

PEA 3100

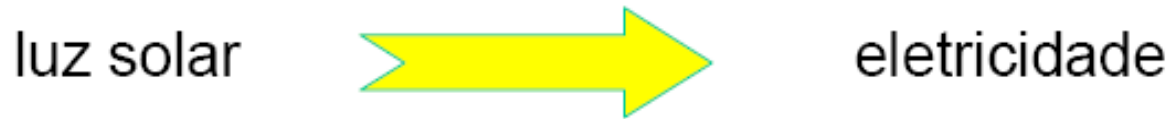
Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade

Energia Solar

Aplicação: geração de energia elétrica

ENERGIA SOLAR – FORMAS DE CONVERSÃO EM ELETRICIDADE

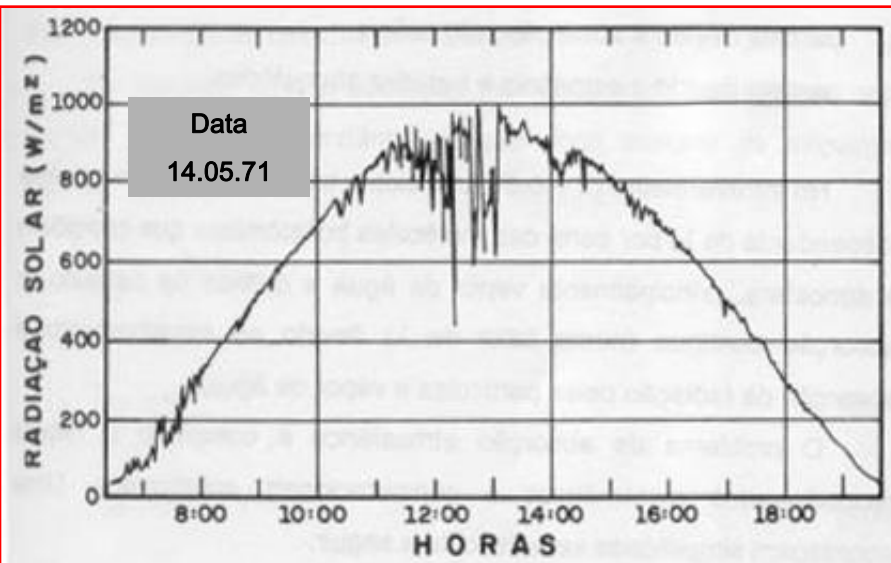
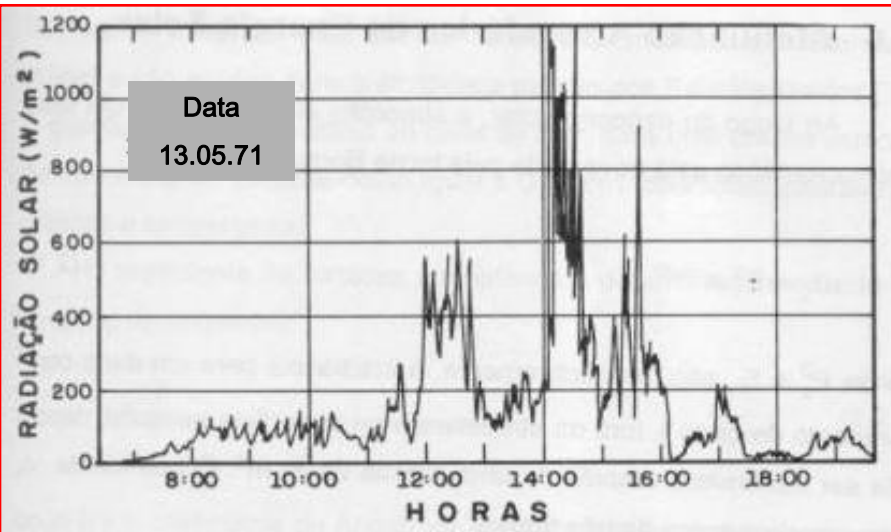
Conversão fotovoltaica



