PEA 3100
Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade

Fontes de Energia : Energia Solar

Aplicação: Aquecimemto de água

POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO

Energia Solar

Energia térmica

- **A baixa temperatura (até 100ºC)**
  - •Aquecimento de ambientes
  - • aquecimento de água
  - •Condicionamento de ar
  - •refrigeração
  - •evaporação
  - •destilação
  - •geradores de vapores de líquidos especiais
- **A média temperatura (até 1000ºC)**
  - •Geradores de vapor d'água
  - •Transformação em energia elétrica e mecânica
  - •fornos solares
- **A alta temperatura (além de 1000ºC) mediante fornos solares parabólicos**

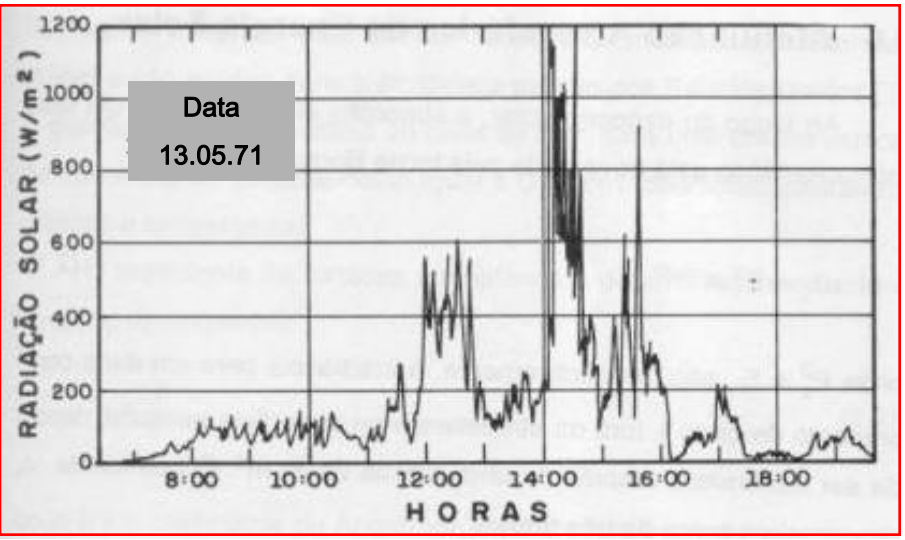
Transformação direta em energia elétrica

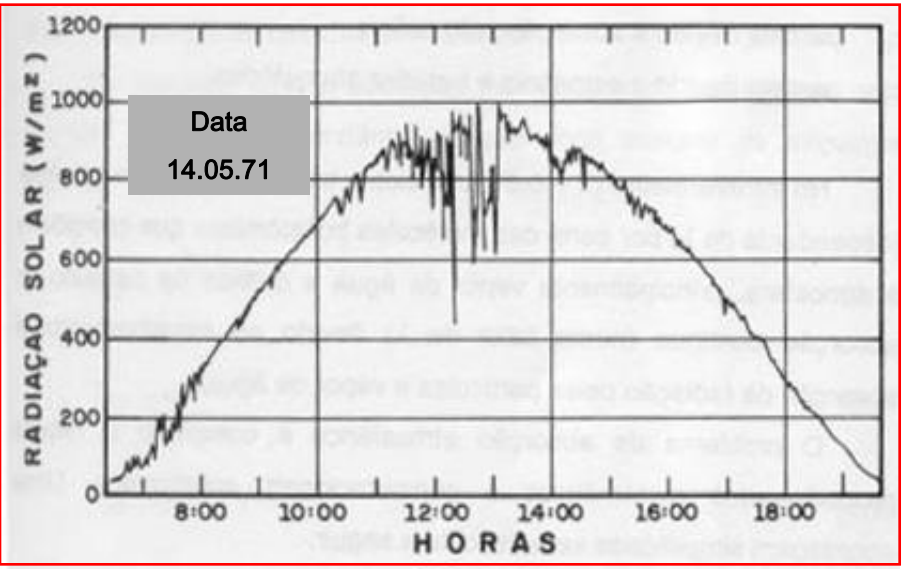
- •Processos fotovoltaicos

Processos fotoquímicos

- **Químicos**
  - •Fotossíntese
- **Bioquímicos**
- **Biológicos**
  - •Fotossíntese

RADIAÇÃO SOLAR NA SUPERFÍCIE TERRESTRE





Variabilidade da radiação solar

É função:

- **da alternância de dias e noites;**
- **das estações do ano;**
- **dos períodos de passagem de nuvens.**

Condições atmosféricas ótimas:

- **Ao nível do mar = 1kW/m2;**
- **A 1000 metros de altura = 1,05 kW/ m2;**
- **Nas altas montanhas = 1,1 kW/ m2;**
- **Fora da atmosfera = 1,367 kW/ m2.**

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR

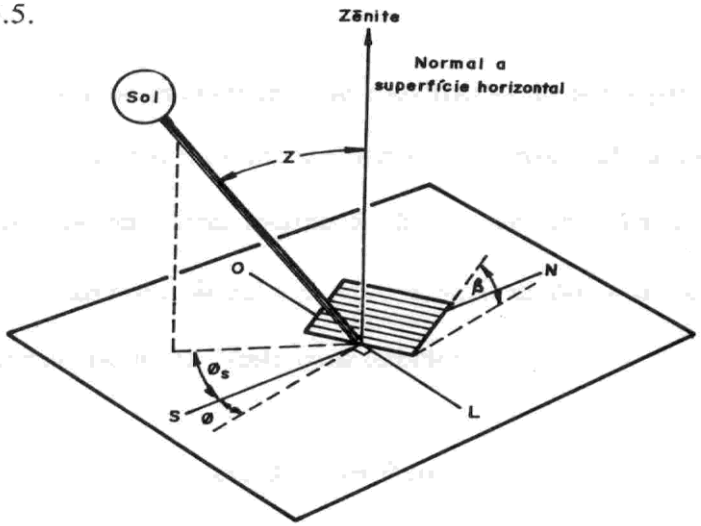
Dados Importantes

- radiação direta
- radiação difusa ou espalhada
- temperatura
- plano de abertura

Base de dados

- mensal
- diária
- horária

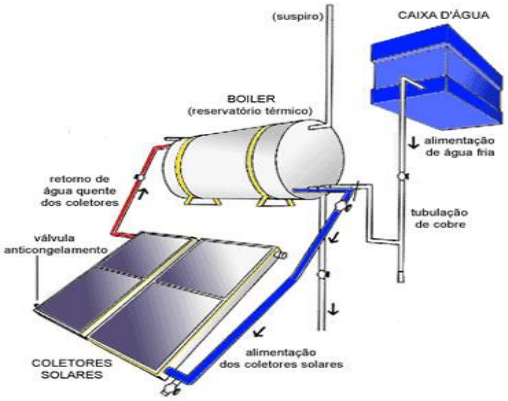
mostrados na figura 3.5.



