

INSTITUTO FEDERAL
Sul-rio-grandense

Câmpus
Passo Fundo

EDUCAÇÃO
PÚBLICA
100%
GRATUITA

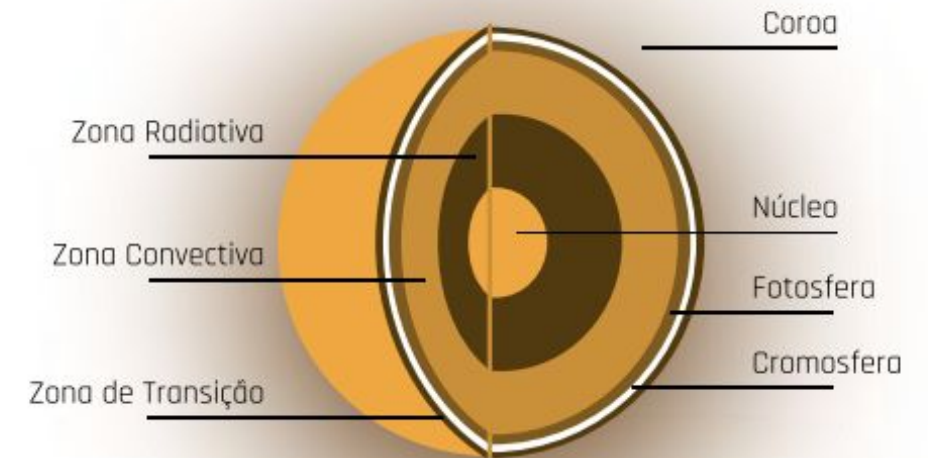
FUNDAMENTOS DE ENERGIAS SOLAR FOTOVOLTAICA

Alexsander Furtado Carneiro

MOVIMENTO TERRA - SOL

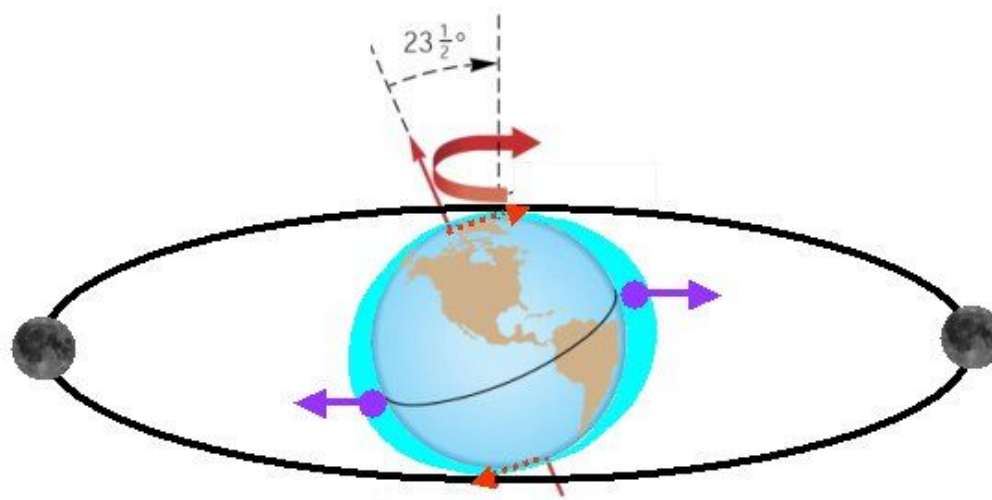
O sol possui uma estrutura dividida em regiões

Assim, o Sol é considerado uma grande esfera de gás incandescente, onde há geração de energia através de reações termonucleares no núcleo.