Conversão termomecânica



RADIAÇÃO SOLAR NA SUPERFÍCIE TERRESTRE



Variabilidade da radiação solar

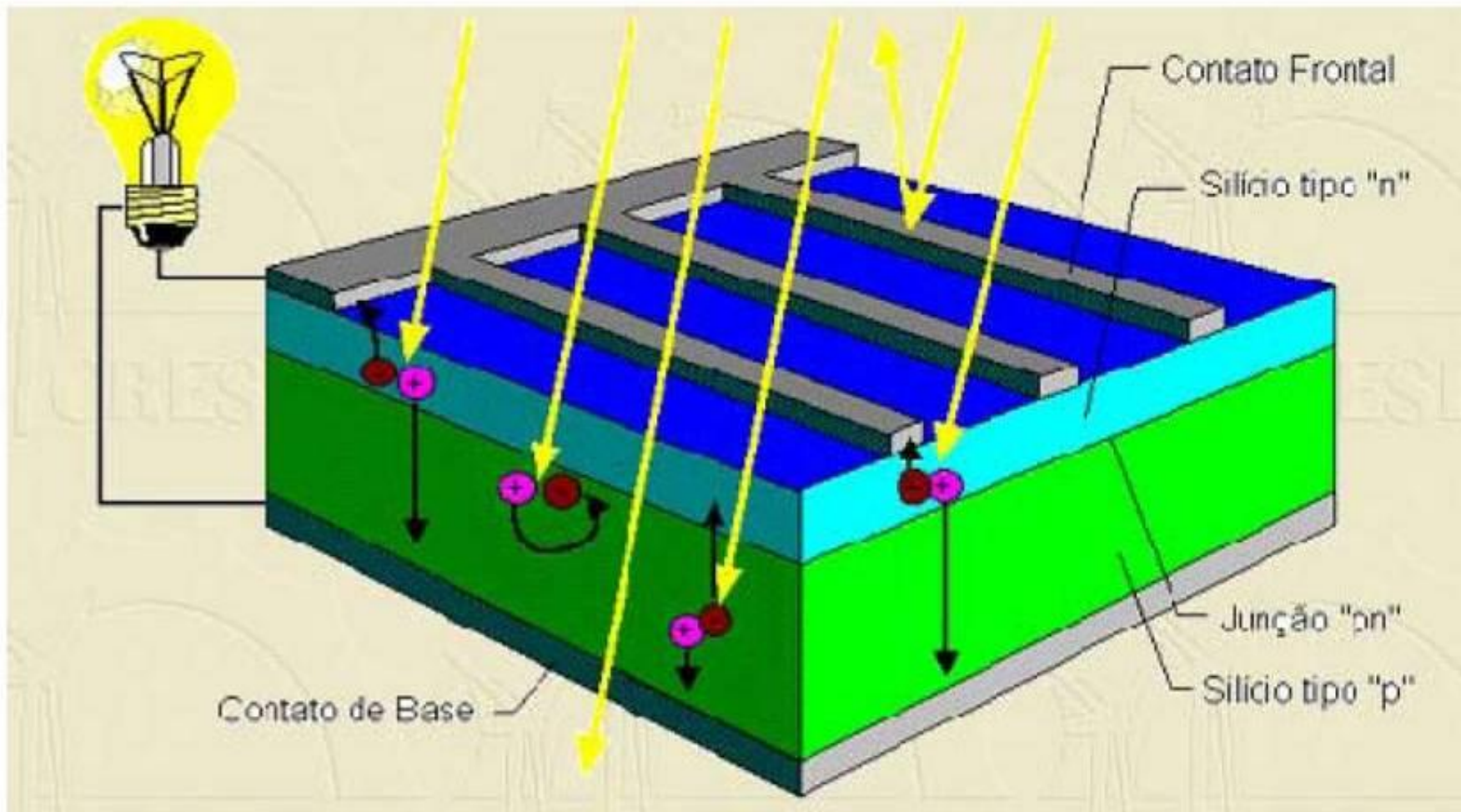
É função:

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

Condições atmosféricas ótimas:

- Ao nível do mar = 1 kW/m^2 ;
- A 1000 metros de altura = $1,05 \text{ kW/m}^2$;
- Nas altas montanhas = $1,1 \text{ kW/m}^2$;
- Fora da atmosfera = $1,367 \text{ kW/m}^2$.

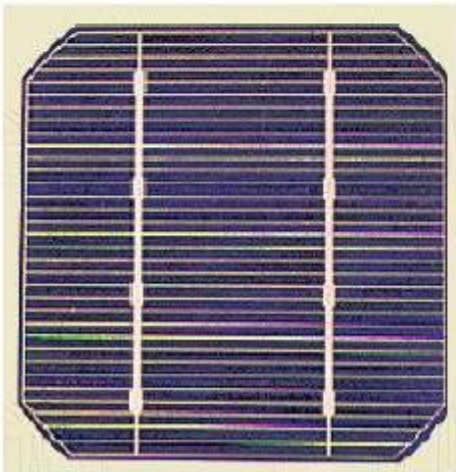
EFEITO FOTOVOLTAICO - 1



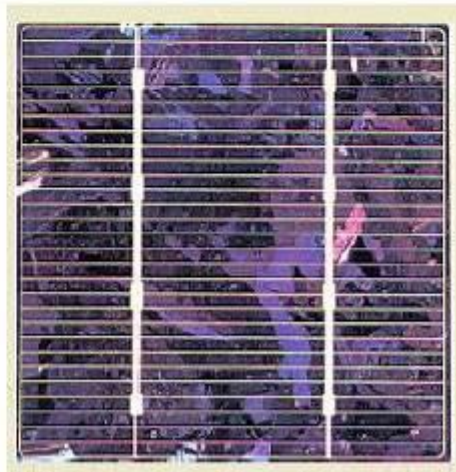
Corrente CC, tensão de saída = 0,6Volts

MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DAS CÉLULAS

Materiais	Rendimento
Silício Monocristalino	15 - 17,5 %
Silício Policristalino	11 - 12,5%
Silício Amorfo	9%
Silício amorfo com liga de silício-germânio	10%
Arseneto de Gálio	20%
Disseleneto de Cobre-Índio	14%
Telureto de Cádmio	12,70%