Voltado para o norte, como é normalmente utilizado no hemisfério sul

Aplicação da Energia solar como Energia Térmica

Aplicação de baixa temperatura

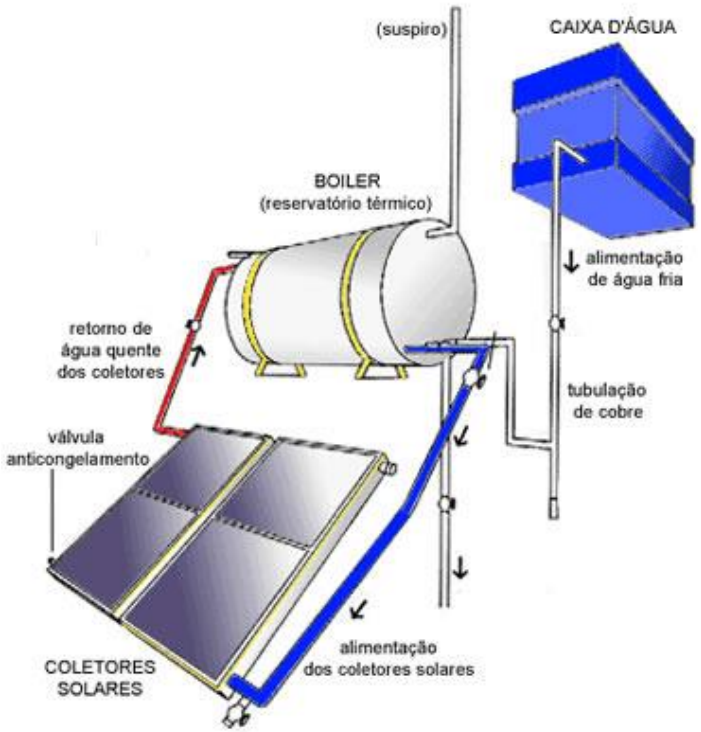


Atualmente, nos setores comercial e residencial, o aquecimento solar é basicamente utilizado em piscinas e para obtenção de água quente doméstica.

Os dois tipos principais são:

- Sistemas de circulação natural – termossifão
- Sistema de circulação forçada – com bombeamento

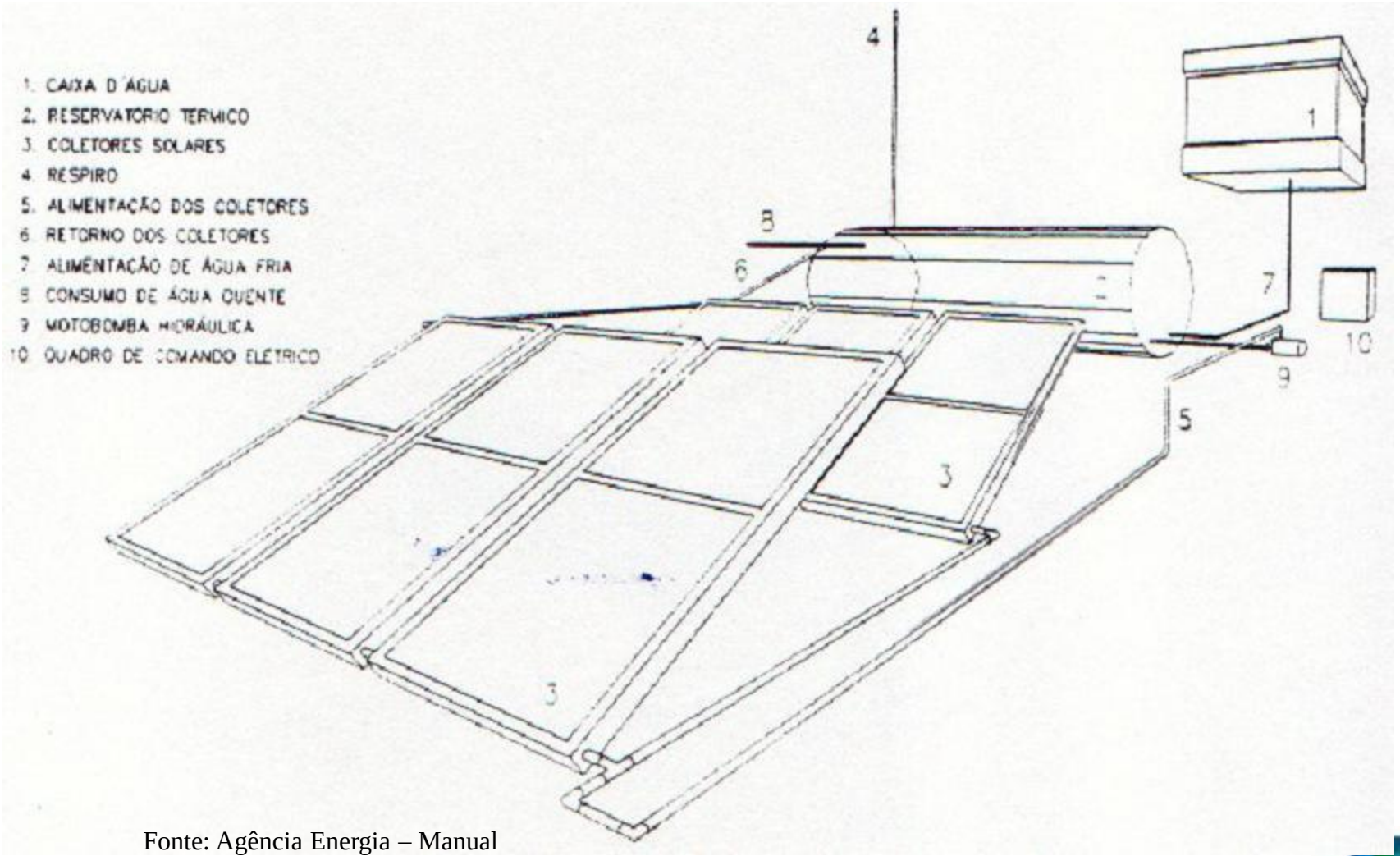
Instalação emTermossifão



Circulação natural em função da diferença entre a densidade da água

http://www.brasilescola.com/fisica/aquecimento-agua-por-energia-solar.htm
acesso 20/01/2013

