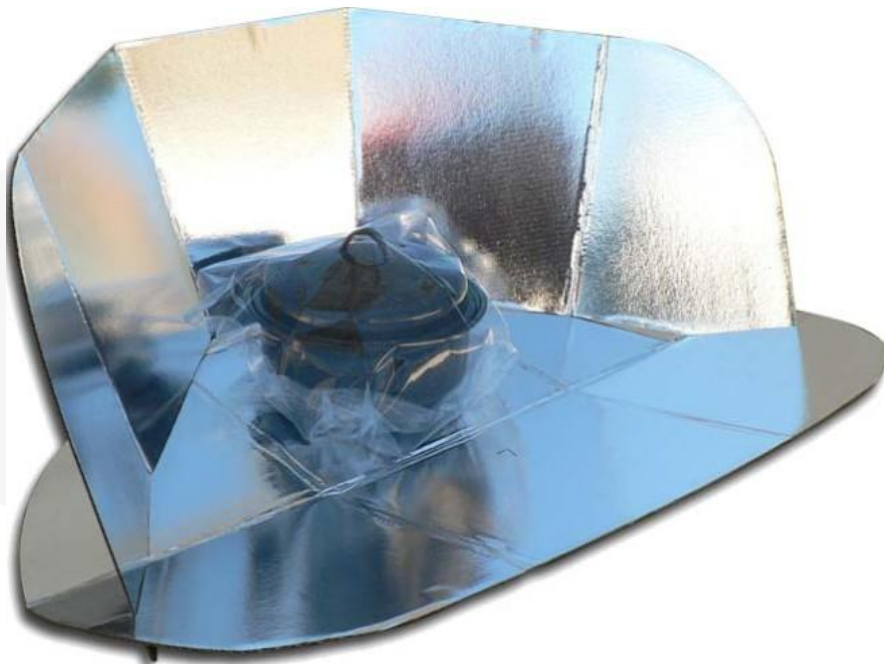
Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Fornos Solares - Materiais

- Superfície ou recipiente absorvedor
 - Cor negra
 - Absortividade máxima
- Volume de espaço fechado / Efeito de estufa
 - Saco: Celofane para forno
- Superfície reflectora (espelhada) para dirigir a radiação
 - Papel de alumínio – reflectividade em todo espectro
- Abertura para receber a radiação.
 - Vidro
 - Acrílico: atenção à expansão do material devido ao calor
- Isolamento de restantes partes:
 - esferovite (poliestireno) – Atenção: comprar de qualidade
 - Poliuretano
 - Cortiça
 - Cartão



Fornos Solares - exemplo



<http://solarcooking.wikia.com/wiki/CooKit>



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011



Colectores Solares

Aquecimento de água



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

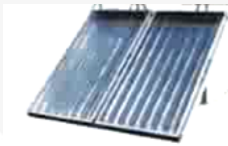
Colectores Solares

Tipos:



colectores de tubo de vácuo

Aquecimento de águas; produção de vapor



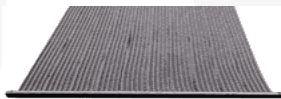
colectores concentradores

Aquecimento de águas; produção de vapor



colectores planos com cobertura

Águas quentes domésticas e industriais



colectores planos sem cobertura

Aquecimento de piscinas

TEMPERATURA



Colectores Solares

Colectores sem coberturas:

- Sem cobertura
- Aquecimento piscinas



Colector Plano:

- Com cobertura
- Águas quentes sanitárias (AQS)



Colectores Solares

Colectores CPC:

- Colectores concentradores



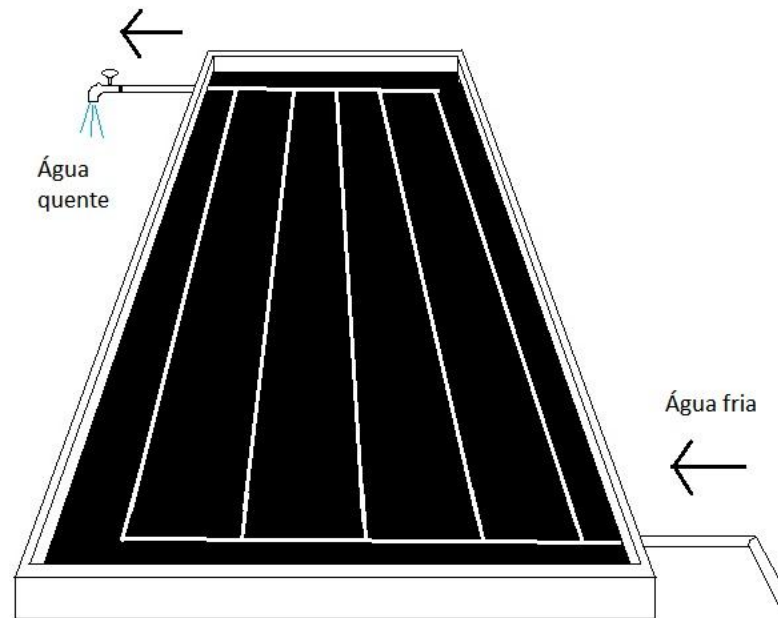
Colector tubos de vácuo:

- Tubos colectores
- Isolamento efectuado por vácuo



Colector Solar

Aquecimento da água que circula no colector



Como?

Criando um efeito de estufa dentro do colector



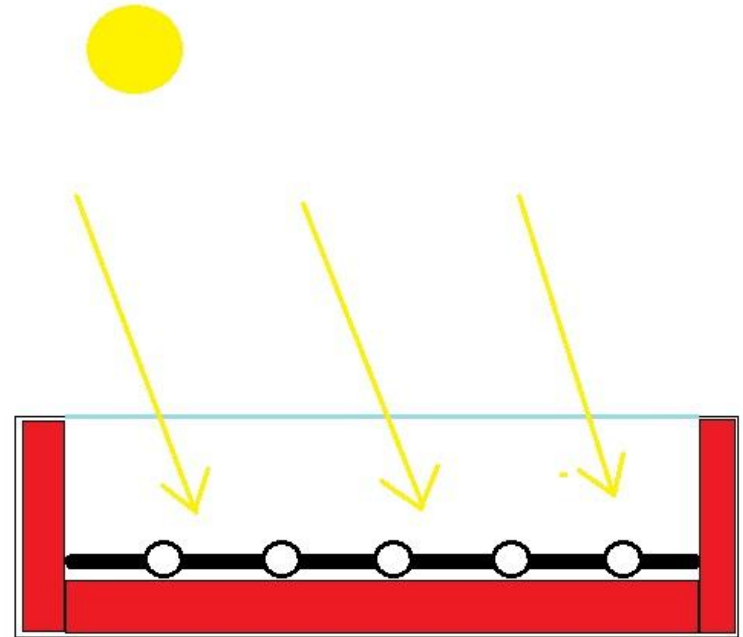
Como funciona em Colector Solar Plano?

A radiação solar deve passar a cobertura transparente e incidir no absorvedor.

O absorvedor deve ser de cor escura para absorver o máximo de radiação e aquecer.

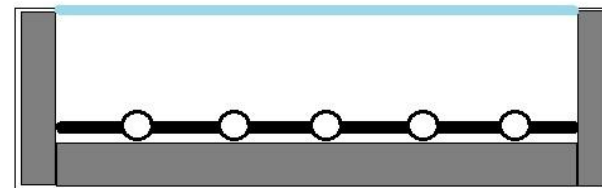
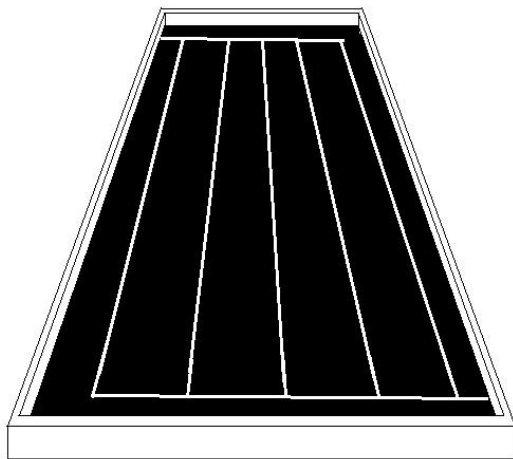
O calor é transmitido à água que circula no circuito hidráulico ligado ao absorvedor.