MOVIMENTO TERRA - SOL

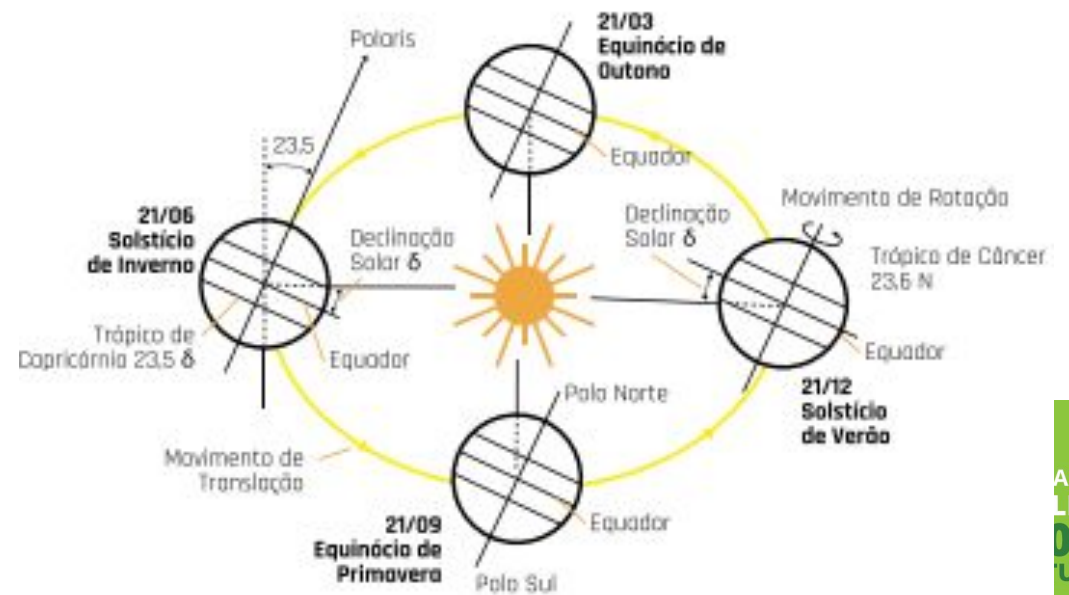
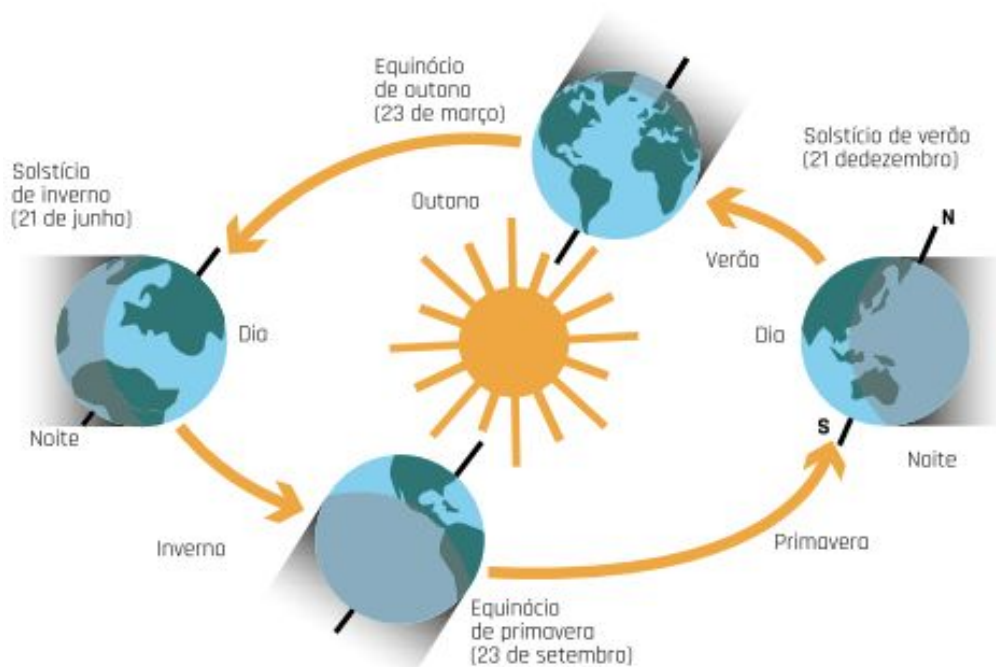
A Terra descreve uma trajetória elíptica em seu movimento anual em torno do sol.



O Eixo da Terra em relação ao plano normal à elipse apresenta uma inclinação de aproximadamente $23,450^{\circ}$.

MOVIMENTO TERRA - SOL

Essa inclinação da Terra em conjunto com o seu movimento de translação resulta nas estações do ano.