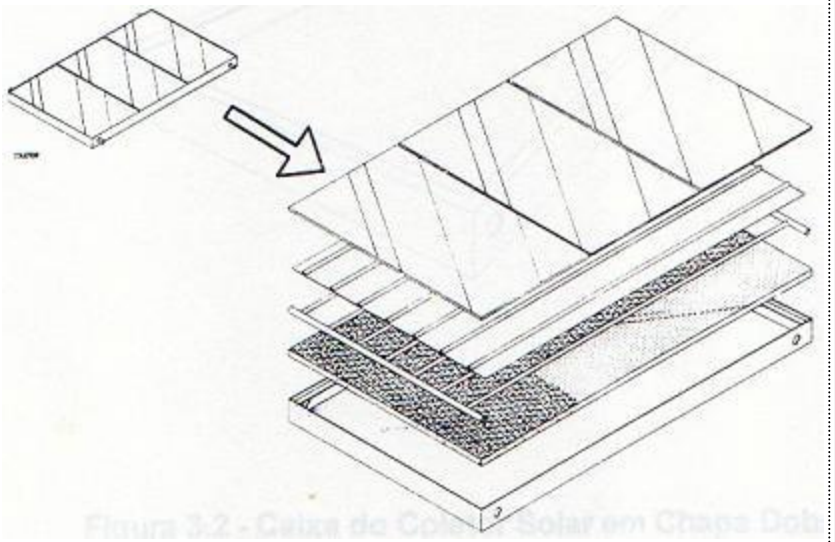
Instalação básica em circulação forçada



Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

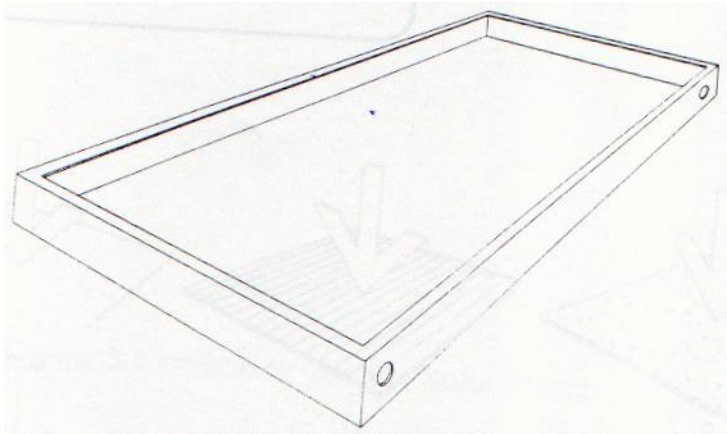
Componentes

Coletor solar plano



Caixa do coletor

Material: alumínio, aço galvanizado e fibra-de-vidro

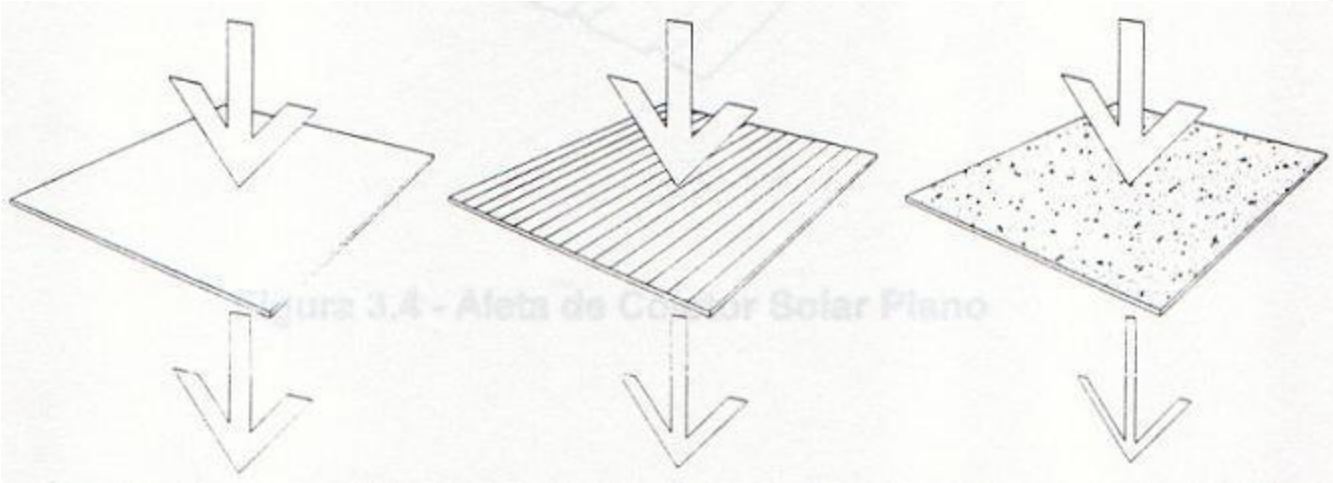


Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

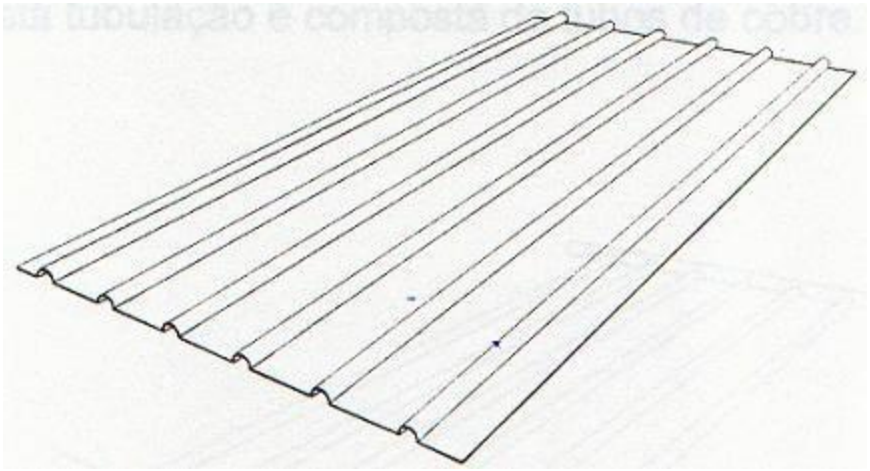
Cobertura

Material: vidro

2,3,4 mm de espessura



Aletas

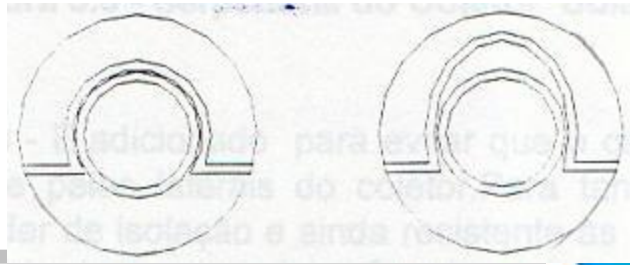


Aleta com bom contato e contato ruim com o tubo

Material : alumínio e cobre

Aço inoxidável

-Tintas. Como as **aletas** normalmente são de material reflexivo, é necessário cobrí-las com uma tinta que absorva o máximo de radiação solar