A cobertura transparente evita que o calor formado na caixa de ar se perca para o exterior. O isolamento nas restantes partes do colector também evita percas de calor.



Colector Solar Plano – partes do Colector

Considere-se o colector visto de frente e de lado:



Colector Solar Plano

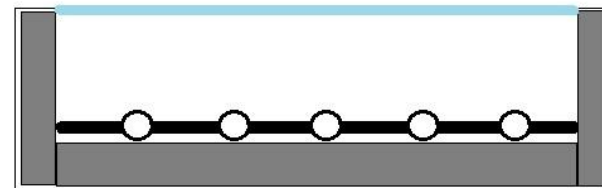
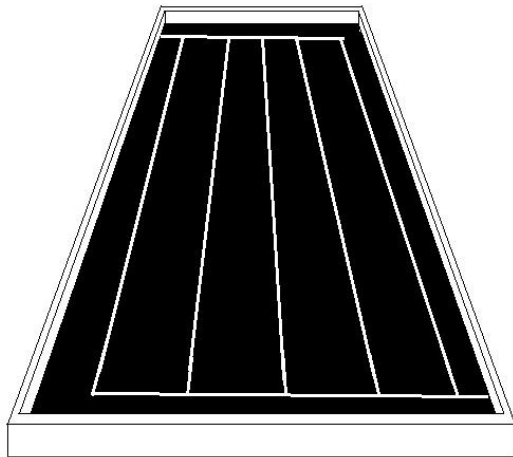
Caixa do colector