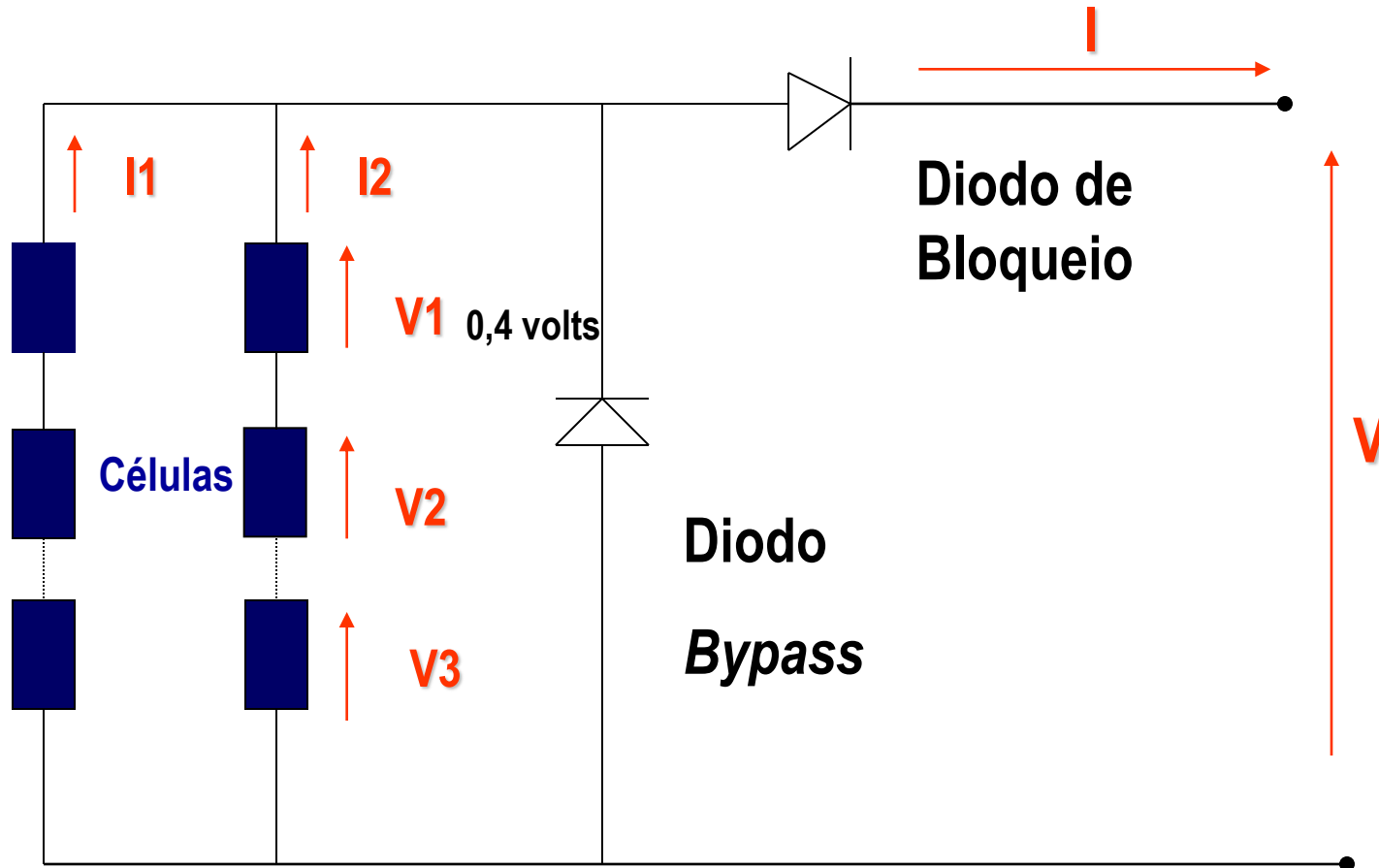


Silício Monocristalino



Silício Policristalino

MÓDULO - ARRANJO DAS CÉLULAS



$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots I_n$$

POTÊNCIA INSTALADA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Por exemplo: Deseja-se instalar 480Wp de potência:

$$\text{Potência} = \eta \times A \times RSI \quad [\text{Watts}] \quad \text{onde}$$

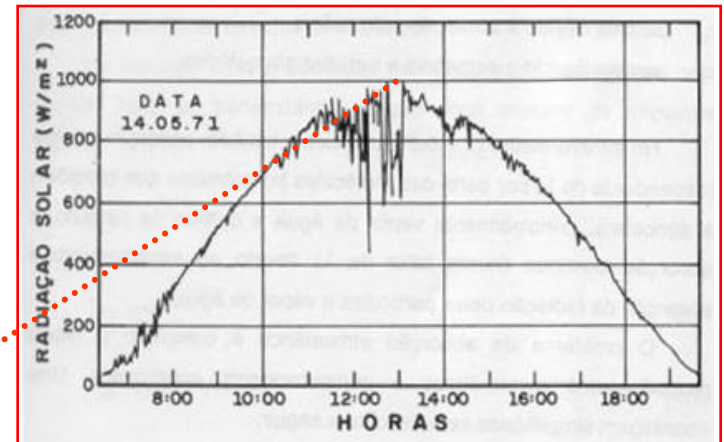
η - rendimento do módulo

A - área do painel - m²

RSI - radiação solar incidente - W/m²

Sendo potência instalada em Wp,

então: radiação solar = 1000W/m²



Considerando uma eficiência do módulo de 15%, então:

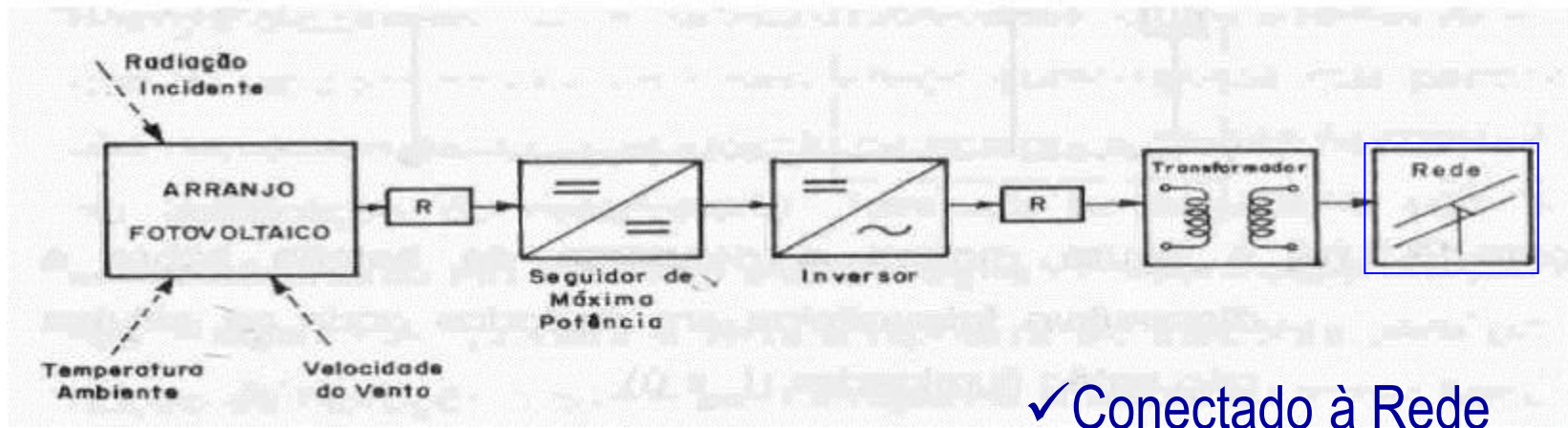
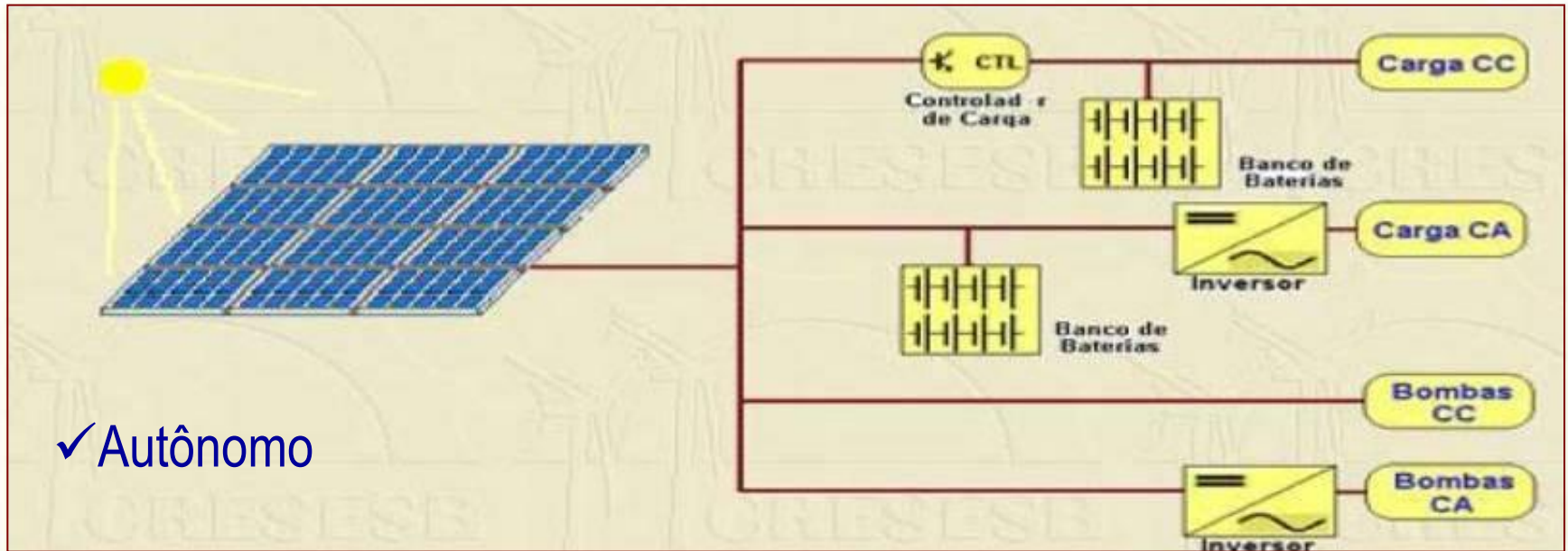
A – área ocupada pelo módulo