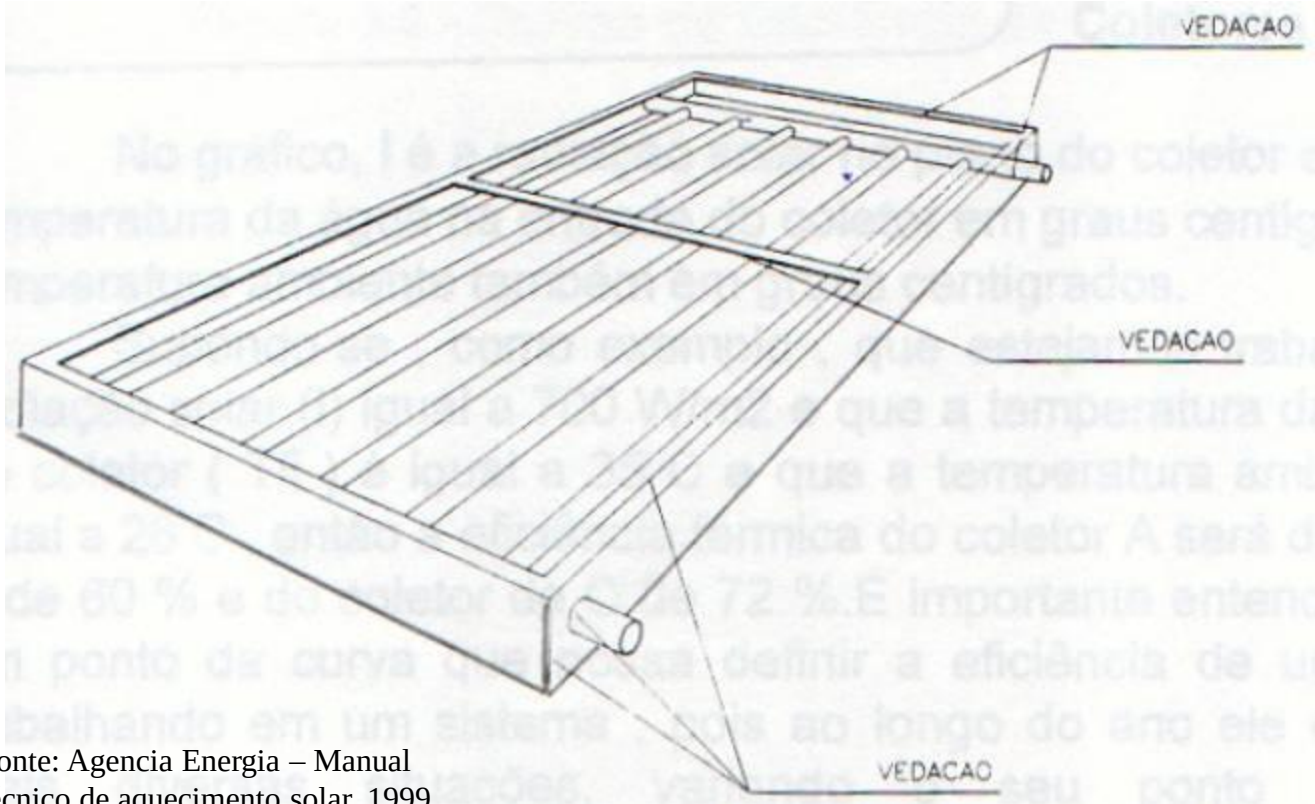


Fonte: Agencia Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

- tubos de cobre (serpentinas): Função: conduzir a água, permitindo a passagem de calor das aletas para seu interior onde está a água a ser aquecida

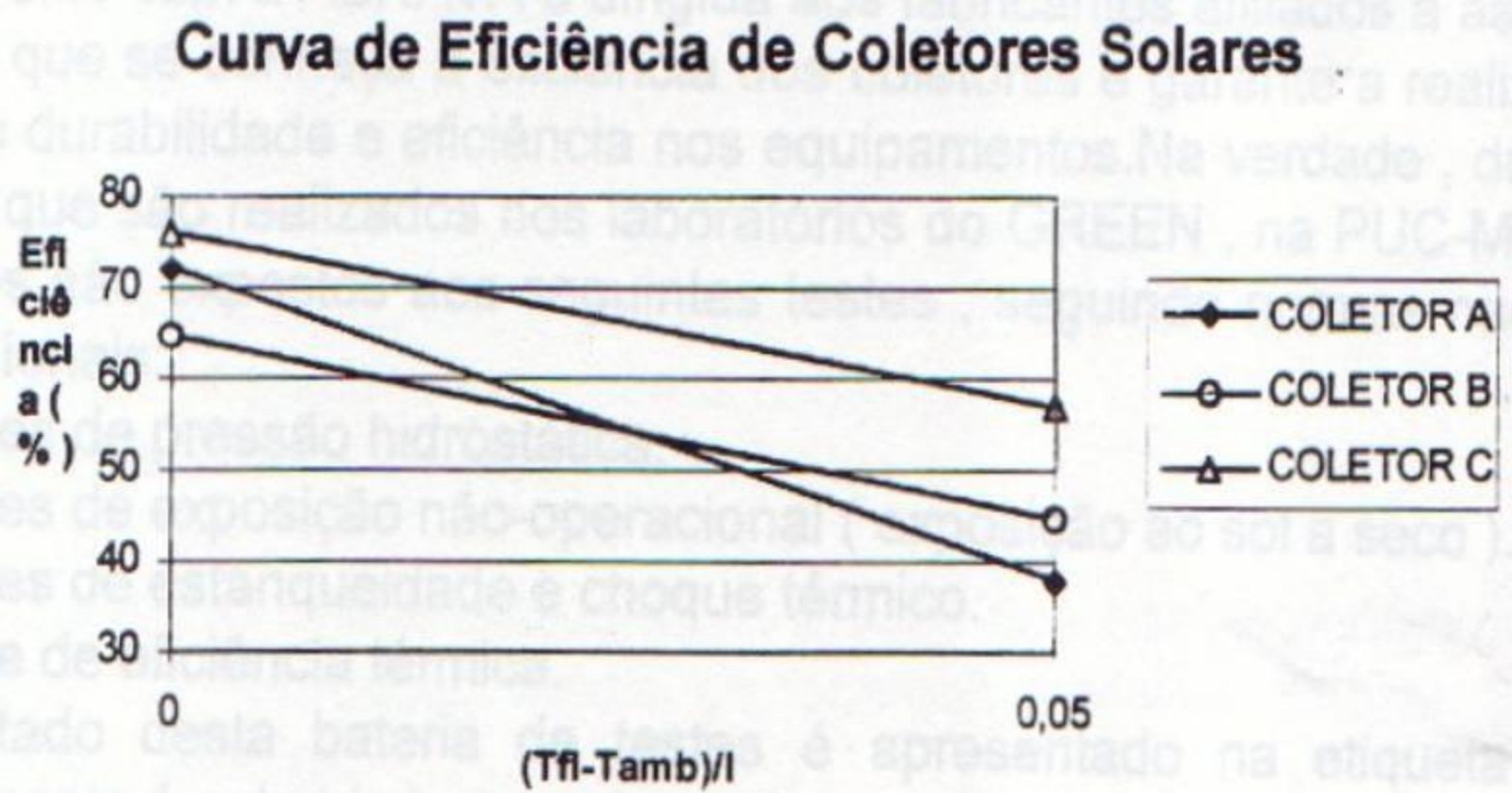
- isolamento térmico . Ex: lã de vidro. Função: evitar que o calor absorvido seja perdido pelo fundo e pelas laterais do coletor

