MC ELÉTRICA
INOVAÇÃO QUE GERA ENERGIA

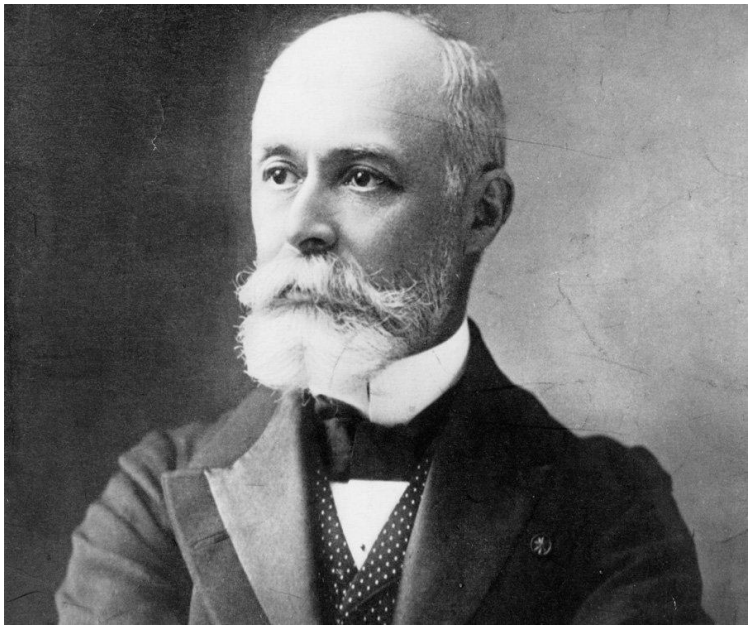
ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

ENGº MARCEL BETONI GONÇALVES

Breve histórico

No mundo

- 1839: descoberta do efeito fotovoltaico (Becquerel)



- 1930: estabelecimento da teoria fotovoltaica (Shottky)

- 1954: lançamento da primeira célula fotovoltaica (Pearson, Fuller e Chapin)

- anos 60: aplicação espacial / satélites

- anos 70: desenvolvimento de células de silício policristalino e aplicações terrestres

- anos 80: projetos piloto de pequenas centrais fotovoltaicas nos EUA e Europa

- anos 90: disseminação da tecnologia fotovoltaica para eletrização de sistemas rurais

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Breve histórico

No Brasil

- 1992: início de pesquisas e utilização em área rural

- até 2012: sistemas off-grid somente

- 2012: criação da REN 482 da ANEEL

    * Regulamentação dos sistemas on-grid
    * Criação do sistema de créditos de energia
    * Primeiras instalações de sistemas conectados à rede

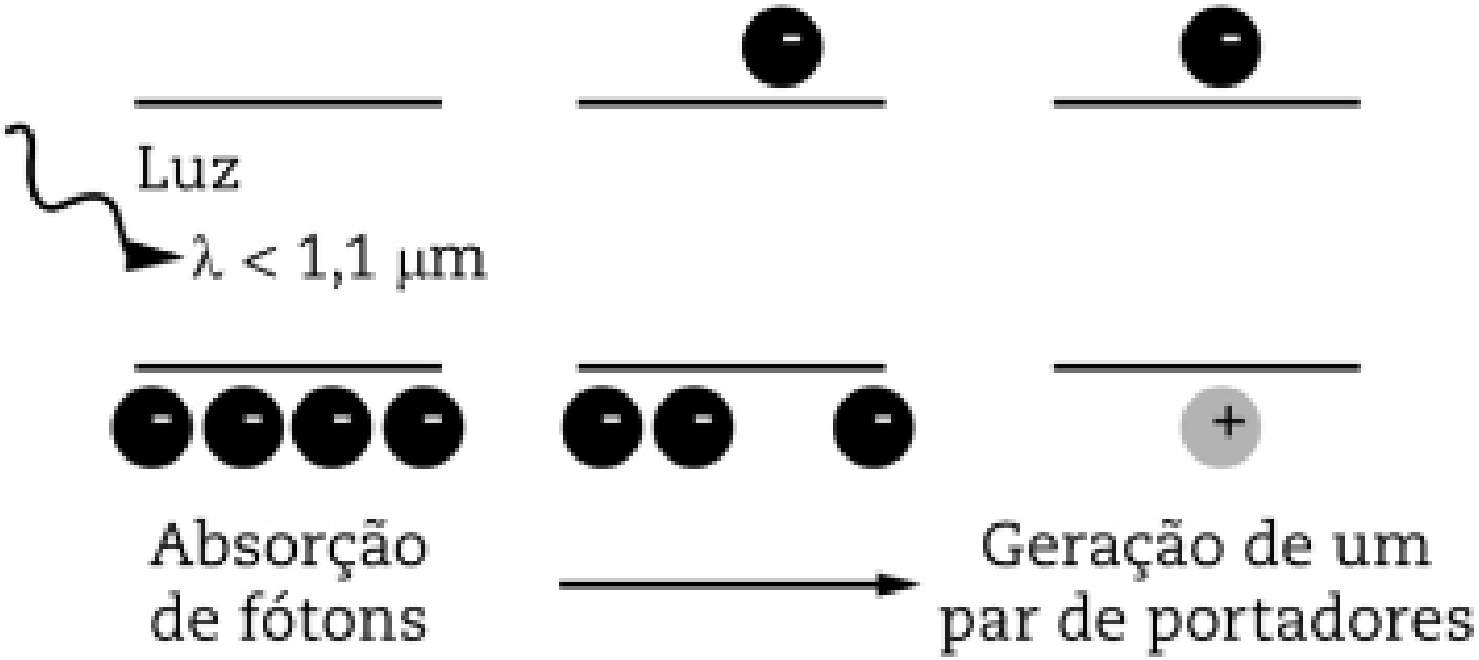
- ago/2017: 13.985 unidade consumidoras cadastrada no sistema de créditos de energia

    * Mais de 111 MWp instalados

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Princípios da Energia Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico

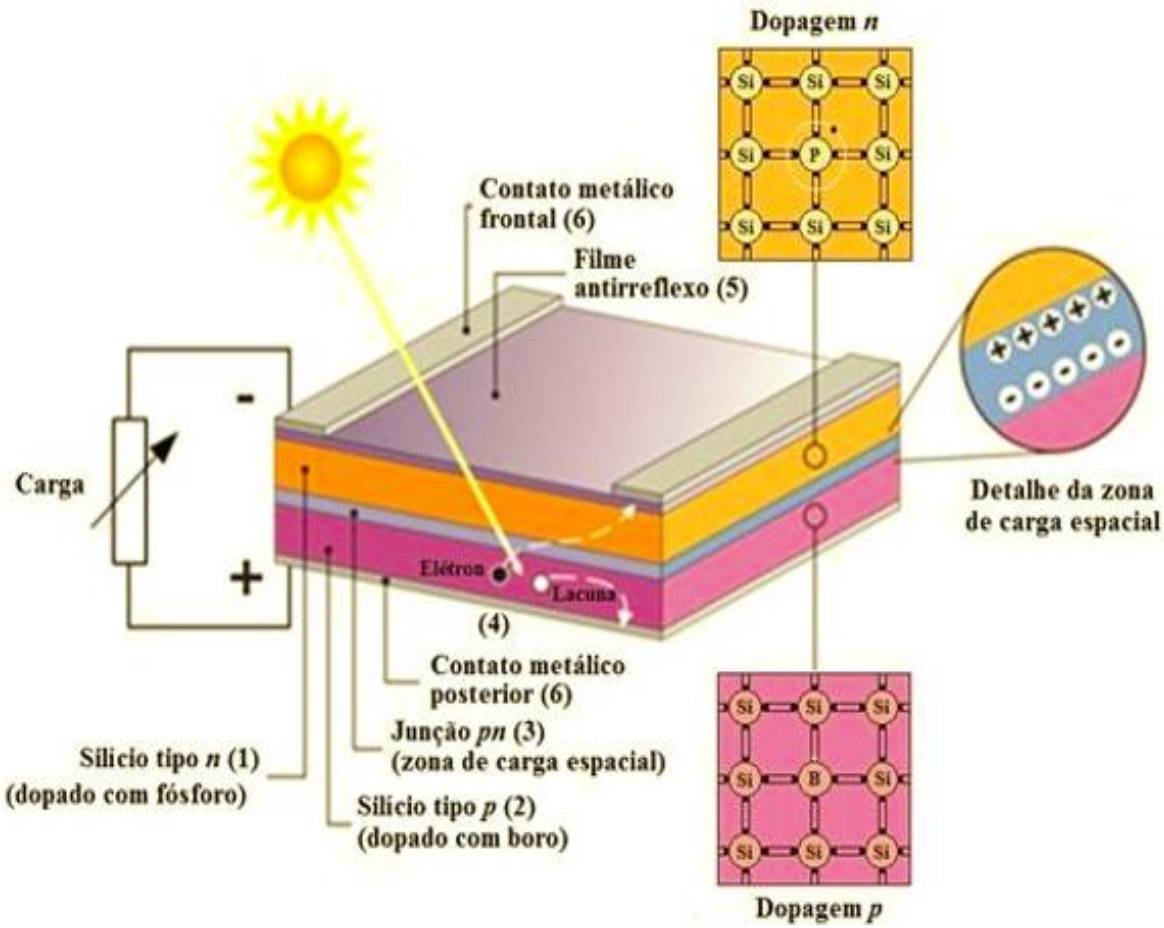


Fonte: ZILLES, R. et al. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Princípios da Energia Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico

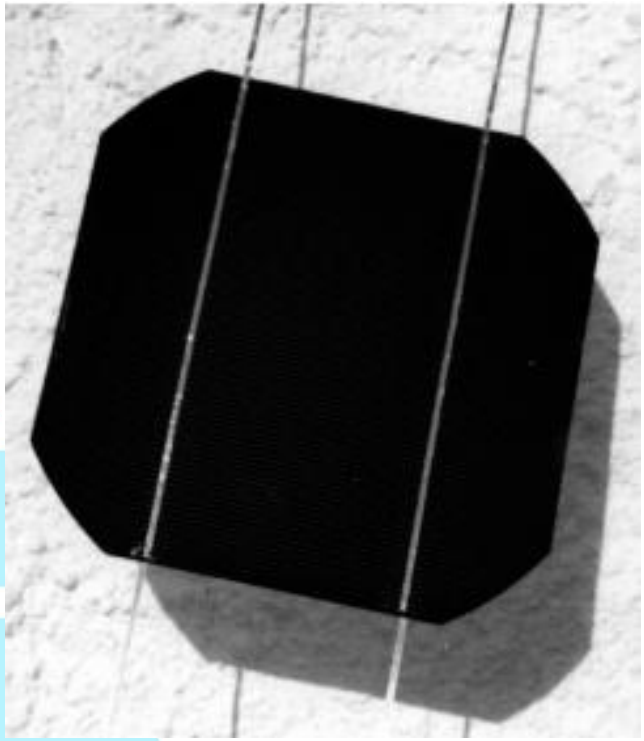


PINHO, J. T; GALDINO, M. A. Manual De Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos - CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro, RJ: 2014. 529 p.

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Princípios da Energia Fotovoltaica

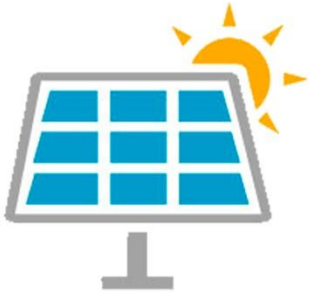
Células fotovoltaicas



Com as tecnologias atuais, a corrente gerada pelas células numa condição de 1000 W/m², a 25°C está entre 1,5 A (50 cm²) a 4,5 A (150 cm²). A tensão está entre 0,46 V a 0,48 V.

A associação de diversas células em uma única estrutura compõe o chamado módulo fotovoltaico.

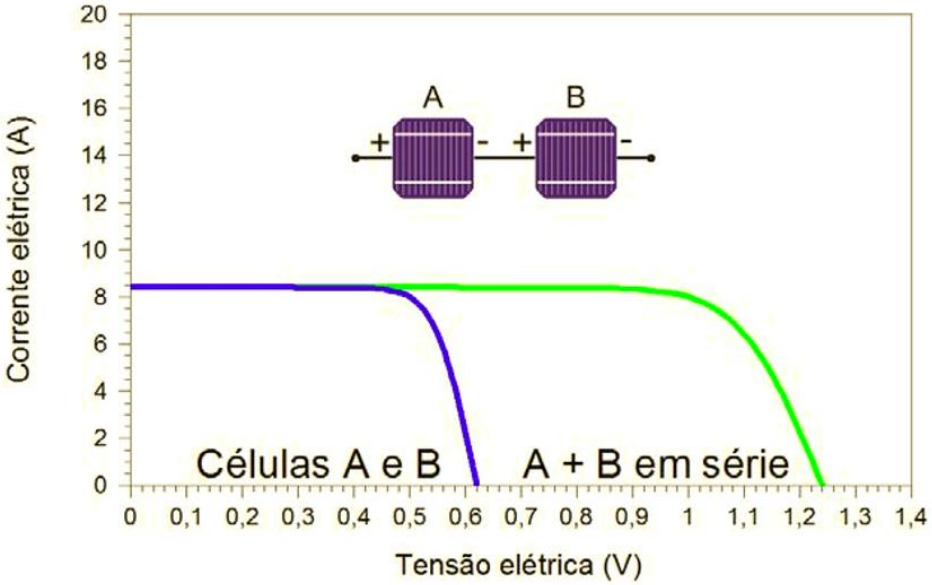
Fonte: ZILLES, R. et al. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012

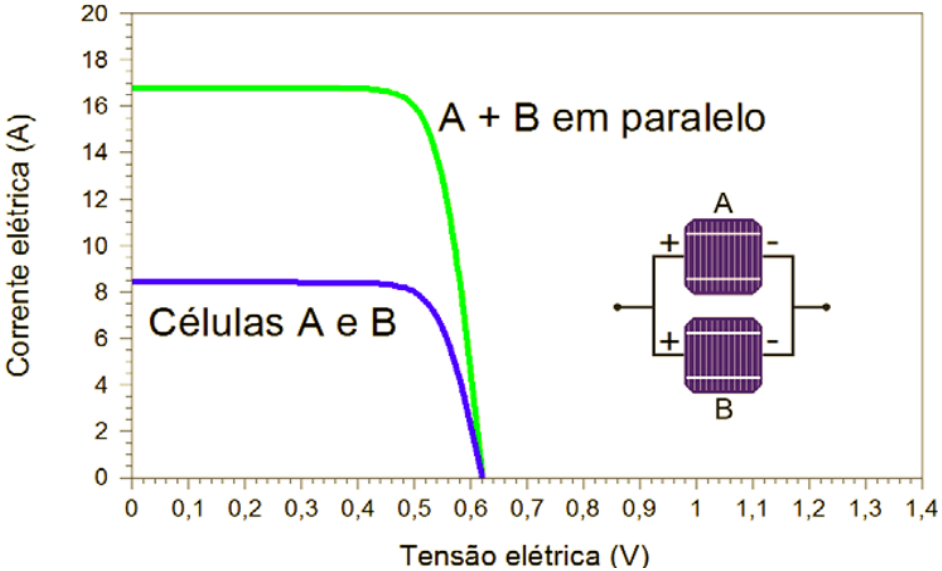


M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Princípios da Energia Fotovoltaica