MOVIMENTO TERRA - SOL

- A Terra também possui um sistema de rotação em torno do seu próprio eixo, culminando em dias e noites.
- Para que a Terra possa concluir uma volta em torno do seu próprio eixo é necessário um tempo de aproximadamente 24 h, ou seja, 1 dia.
- Para que a Terra possa concluir uma volta em torno do sol é necessário um tempo de aproximadamente 365 dias, ou seja, 1 ano

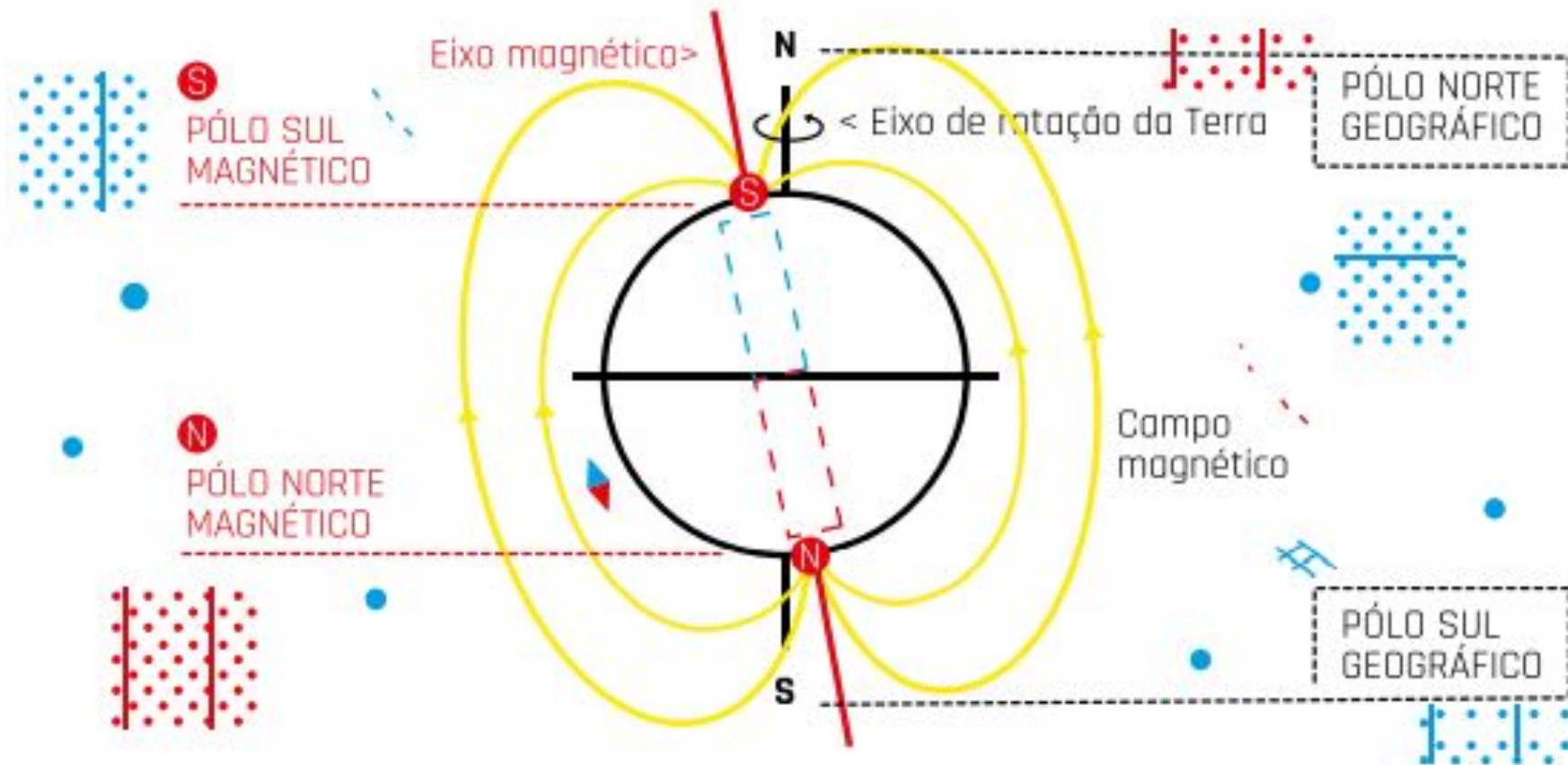
MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

Para que ocorra a máxima captação da energia solar, deve-se observar tanto a orientação como a inclinação dos módulos fotovoltaicos.