- vedação. Evitar entrada de umidade. EX: silicone



Fonte: Agencia Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

EFICIÊNCIA DOS COLETORES SOLARES



Tfi = temperatura da água na entrada do coletor ^{o}C

I – radiação solar = W/m^2

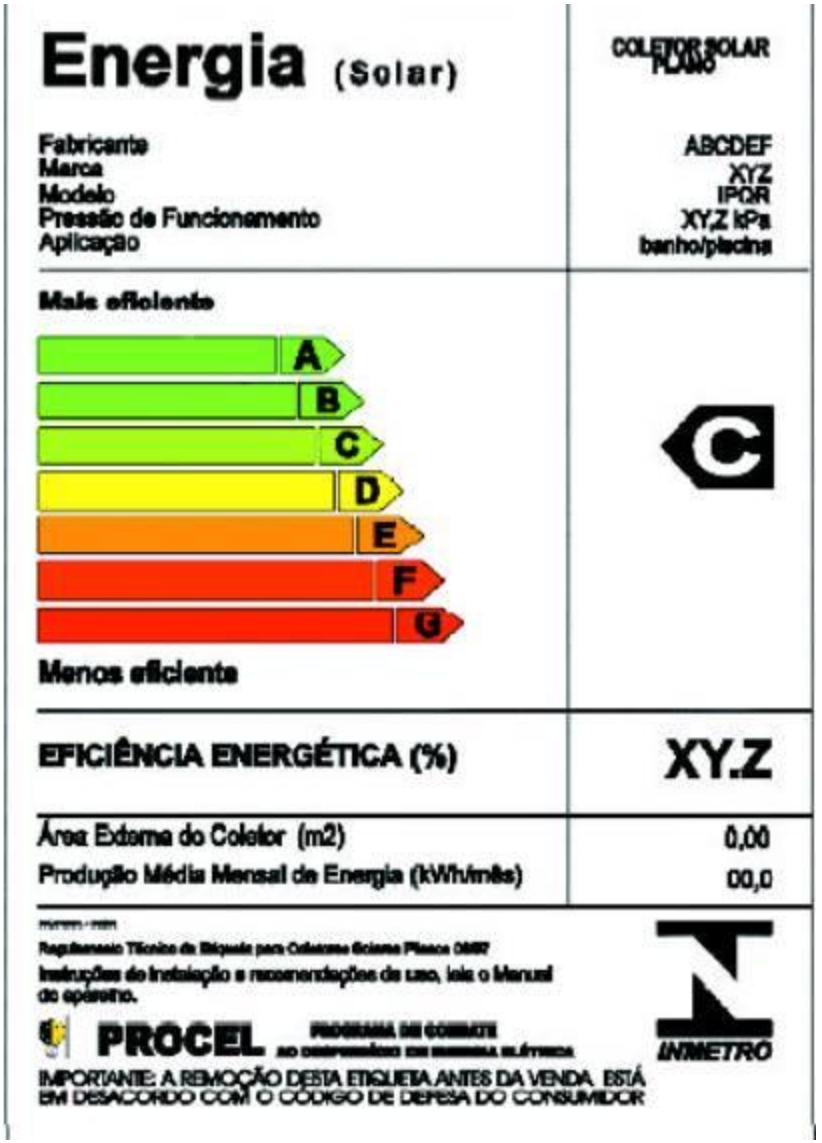
Tamb – temperatura ambiente

Norma ABNT- NB 10184

Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

Etiqueta de eficiência energética

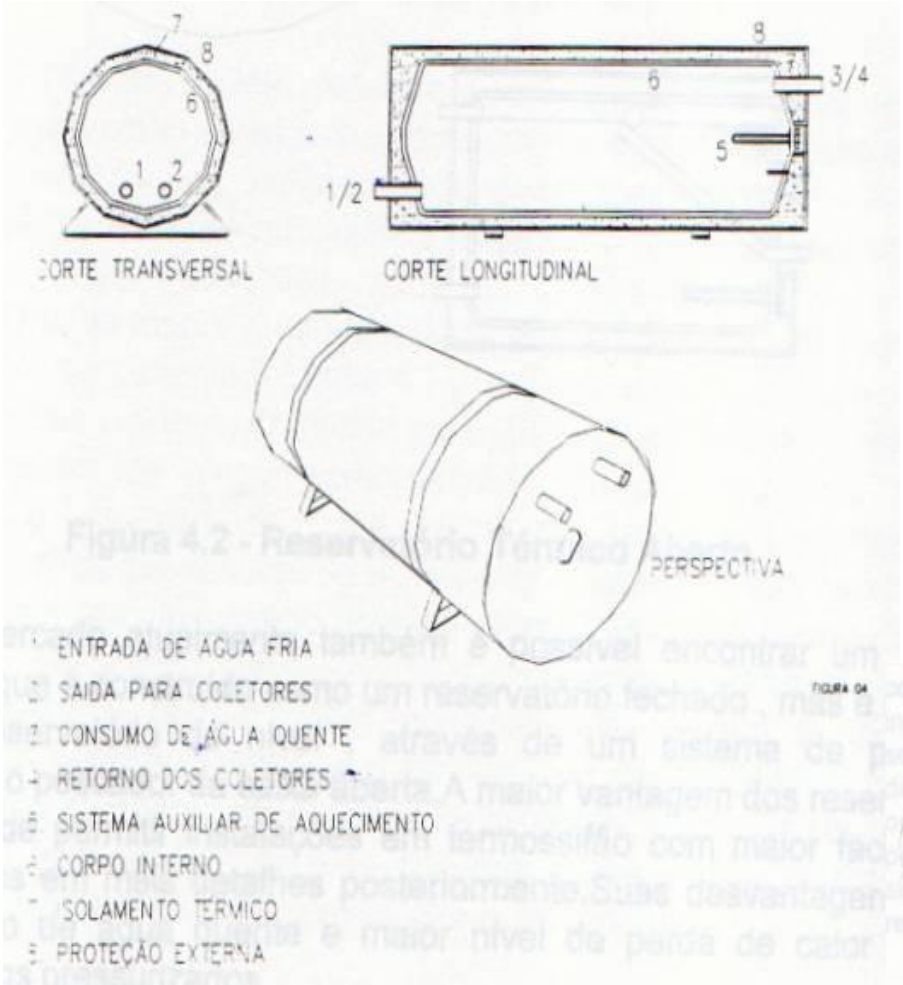
Inmetro - Procel



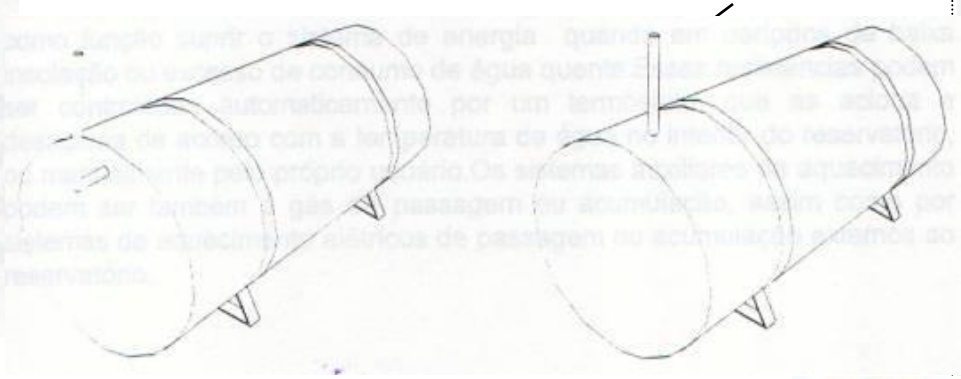
Fonte: Agencia Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

Atenção: ao escolher um coletor verificar se este tem certificação

RESERVATÓRIO TÉRMICO - BOILER



- Corpo interno
- Isolamento térmico
- Proteção externa
- Respiro ou suspiro
- Sistema auxiliar de aquecimento



Reservatório térmico pressurizado ou fechado

Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

Componentes:

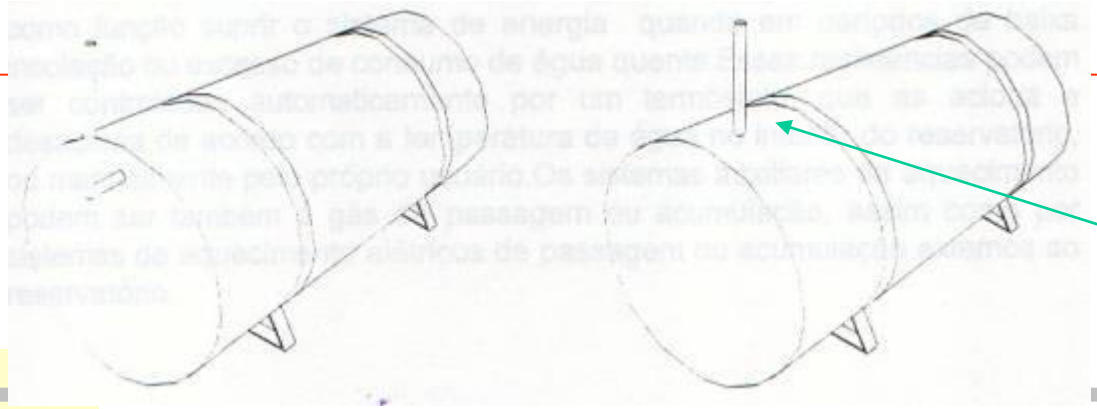
•– **Corpo interno:** **responsável pelo contato direto com a água. Deve possuir excelente resistência mecânica e à corrosão. Material: aço inoxidável e cobre**