Células fotovoltaicas – Associação série/paralelo



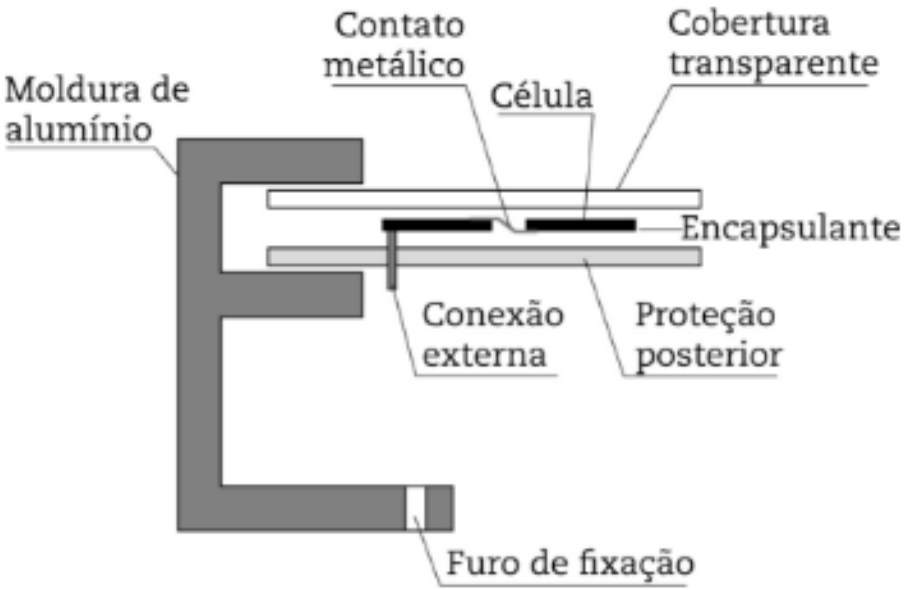


Fonte: PINHO, J. T; GALDINO, M. A. Manual De Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos - CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro, RJ: 2014. 529 p.

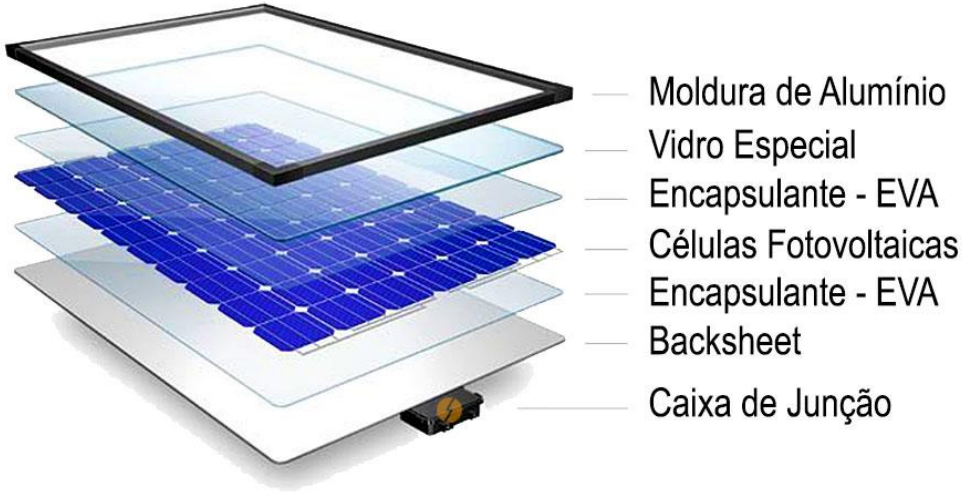
M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Composição



Fonte: ZILLES, R. et al. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012

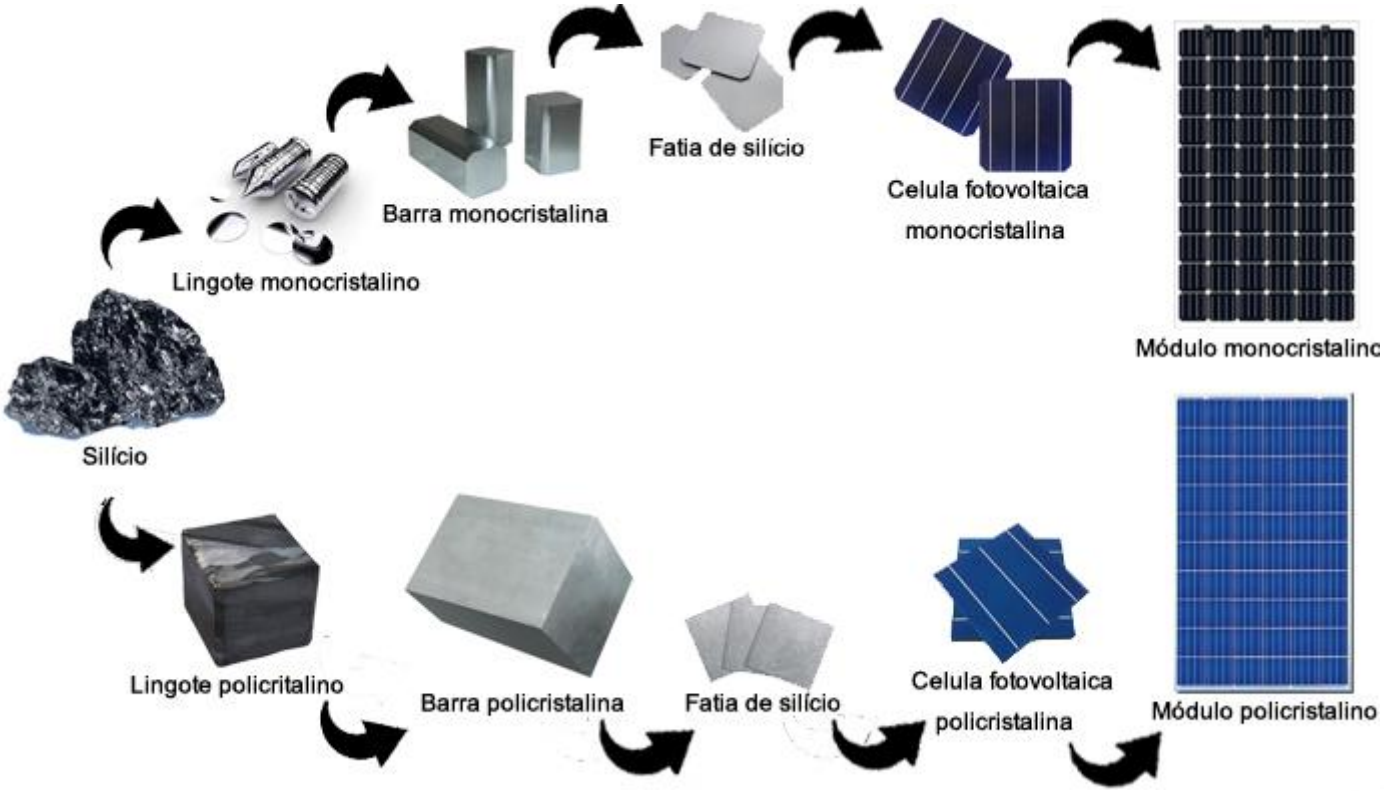


Fonte: www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Silício policristalino x silício monocristalino