Abertura transparente

Superfície absorvedora

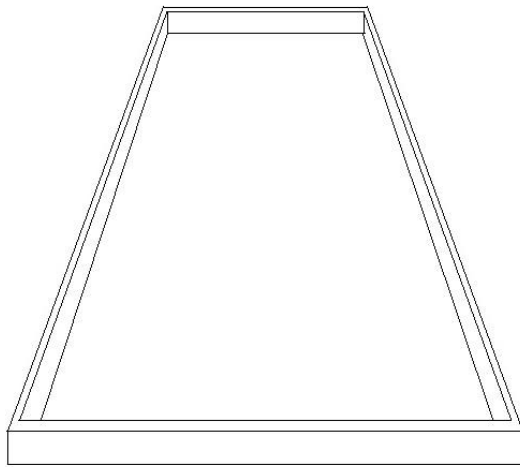
* com circuito de água integrado

Isolamento térmico

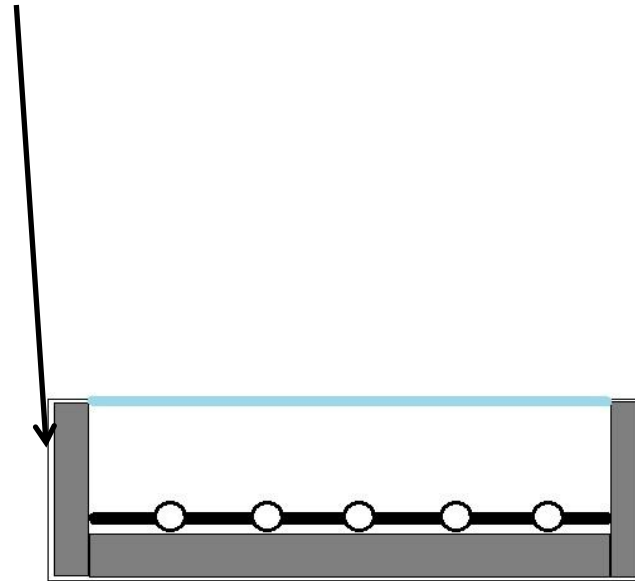


Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2010, 2 de Abril de 2010

Colector Solar Plano

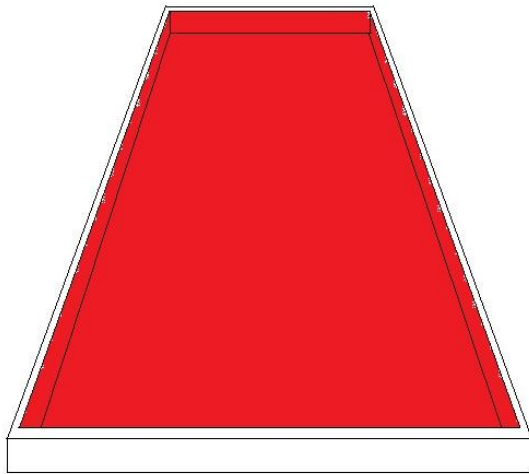


Caixa do coletor



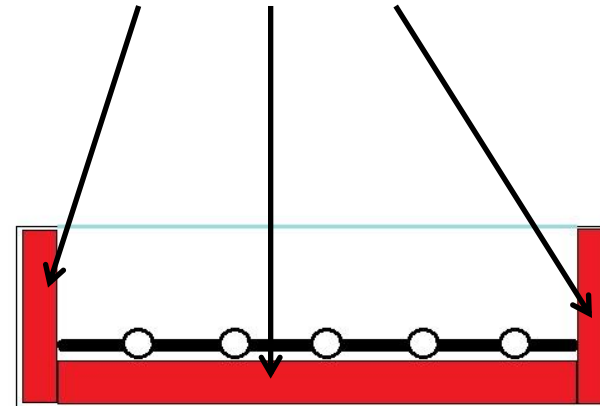
Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Colector Solar Plano



Isolamento térmico

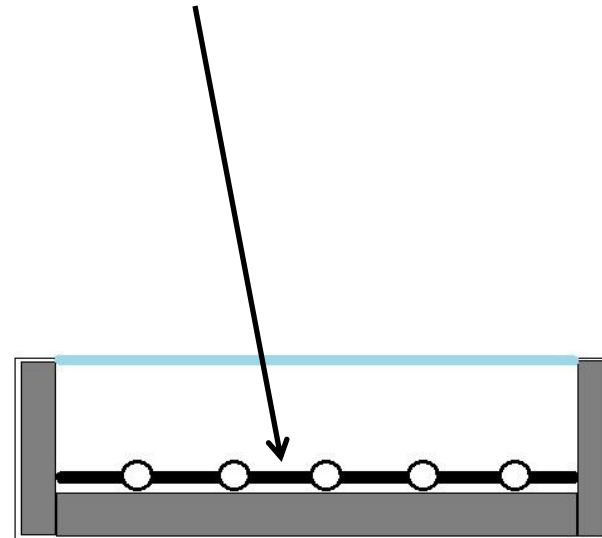
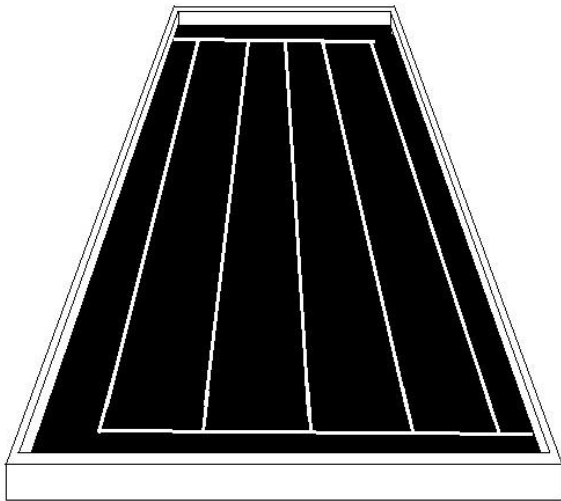
- Poliuretano
- Cortiça
- Cartão
- (lã de rocha)