•- **Isolamento térmico.** **Dele depende o real funcionamento do reservatório térmico. Sua condutividade térmica e sua espessura irão determinar o poder de retenção de calor no interior do reservatório. Material: lã de vidro e poliuretano expandido**

•- **Proteção externa.** **Têm a função de proteger o isolamento térmico da umidade excessiva, de danos no transporte ou instalação e da radiação solar. Material : alumínio, aço galvanizado ou aço carbono pintado.**

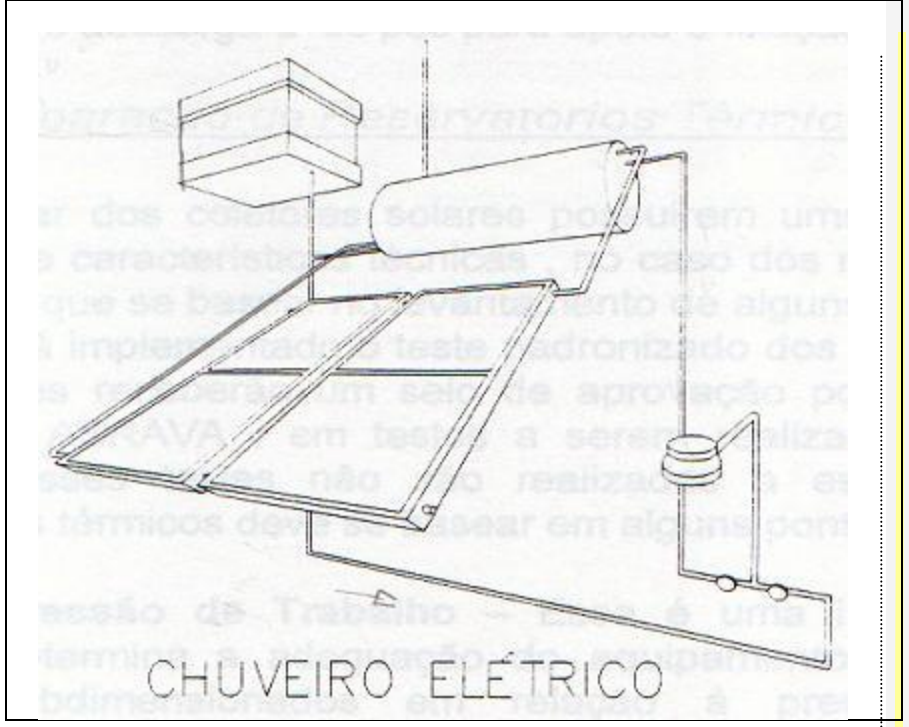
•-**Respiro ou suspiro**. **Faz parte do conjunto de tubulações do reservatório. Têm a função de permitir a saída de ar ou vapor, aliviar sobrepressões e pressões negativas**

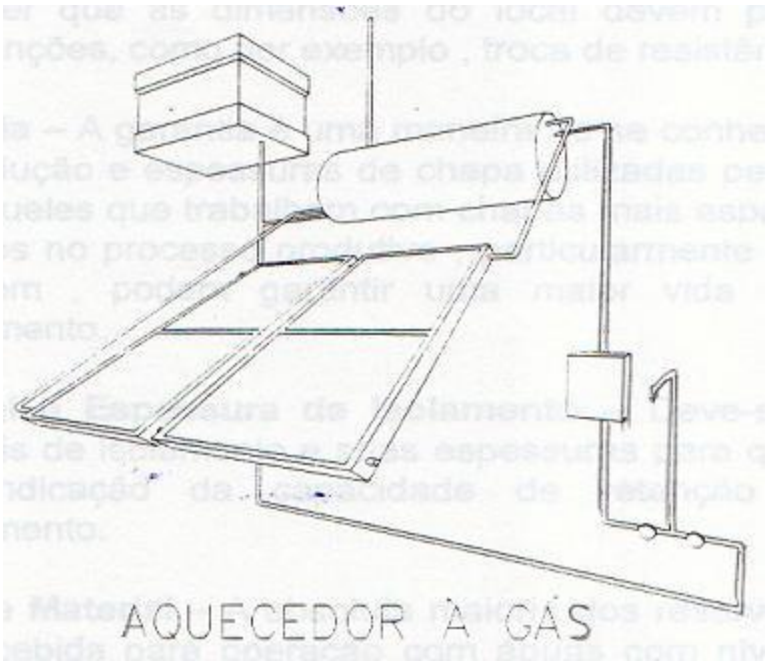
- **Sistema auxiliar de aquecimento** . **Normalmente os reservatórios recebem uma ou mais resistências elétricas blindadas que tem como função suprir o sistema de energia em período de baixa insolação ou excesso no consumo.**



suspiro

Aquecimento auxiliar com chuveiro elétrico





Aquecimento auxiliar com aquecedor a gás de passagem

Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

Como dimensionar um sistema para aquecimento de água usando coletor solar ?

DETERMINAR O VOLUME DE ÁGUA QUENTE

ESTÁ ASSOCIADO Á:

- **pontos de consumo de água quente**
- **número de usuários**
- **freqüência de utilização**
- **nível de conforto desejado**

Nível de conforto

- Vazão típica de um chuveiro elétrico = 3 a 6 litros por minuto

- Vazão de uma ducha = varia, podendo chegar a vazões > 30 litros

- Vazão recomendada para atingir um bom nível de conforto = 7 a 10 litros/ minuto

- tempo de banho = 8 a 10 minutos

Consumo médio de água quente por peça

Para referência *

Peça	Consumo diário
Ducha	70 a 90 litros / pessoa
Lavatório	5 a 7 litros / pessoa
Bidê	5 a 7 litros / pessoa
Cozinha	20 a 30 litros / pessoa
Lavanderia	8 a 15 litros / kg de roupa seca
Banheira	30 a 50% do volume da banheira

* – valor considerando 1 banho/dia/pessoa

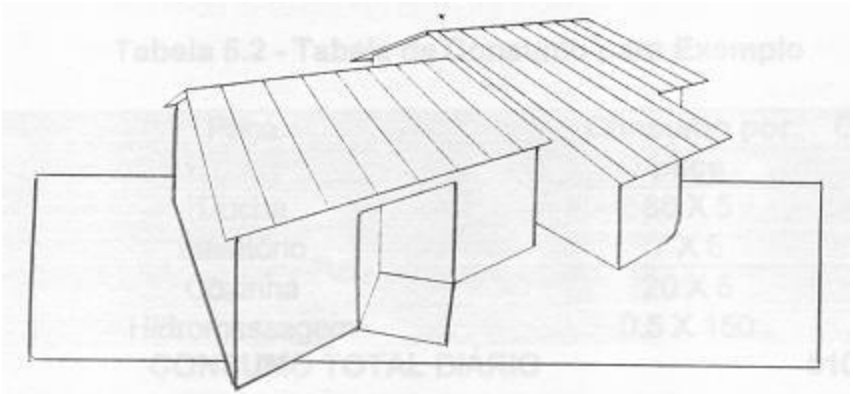
Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