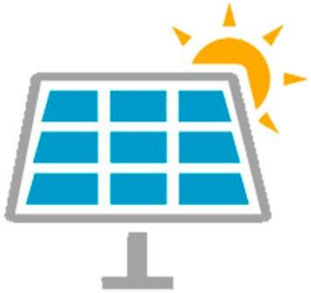


M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Silício monocristalino

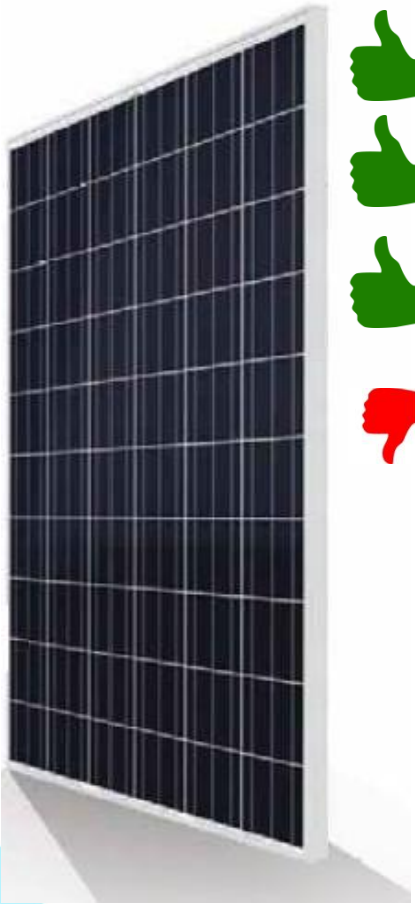
- Melhor eficiência entre as tecnologias disponíveis no mercado;
- Vida útil superior a 30 anos;
- Reagem melhor a condições de baixa radiação;
- Módulos mais caros;
- Aproveitamento menor do silício.



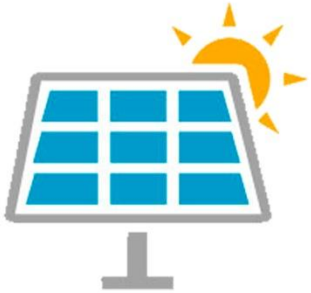
M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Silício policristalino



- Maior aproveitamento do silício;
- Vida útil superior a 30 anos;
- Módulos mais baratos;
- Menor eficiência em relação à tecnologia monocristalina;



M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Condições padrão de teste (STC)

Os dados informados nas folhas de dados dos módulos fotovoltaicos são referenciados a uma condição específica e padronizada, a saber:

- Temperatura de junção: 25°C;

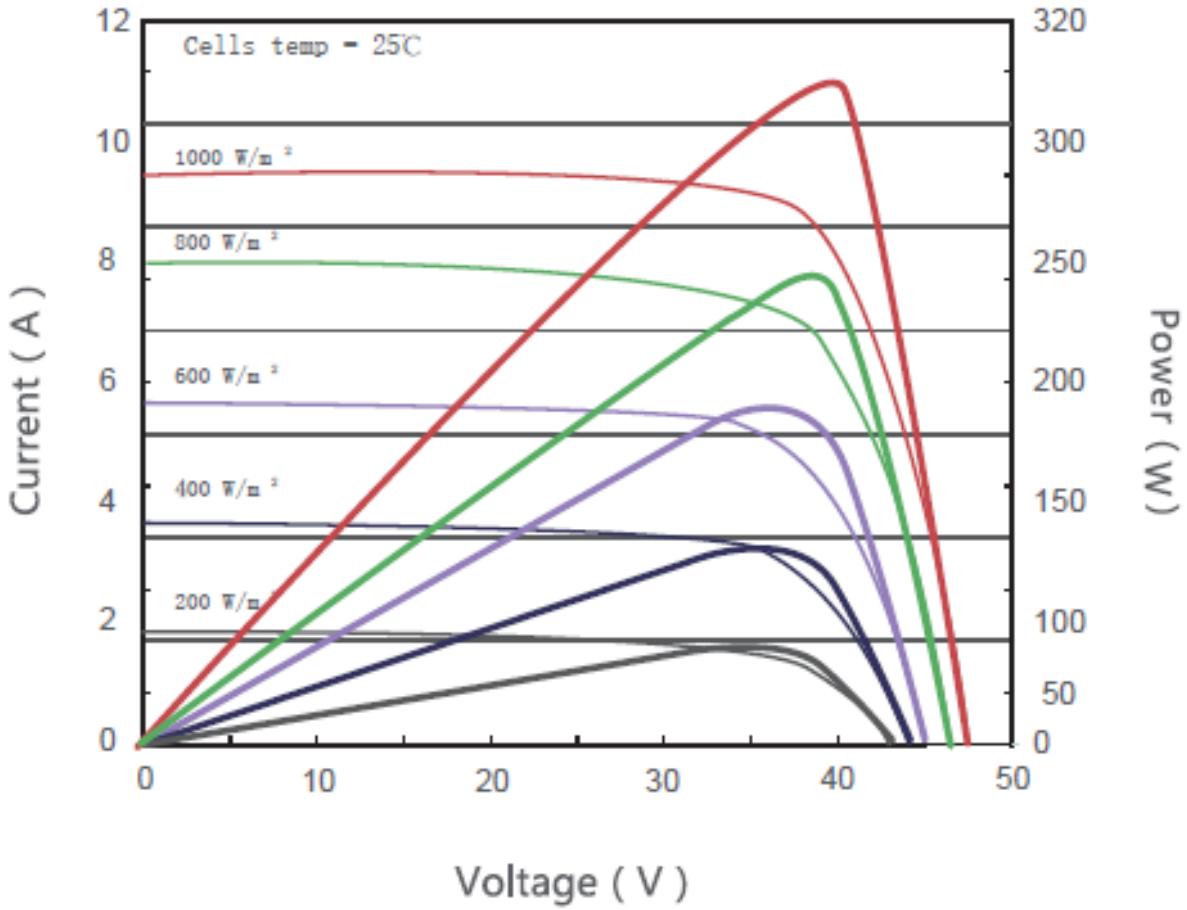
- Irradiação: 1.000 W/m², normal à superfície de ensaio;