Colector Solar Plano

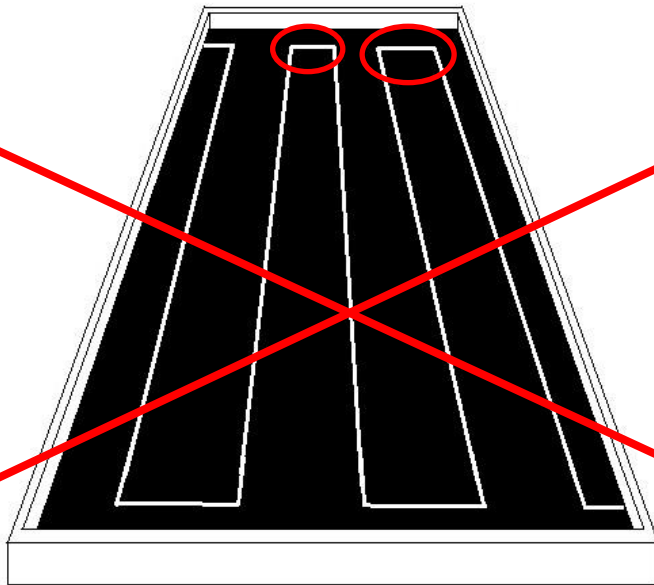
Superfície absorvedora

- cor negra
- com circuito de água integrado



Colector Solar Plano

O circuito de água deve ser montado para promover a circulação e de modo a prevenir eventuais concentrações de bolhas de ar que façam com que a circuito entre em estagnação.

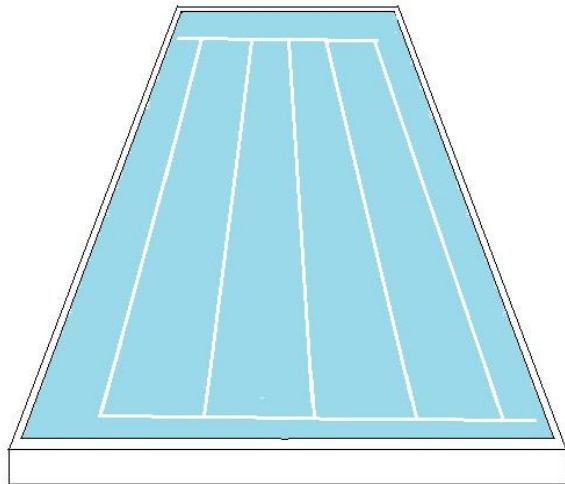


Por exemplo, evitar construir um colector como indicado nesta figura, que terá tendência para concentrar bolhas de ar nos **pontos altos locais** do circuito de água.

Nota: este slide não constava da apresentação original

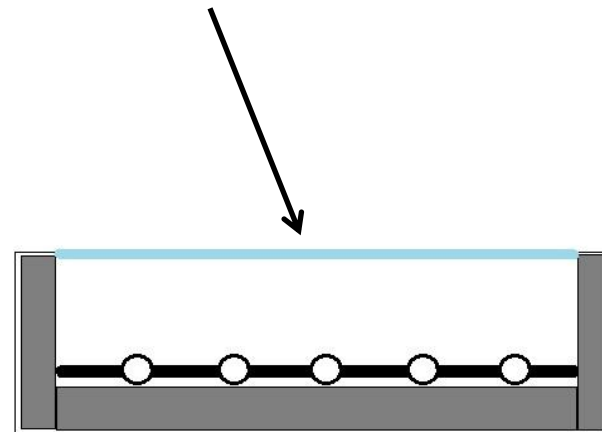
Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Colector Solar Plano