$$A = 480\text{Wp} / (1000\text{Wp/m}^2 \cdot 0,15)$$

$$A = 3,2 \text{ m}^2$$

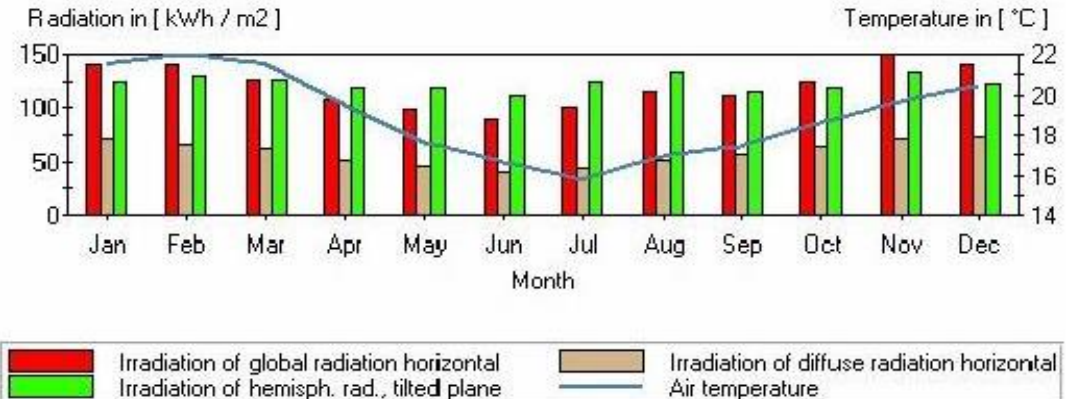


TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

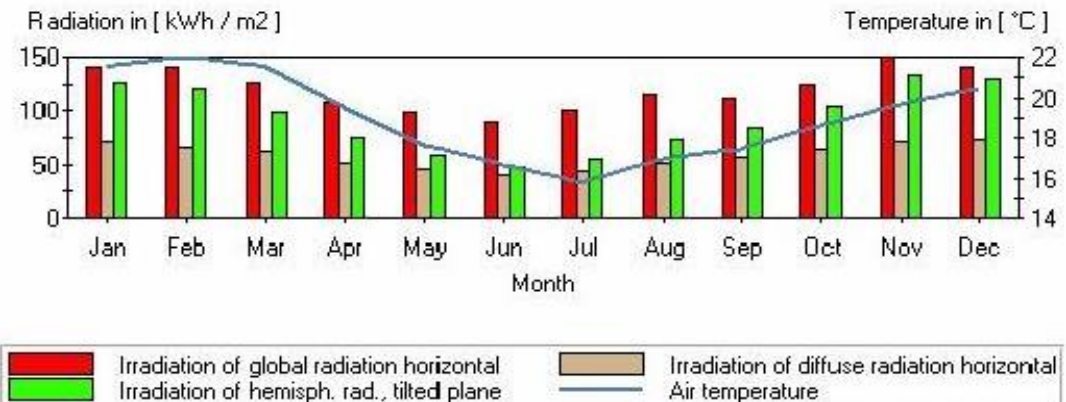


INCLINAÇÃO ? ORIENTAÇÃO ?

Direcionado para o norte



Direcionado para o sul



São Paulo (Lat. – 23,43)

Critério de projeto: Pior mês? Valor Médio? Radiação no Inverno ou Verão ?