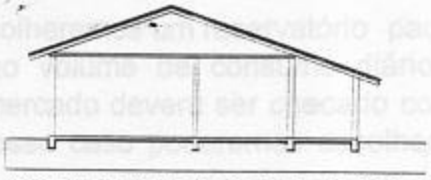
EXEMPLO DE RESIDÊNCIA

Residência com:

- 5 moradores

PLANTA


PERSPECTIVA


CORTE ESQUEMATICO

Casa instalada em São Paulo (SP)

Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

Cálculo do consumo diário de água quente

Tabela 1

Peça	Consumo por peça	Consumo total
Ducha	80 x 5	400
Lavatório	7 x 5	35
Cozinha	20 x 5	100
Hidromassagem	0,5 x 150	75
Consumo total diário		610 litros

Escolhe-se um reservatório padrão de mercado que seja de volume igual ao volume do consumo diário estimado de água quente

No exemplo = 600 litros

Cálculo da área e número de coletores

Aspectos a considerar:

- eficiência do coletor
- temperatura do local
- radiação solar disponível (kWh/m^2/dia)
- volume de água quente necessário

Opção 1- tabela fornecida por fabricante

Relação volume / área do coletores para algumas cidades

Tabela 2

Localidade	Área de Coletor (m2) para cada 100 litros
São Paulo	1,75 – 1,85
Campinas	1,20 – 1,30
Ubatuba	1,65 – 1,75
Bauru	1,10 – 1,20
Campos do Jordão	2,00 – 2,10
Ribeirão Preto	1,00 – 1,10
Presidente Prudente	1,10 – 1,20

Obs: relação desenvolvida para uma eficiência média de coletor, vidros lisos

Opção 2

Cálculo via equação de balanço de energia:

$$RSI \times A \times \eta = m \times c \times \Delta t$$

Onde:

RSI – radiação horária média mensal – kWh/m^2

C= 4180 joules/kg^{o}C – calor específico da água

m – massa de água (kg) ou litros

η eficiência do coletor

ρ = 1000 kg/m^3

A – área do coletor

Δt - diferença entre a temperatura de entrada e saída do coletor ^{o}C

O número de coletores deverá ser selecionado de acordo com o volume do reservatório e o padrão do mercado de coletores.

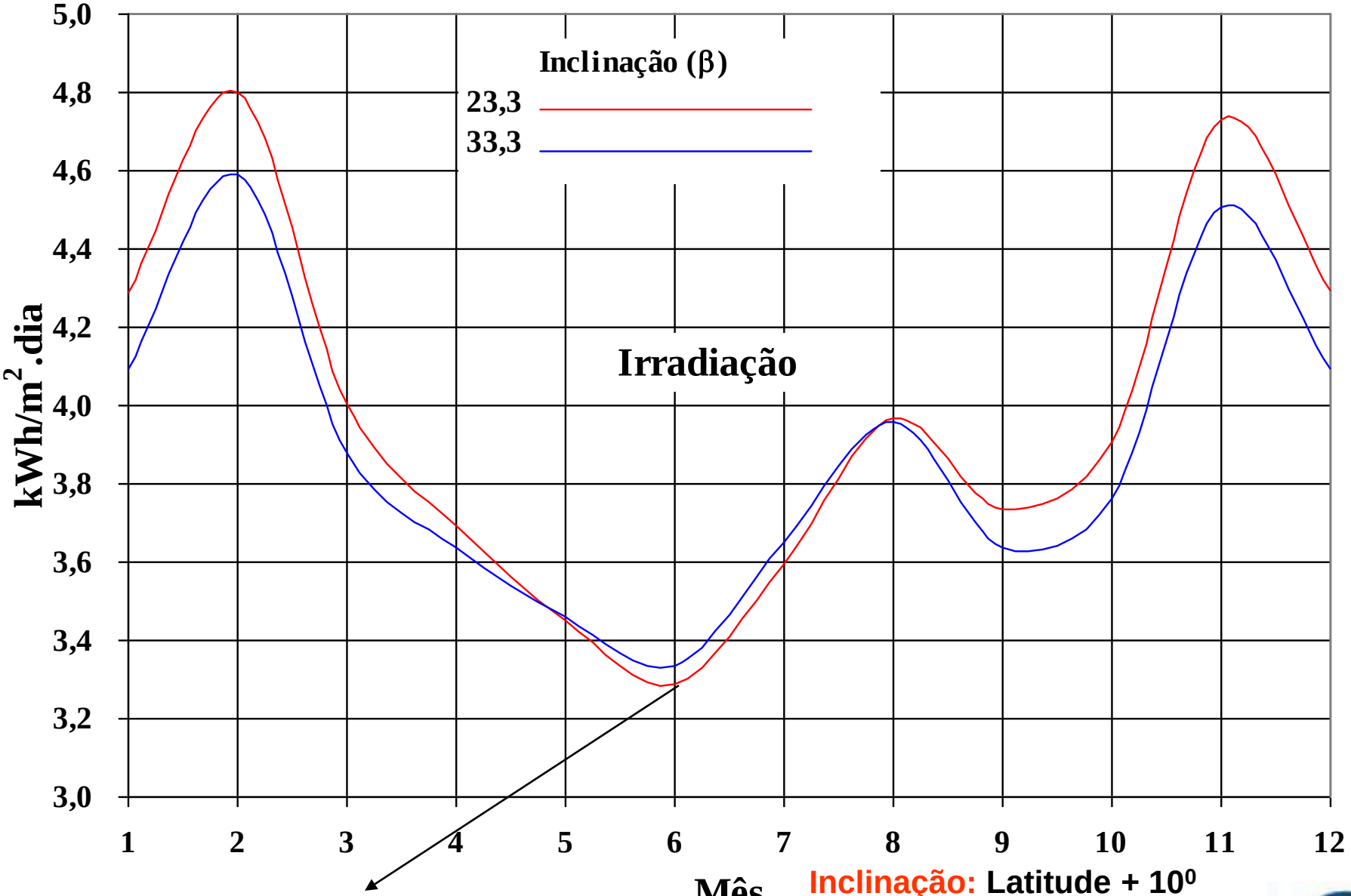
No nosso exemplo em São Paulo, consideramos um coletor de 1,6 m^2 (comercial) Assim sendo, de acordo com a tabela 2 necessitaremos de :

- 10,5 m^2 de coletores = 7 coletores

1,75m2 - 100 l

X - 600 l

COMO INSTALAR O COLETOR SOLAR?