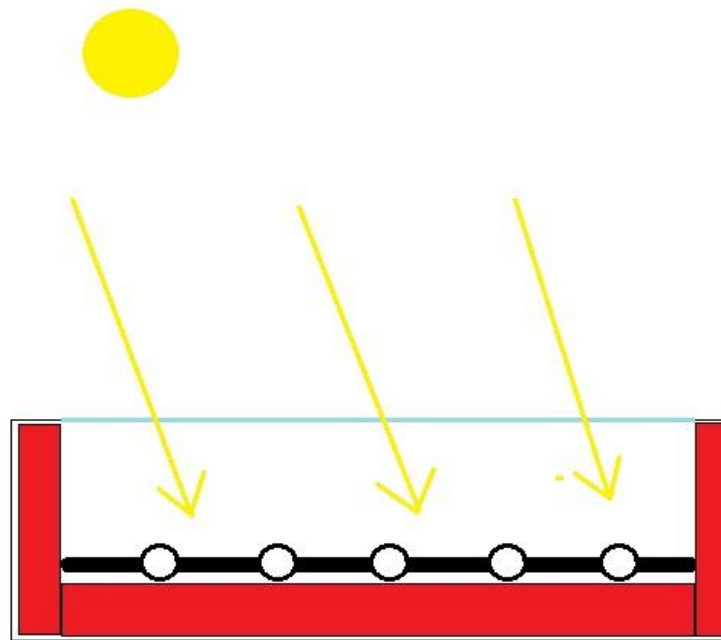
Abertura transparente

- Vidro
- acrílico



Colector Solar Plano

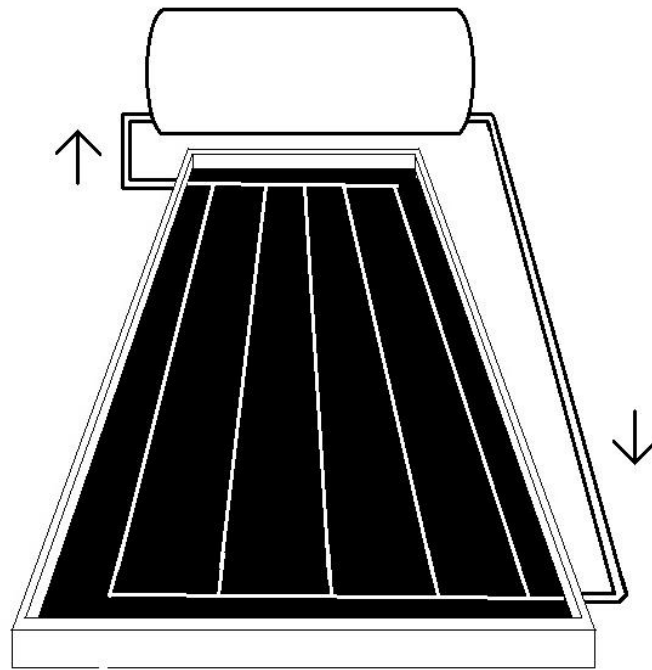
Objectivo: criar um efeito de estufa



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Sistema Solar: Colector Solar + Depósito

A Água aquecida no colector é guardada no depósito.



Nota: este slide não constava da apresentação original



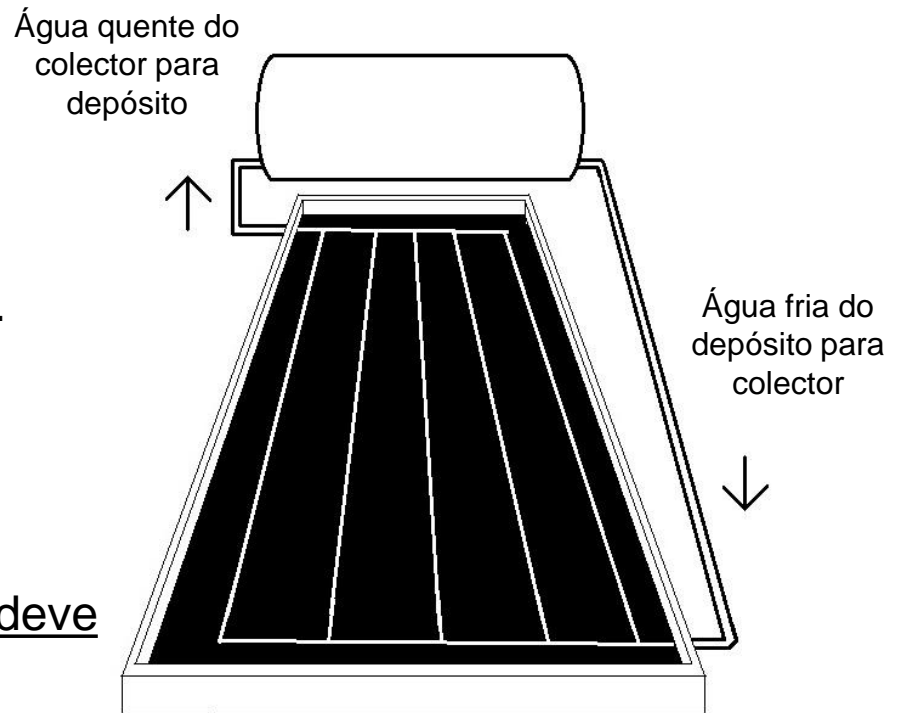
Sistema Solar em Termossifão

Um sistema solar diz-se de termossifão se a circulação da água entre o colector e o depósito se faz devido ao próprio aquecimento da água e sem necessidade de uma bomba de circulação.