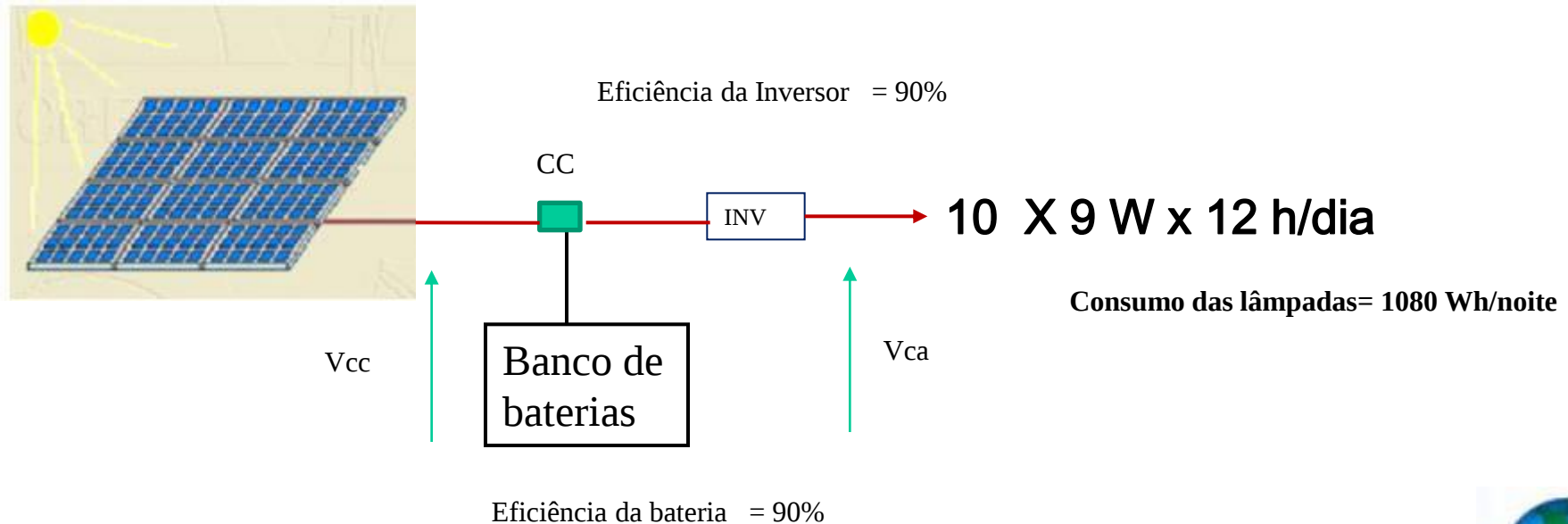
Exemplo : Projetar um sistema fotovoltaico para alimentar **10 Lâmpadas Led de 9 W**, ligadas durante 12 horas, período noturno.

Dados:

Radiação solar incidente = $5\text{kWh/m}^2/\text{dia}$
(média diária)

Autonomia do banco de baterias = 2 dias

Etapa 1 – Configuração do sistema



Etapa 2 – Dimensionamento da capacidade do banco de baterias (CB)

$$CB(Wh) = (\text{Consumo diário} \times \text{Autonomia desejada (dias)}) / (\text{máxima profundidade de descarga} \times \text{Efic. Bateria} \times \text{Efic do Inv})$$

Considerando a compra de uma bateria de 80% de profundidade máxima de descarga e 12 Vcc.

$$CB(Wh) = (1080Wh/dia \times 2 dias) / 0,8 \times 0,9 \times 0,9 = 3334 Wh$$

Supondo a compra de uma bateria de 100Ah, 12 Vcc

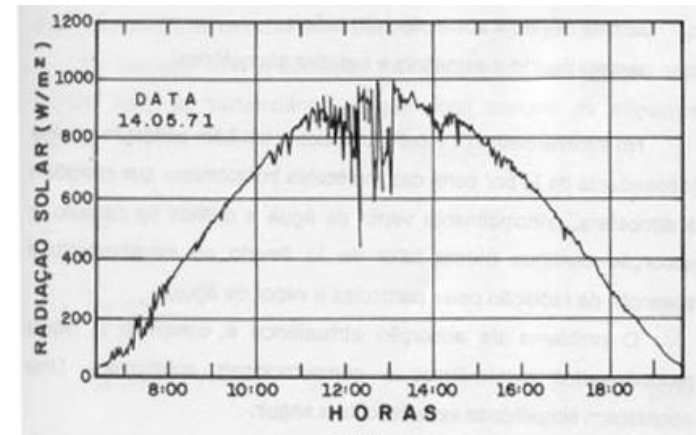
$$= 100 Ah \times 12 Vcc = 1200 Wh$$

Será necessária a compra de: $3344/1200 = 3$ baterias

Consumo das baterias (para autonomia desejada) = $3 \times 1200Wh = 3600 Wh$

Etapa 3 – Dimensionamento da capacidade de potência do módulo (Wp)

Sendo a radiação solar diária incidente = 5 kWh/m²/dia = como se fosse **5 horas de 1000W/m²** (5 horas de sol pleno)



$$3600 \text{ Wh} = P (\text{Wp}) \cdot 5 \text{ horas de sol pleno}$$

$$P (\text{Wp}) = 3600 \text{ Wh} / 5 \text{ h} = 720 \text{ Wp}$$

Se usarmos módulo de 300Wp, 12 volts, $\eta = 15\%$

Serão necessários: $720 \text{ Wp} / 300 \text{ Wp} = 3$ módulos

Etapa 4 – Cálculo da área ocupada pelos módulos

$$P(W_p) = n \times A(m^2) \times \text{sol pleno } (1000 \text{ W/m}^2),$$

$$3\text{mód} \times 300W_p = 900 W_p = 0,15 \times A (m^2) \times 1000W/m^2$$

$$\rightarrow A = 6 \text{ m}^2$$

ou

$$EG(Wh/dia) = n \times A (m^2) \times RSI (5kWh/m^2)$$

$$3 \text{ mód} \times 300W_p \times 5h = 4500 \text{ Wh} = 0,15 \times A(m^2) \times 5000Wh/m^2$$

$$\rightarrow A = 6 \text{ m}^2$$



SISTEMA FOTOVOLTAICO - APLICAÇÕES

☐ Produtos de consumo

- calculadoras
- brinquedos
- relógios
- aparelhos portáteis/ uso doméstico

☐ Sistemas autônomos

- telecomunicações
- bombeamento de água
- sinalização (bóias, faróis)
- iluminação pública
- residências / postos de saúde