Pior mês = menor radiação

São Paulo

Inclinação: Latitude + 10^0

Maximiza energia coletada no inverno

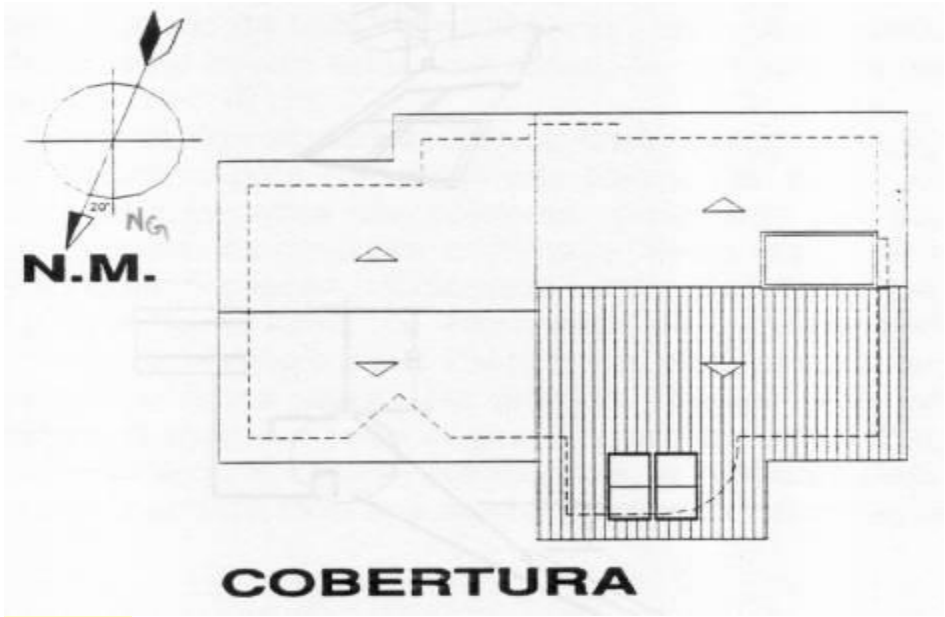
Face Norte – Verdadeiro ou geográfico

Ao avaliarmos o projeto de localização da cobertura definimos a água do telhado em destaque na figura abaixo.

Esta parte do telhado entretanto, apresenta um desvio em relação ao Norte magnético de 20 graus oeste.

Como o norte magnético está a aproximadamente 20 graus a oeste do norte geográfico para São Paulo, teremos um desvio total de 40 graus .

A inclinação do telhado é de 19 graus.



Compensação da área devido ao desvio.

Área total Fator de compensação = 10,5 × 1,18 = 12,4 m^2

Considerando o coletor de 1,6 m^2 – recomenda-se a instalação de 8 coletores

Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

	ÂNGULO DE INCLINAÇÃO								
DESVIO DO NORTE	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	1,24	1,17	1,09	1,05	1	**1,08**	**1,15**	**1,24**	**1,36**
10	1,26	1,17	1,11	1,05	1,02	**1,06**	**1,15**	**1,24**	**1,35**
20	1,26	1,18	1,12	1,06	1,03	1	**1,12**	**1,21**	**1,32**
30	1,29	1,21	1,15	1,11	1,06	1,05	1,03	1,03	1,03
40	1,30	1,24	1,18	1,14	1,12	1,09	1,09	1,09	1,11
50	1,33	1,27	1,23	1,20	1,18	1,17	1,15	1,17	1,18
60	1,36	1,32	1,29	1,26	1,24	1,24	1,24	1,26	1,27
70	1,39	1,38	1,35	1,33	1,33	1,33	1,35	1,36	1,39
80	1,44	1,44	1,42	1,42	1,44	1,45	1,47	1,50	1,54

Tabela de compensação de área

Fonte: Agência Energia – Manual técnico de aquecimento solar, 1999

Custo

PREÇO DO SISTEMA:

COLETOR+RESERVATÓRIO+TUBULAÇÕES+ACESSÓRIOS= 450R$/m^2

Aproximadamente 8R$ por litro de água aquecida

Preço do sistema: 8 coletores $\times$ 1,6 m^2 $\times$ 450R$/m^2 = **5750,00 R$**

OBS: Não estão incluídos (caso seja necessário) preço de tubulação hidráulica de água quente interna e revestimento de paredes

Dever de casa:

Vida útil = 20 anos

Considerando que a tarifa residencial é igual a 0,400R$/kWh, calcule o retorno (tempo) do investimento.

Considerar um consumo médio de energia elétrica complementar (para dias nublados de 30% com relação ao consumo original (com chuveiro)

Exercício

Dados:

Radiação solar – 5,6 kWh/m^2

Área do painel – 2 módulos de 1,6 m2

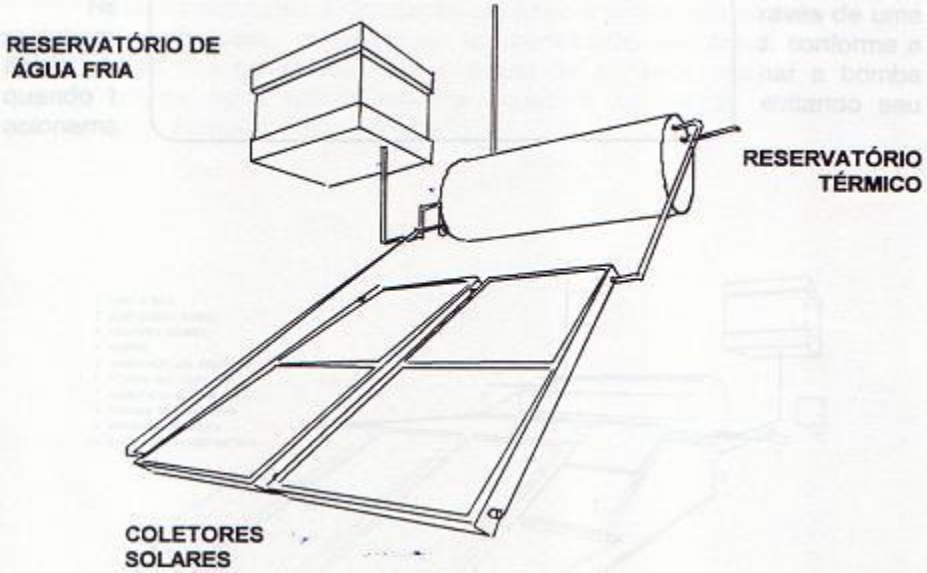
Latitude: 23,5 ^{0}C

Eficiência térmica – 50%

Tfi – entrada do coletor – 15 graus C

Tfs – saída do coletor – 45 ^{0}C

Cp – calor específico –4180 joules/kg^{o}C
Densidade da água = 1000kg/m^3



Calcule : Quantidade de água diária aquecida e capacidade do boiler

Solução: $$RSI \times A \times \eta = m \times c \times \Delta t$$

$$RSI \times A \times \eta =$$ 5,6 kWh/m2/dia x 2 x 1,6m2 x 0,5 = 8960 Wh /dia

1Joule= 1W x Seg
1seg= (1/3600)h

$$m(kg)/dia \times c\left(\frac{Watts \times seg}{kg \times {}^{o}C}\right) \times (Tf - Ti)^{o}C$$

$$m(kg)/dia \times 4180\left(\frac{Watts \times h}{3600 \times kg \times {}^{o}C}\right) \times (45-15)^{o}C = 34{,}883Wh/kg \times m(kg)/dia$$

$$8960Wh/dia = 34{,}883Wh/kg \times m(kg)/dia$$

Densidade = massa/volume= 1000kg/m^3

$$m = \frac{8960Wh}{34{,}883Wh/kg} = 256kg/dia$$

1kg=1 litro

Volume= 0,256 m3 /dia

Capacidade do boiler = aproximadamente 256 litros