A água fria, ao entrar no colector e aquecer, torna-se menos densa e tem tendência a subir, provocando um movimento ascendente ao longo do colector até sair quente para o depósito.

A água quente do colector vai aquecer a água do depósito. Do depósito sai água mais fria para voltar ao colector.

Num sistema de termossifão, o depósito deve estar montado acima dos colectores.



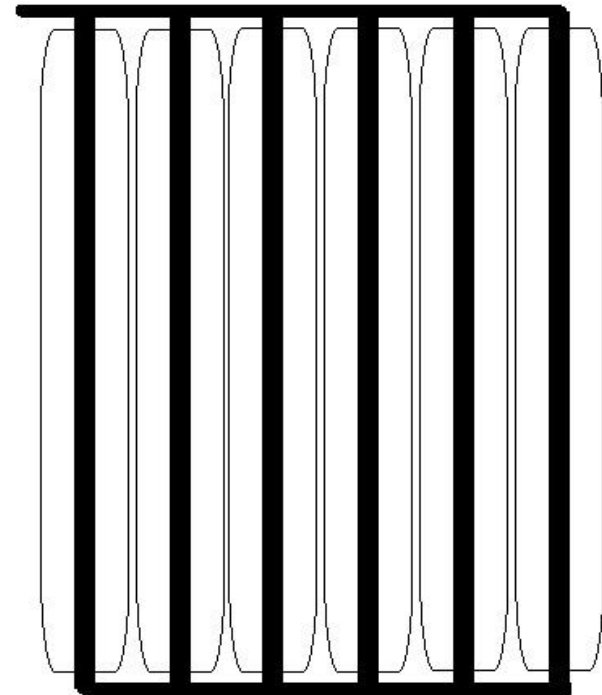
Nota: este slide não constava da apresentação original

Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Colectores Solares – Tubos de vácuo

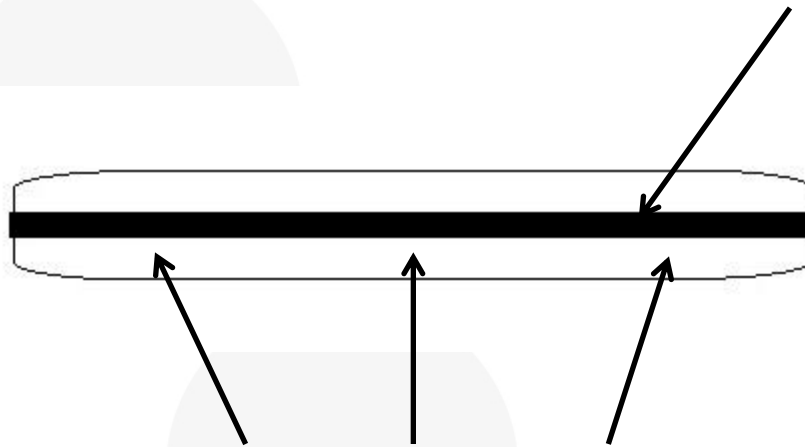
Circuito de água pintado de negro = Absorvedor

Vácuo à volta para isolar termicamente



Colectores Solares – Tubos de vácuo

Circuito de água pintado de negro = Absorvedor



Vácuo à volta para isolar termicamente

http://www.cvtv.pt/imagens/index.asp?id_video=533&id_tag=121

<http://www.cienciaviva.pt/home/>

<http://www.cienciaviva.pt/rede/energia/himalaya2005/home/indice.asp>

Relógios de sol:

<http://www.apm.pt/portal/index.php?id=62380>

<http://sombrasdotempo.org/>

<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia5.pdf>



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Fornos Solares:

<http://solarcooking.wikia.com/wiki/CooKit>

<http://solarcookers.org/>

<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia7.pdf>

Colectores Solares:

<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia6.pdf>



Eco-Escolas – Formação Escola da Energia 2011, 2 de Abril de 2011

Muito Obrigado



www.lneg.pt

RE.NEW.ABLE.
A INSPIRAR PORTUGAL

meid
Ministério da Economia,
da Inovação e do Desenvolvimento