☐ Sistemas interligados com a rede

SARNIA PV POWER PLANT – ONTARIO/CANADÁ

Sarnia PV

Módulos Fotovoltaicos	1.300.000
Área total	960.000 m ²
Potência	97 MWp
Geração anual	120 GWh
Fator de capacidade	0,17



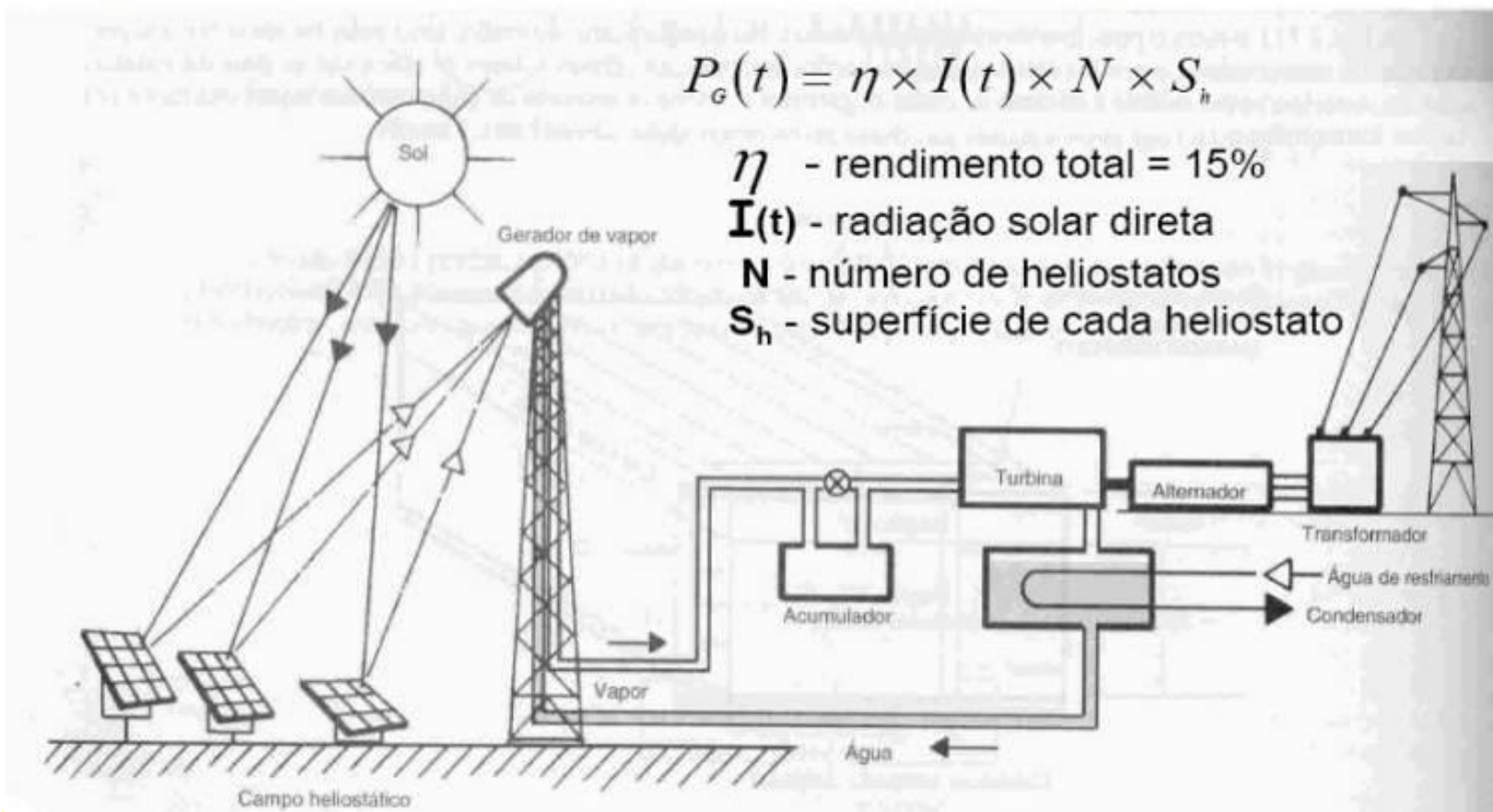
Fonte: Sarnia PV



Conversão indireta da radiação solar em eletricidade

SISTEMAS TERMOSOLARES

Sistema de Receptor Central - Torres de Potência - Princípio de Funcionamento





Conversão indireta da radiação solar em eletricidade

SISTEMAS TERMOSOLARES

UTES Termossolares → Ciclo Rankine

UTE BARSTOW

Heliostatos	1818
-------------	------

Área - heliostato	39,9 m ²
-------------------	---------------------

Área total	291.000 m ²
------------	------------------------

Potência	42 MW
----------	-------

Altura da torre	77,1 m
-----------------	--------

Receptor	24 painéis de 13,7 m de altura, cada painel tem 12,7 mm de diâmetro
----------	---