- Espectro solar para massa de ar: AM=1,5

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Curvas Características

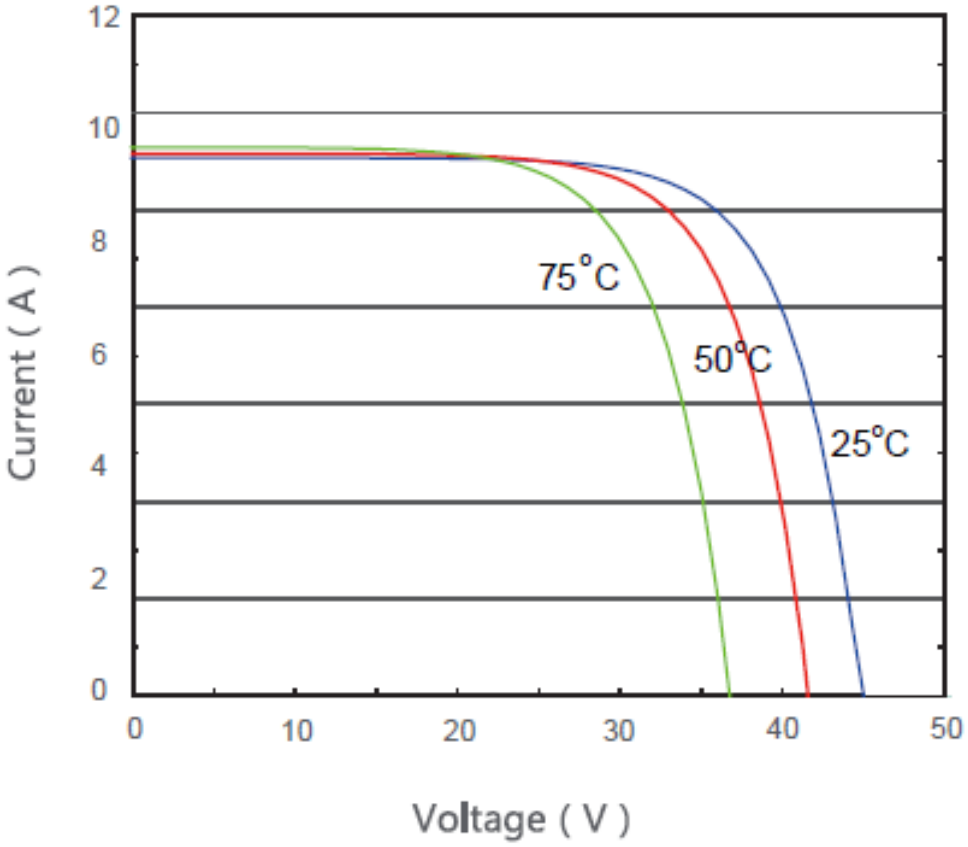


Fonte: Datasheet Módulo Fotovoltaico Schutten STP6-310/72

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Curvas Características

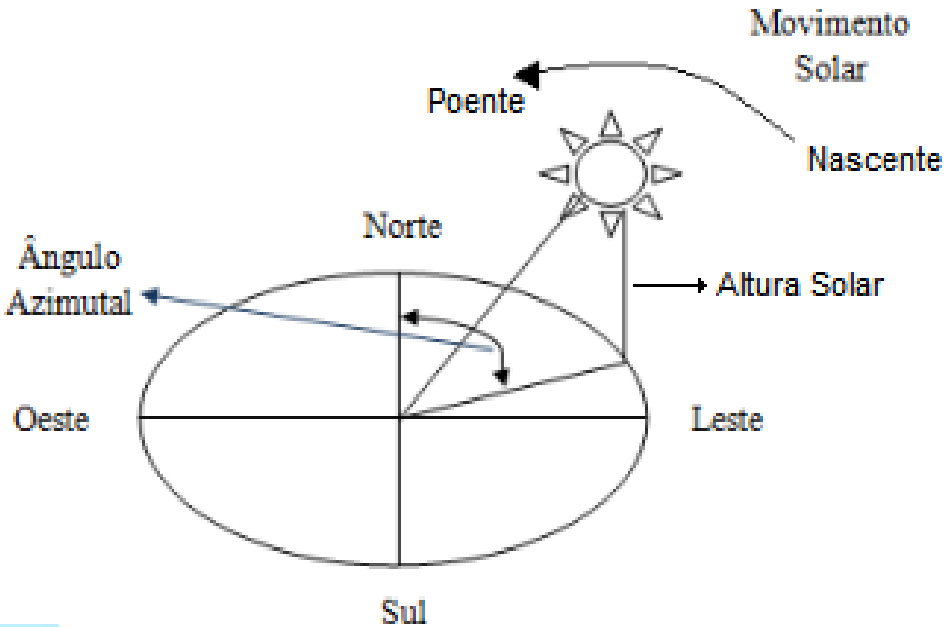


Fonte: Datasheet Módulo Fotovoltaico Schutten STP6-310/72

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Inclinação e orientação



Fonte: VASCONCELOS, V. B. Estudo De Implantação De Um Sistema De Micro geração Distribuída Residencial. Instituto Federal do Espírito Santo, 2013

* Para instalações no hemisfério sul, os módulos deverão estar direcionados para o norte geográfico, e vice e versa;

* A inclinação ideal é igual latitude do local de instalação;

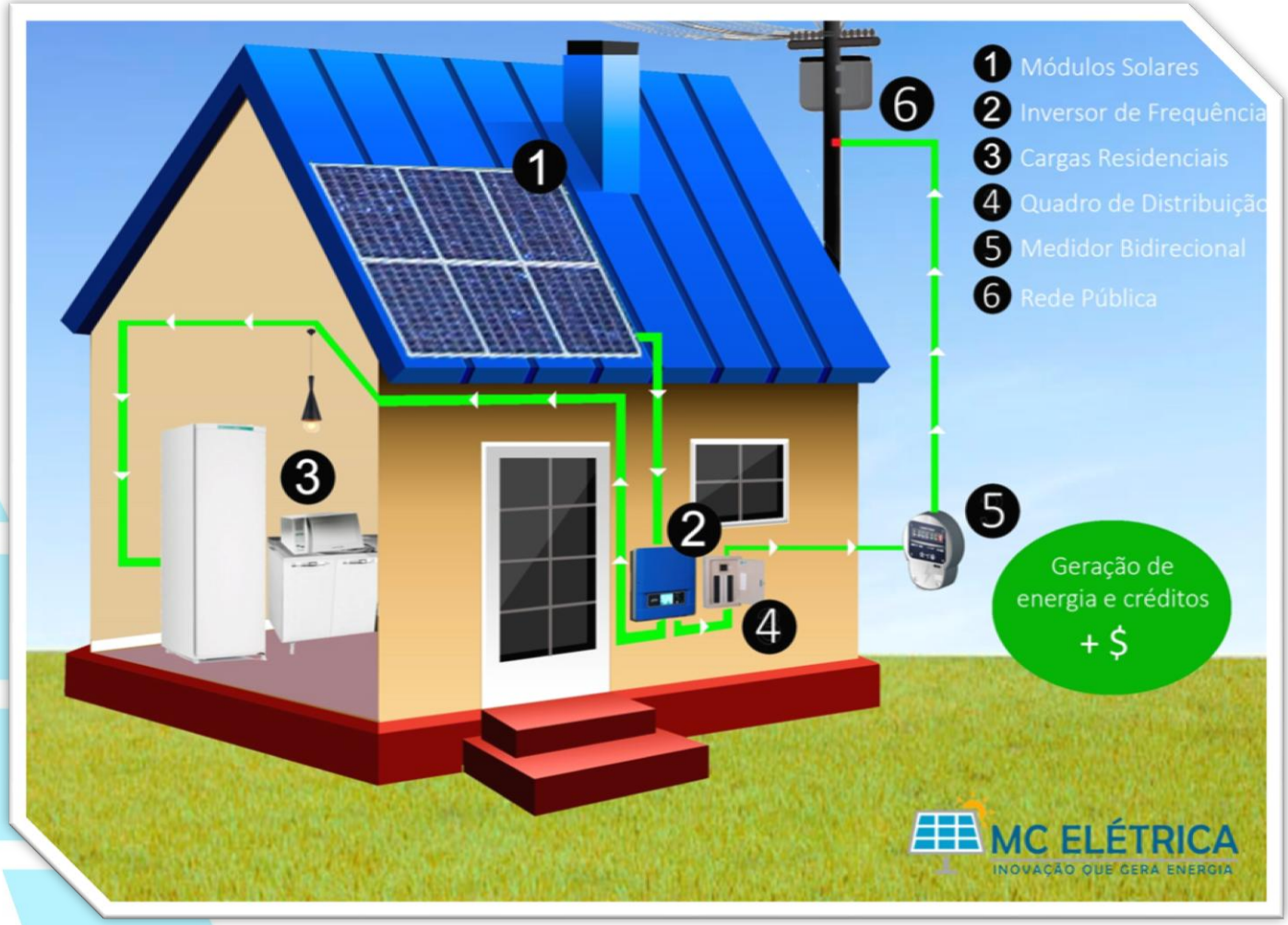
M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Módulos fotovoltaicos