Diâmetro do Receptor	7 m
-------------------------	-----



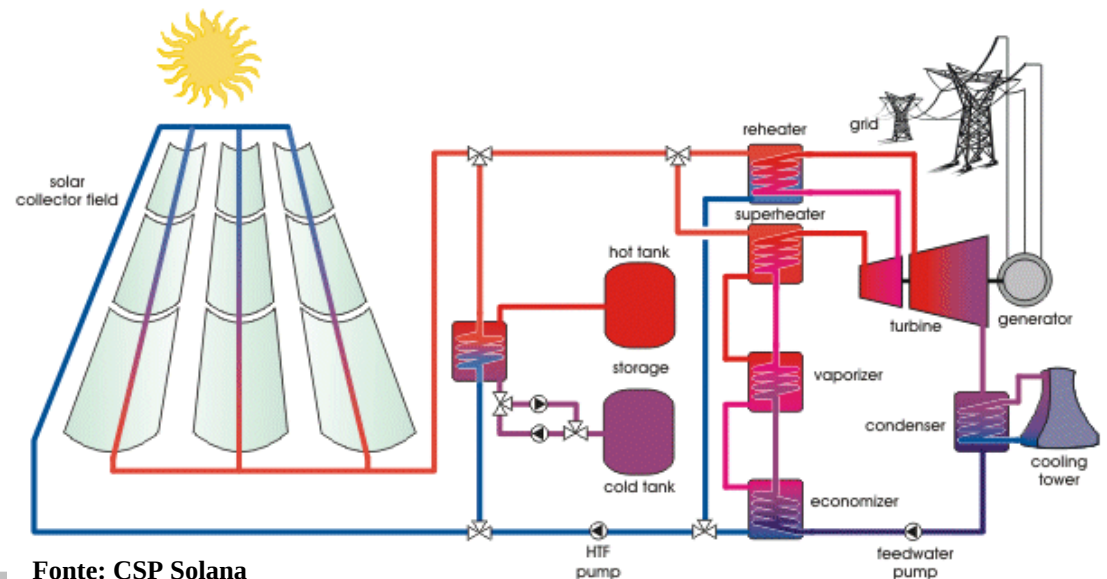


Conversão indireta da radiação solar em eletricidade

SISTEMAS TERMOSOLARES

UTES Termossolares Parabólicas → Ciclo Rankine

- Nestas centrais não existe uma torre solar concentrada, mas, espelhos parabólicos (CSP) com dutos de sal líquido que recebem o calor solar e, através de conexões série-paralelo, levam o sal líquido para o Ciclo de Rankine.



Fonte: CSP Solana



Conversão indireta da radiação solar em eletricidade

SISTEMAS TERMOSOLARES

UTE Termossolar Parabólica – CSP Solana – Arizona/EUA

UTE CSP Solana

Concentradores parabólicos	50.400
Área - concentrador	99,75 m ²
Área total da planta	7,72 km ²
Potência	280 MW
Energia	1,2 TWh
Fator de capacidade (com armazenamento de energia)	0,49

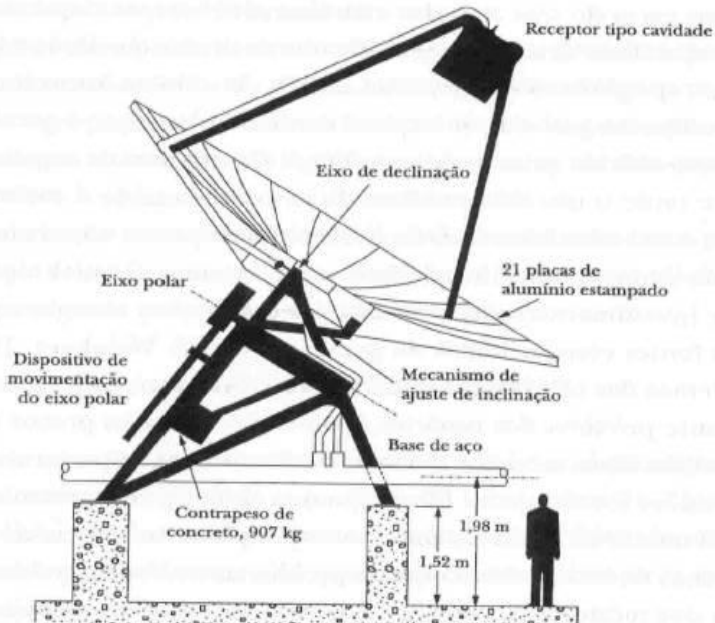


Fonte: CSP Solana



Sistema Distribuído

No sistema distribuído, a energia solar é convertida em energia térmica no próprio coletor solar.



Instalado na USP – São Paulo

CSP Trinum (Innova) – Cogeração Heliotérmica



. Campo solar Eurodish. Disponível em: (<http://www.dlr.de>)