Sistema tracking

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid



Durante o dia:

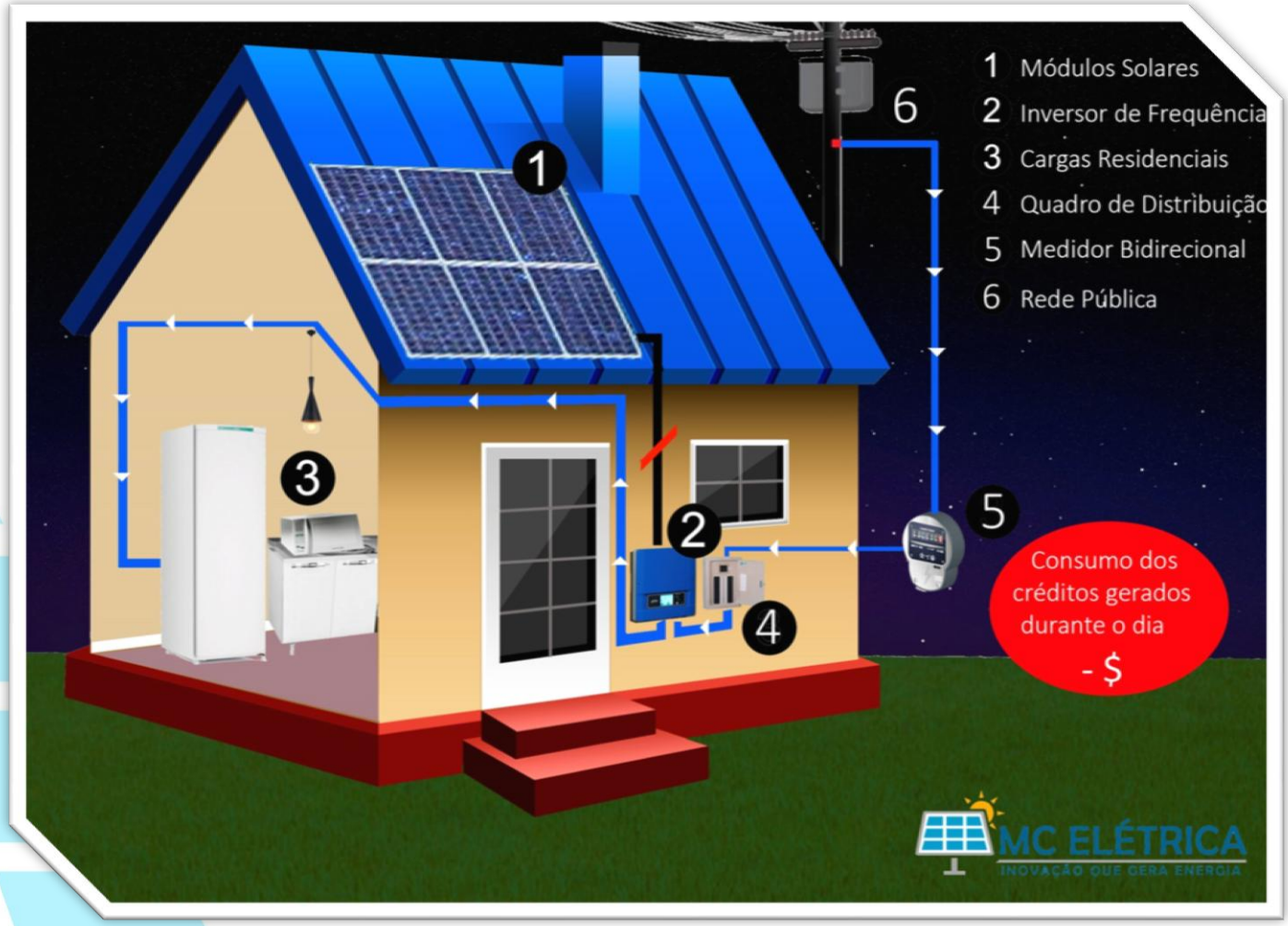
- Os módulos fotovoltaicos captam a luz solar, gerando energia elétrica

- O usuário consome parte desta energia

- A energia gerada excedente é fornecida à rede pública e convertida em créditos

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid



Durante a noite:

- Não há geração de energia

- A energia consumida será paga com os créditos gerados durante o dia

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

Inversores Fotovoltaicos

Ingeteam

Fronius

SERRANA
SISTEMAS DE ENERGIA

plus Solar

ABB

ecoSolys

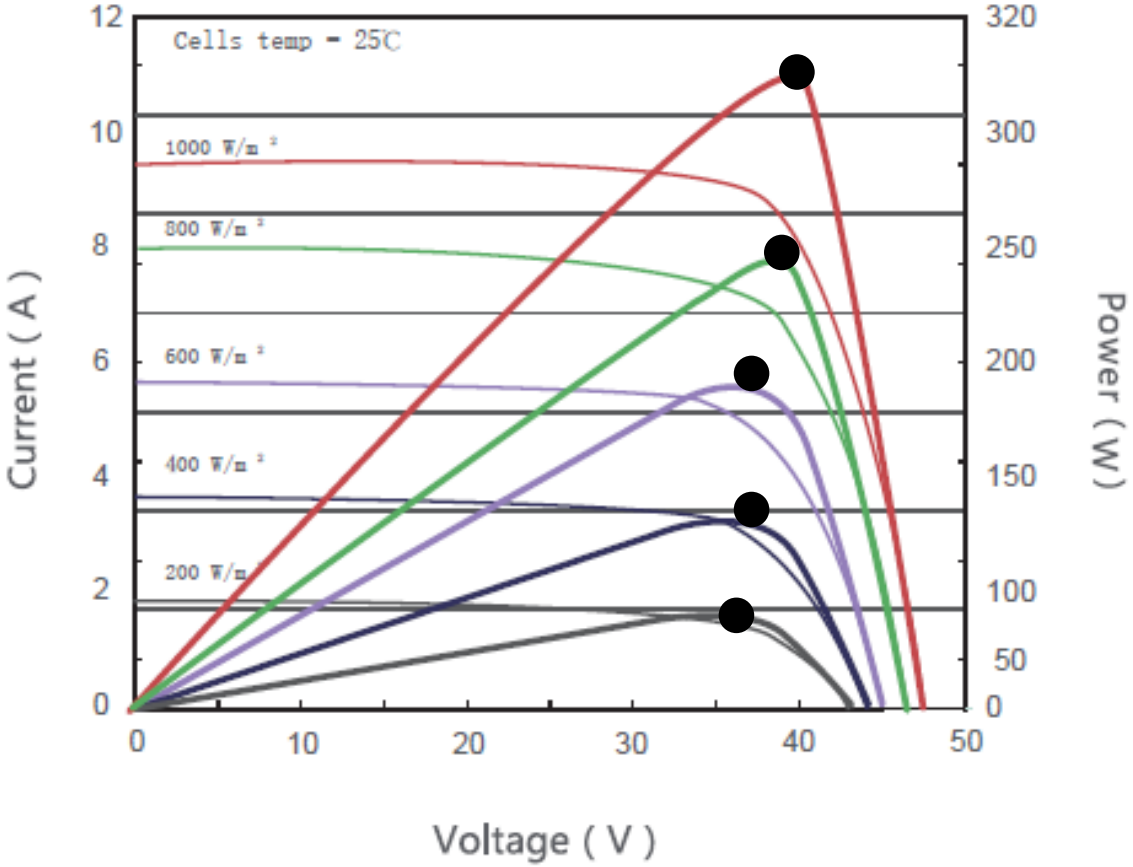
weg

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

Inversores Fotovoltaicos

- MPPT (Maximum Power Point Tracking): tecnologia dos inversores que busca o ponto de máxima potência do sistema;



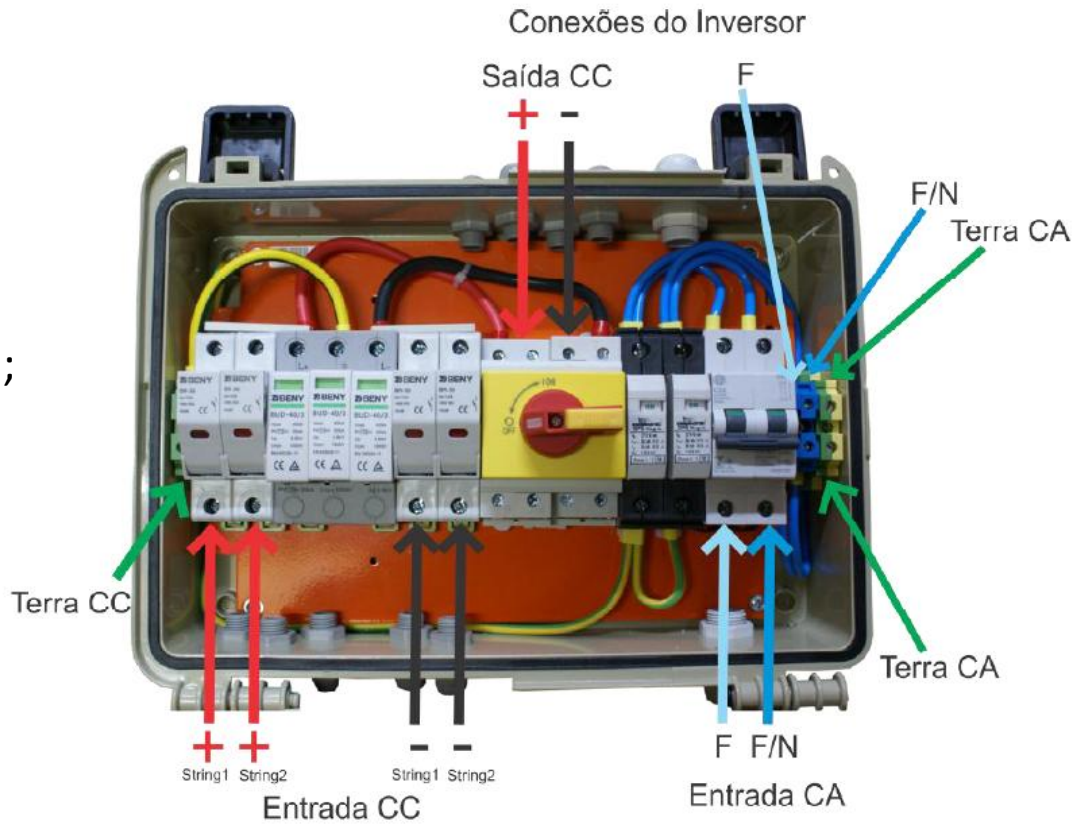
M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

String Box

Proteção CC:
- Fusível;
- DPS;
- Chave seccionadora;

Proteção CA:
- DPS;
- Disjuntor CA;



Fonte: Datasheet PHB String Box CA+CC-2Strings/1000V

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

Cabos solares

- Possuem isolação adicional para proteção contra raios UV;

- Devem ser utilizados para os trechos desabrigados do sistema ;

- Para conexão do lado CA, geralmente utiliza-se cabos comuns;

- No mercado são mais comuns em 6 mm², porém fornecedores de kits comercializam em 4 mm²;

* 6 mm² - utilizado em usinas;
* 4 mm² - utilizado em sistemas de pequeno e médio porte;

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

Cabos solares – Conectores MC4

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

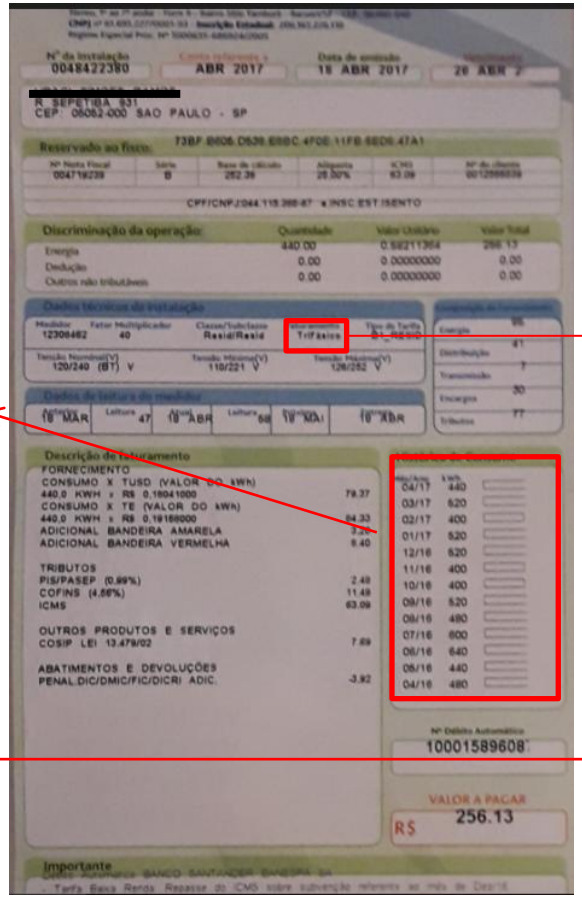
Dimensionamento

- Somar o histórico de consumo, e dividir pela quantidade de meses;

Ex: Consumo médio = $\frac{400+300+350+500+480+330+600+720+350+420+335+500}{12}$

Consumo médio = 440 kWh/mês

Consumo a ser suprido = 440 – 100
= **340 kWh/mês**



* Tarifa mínima conforme REN 414 da ANEEL:

- 1ϕ: 30 kWh/mês;
- 2ϕ: 50 kWh/mês;
- 3ϕ: 100 kWh/mês;

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema On-Grid

Microinversores 2ª geração

* Aumenta até 20% a produção de energia;

* Sistema homologado no Brasil;

* Instalação simples.

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Resolução ANEEL 482/12 – 687/15

Definições

- Micro geração distribuída;

- Mini geração distribuída;

- Sistema de compensação de energia elétrica;

- Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras;

- Geração compartilhada;

- Autoconsumo remoto;

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Acesso à concessionária

Solicitação de acesso

- Formulário de solicitação de acesso;

- ART Projeto e execução de técnico ou engenheiro eletrotécnico;

- Desenho do arranjo fotovoltaico;

- Diagrama unifilar;

- Descritivo técnico;

- Dimensionamento do sistema;

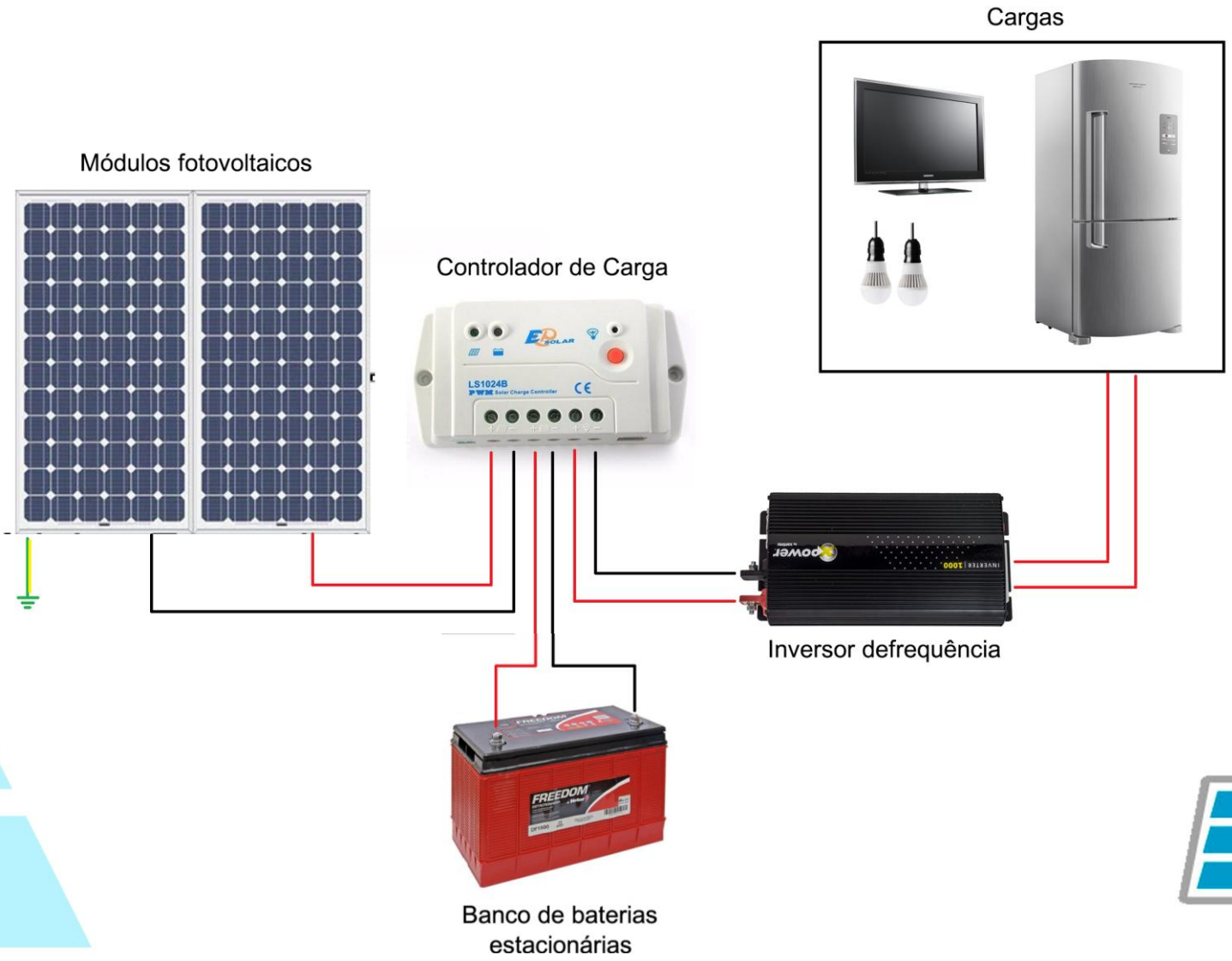
- Normas técnicas;

- Certificado INMETRO para inversores e módulos;

* Pesquisar ‘manual de acesso geração distribuída “concessionária”’

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema Off-Grid



M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Sistema Off-Grid

Equipamentos – controlador de carga

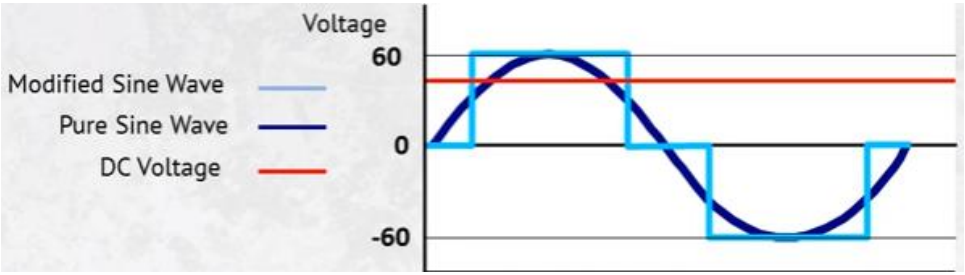
* MPPT: tecnologia mais cara, porém apresenta melhor desempenho;

* PWM: controladores mais baratos, com desempenho inferiores;

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

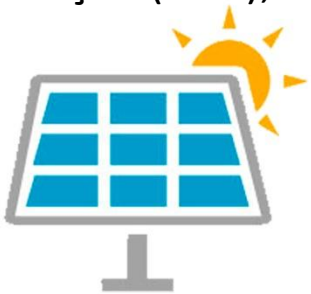
Sistema Off-Grid

Equipamentos – inversor de frequência



* Onda senoidal pura: gera uma forma de onda com baixo nível de distorção (THD);

* Onda senoidal modificada: gera uma forma de onda muito distorcida, não deve ser utilizado para cargas sensíveis a ruídos de tensão;



M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

Bibliografia

ZILLES, R. et al. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012

PINHO, J. T; GALDINO, M. A. Manual De Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos - CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro, RJ: 2014. 529 p.

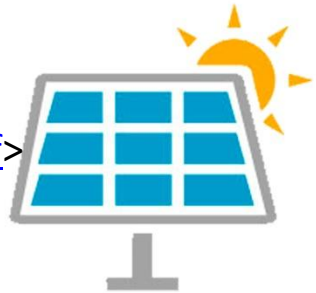
MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas industriais. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. 753 p.

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012.
http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015.
<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>

PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL – PRODIST;
http://www.aneel.gov.br/prodist

SOLARTERRA, Energia Solar Fotovoltaica – Guia Prático – Capítulo VIII – pág. 32 e 33; <
https://permacoletivo.files.wordpress.com/2008/05/curso-energia-solar-fotovoltaica.pdf>



M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda. – Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução sem autorização expressa dos autores.

MC ELÉTRICA

INOVAÇÃO QUE GERA ENERGIA

M Elston Treinamento em Engenharia Elétrica Ltda
Rua Tibagi, 283 – compl. 51
Santa Maria – São Caetano do Sul / SP
contato@mceletrica.com.br
Cel: (11) 9 9674-7974
www.mceletrica.com.br