Com relação a orientação, os módulos devem ser orientados em direção à linha do equador.

- Instalações localizadas no hemisfério Sul → A face do módulo voltada para o norte verdadeiro.
- Instalações localizadas no hemisfério Norte → A face do módulo voltada para o Sul verdadeiro.

MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO



MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

- Normalmente, a direção do Sul verdadeiro (ou do Norte Verdadeiro) não coincide com a do Sul Magnético (ou Norte Magnético).
- Assim, deve ser realizada a correção do referencial magnético, para tanto utiliza-se a declinação magnética do local de instalação.
- A declinação magnética pode ser encontrada através de mapas e programas computacionais.

MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

BÚSSOLA

É uma ferramenta de orientação com uma agulha magnética onde a mesma é atraída pelo magnetismo terrestre, assim é possível localizar-se através dos pontos cardeais.

Desde a antiguidade, a bússola foi utilizada para navegação, porém com o crescimento da tecnologia, hoje é possível se localizar através de sistemas como GPS – “Global Positioning System”.



MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

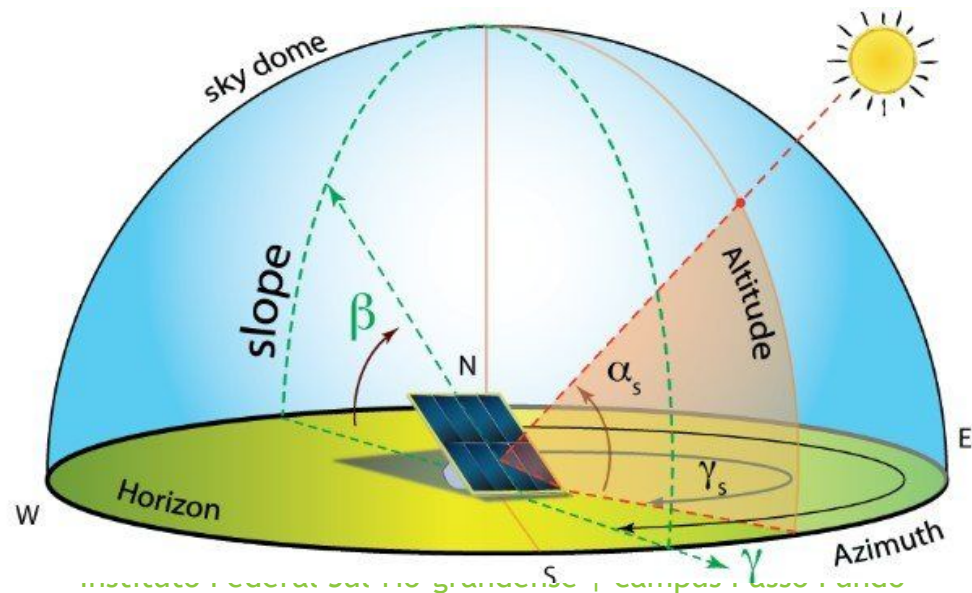
CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS DA TERRA

A Terra se comporta como um grande ímã onde o pólo Norte geográfico está próximo do pólo Sul Magnético assim como o pólo Sul geográfico está próximo do pólo Norte Magnético, conforme figura ao lado.

MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS DA TERRA

Com relação ao ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos, com o intuito de obter a máxima geração de energia ao longo do ano, o mesmo deve ser igual à latitude onde o sistema será instalado.



MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS DA TERRA

Latitude: 28,261111° S

Longitude: 52,408333° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Passo Fundo	Passo Fundo	RS	BRASIL	28,301° S	52,449° O	6,0	6,27	5,81	4,95	4,00	3,01	2,51	2,83	3,59	3,84	5,04	6,22	6,58	4,55	4,07
<input checked="" type="checkbox"/>	Passo Fundo	Passo Fundo	RS	BRASIL	28,301° S	52,349° O	7,3	6,16	5,75	4,92	4,00	3,01	2,49	2,85	3,57	3,83	5,02	6,21	6,55	4,53	4,06
<input checked="" type="checkbox"/>	Passo Fundo	Passo Fundo	RS	BRASIL	28,201° S	52,449° O	7,8	6,27	5,83	4,97	4,00	3,02	2,52	2,84	3,61	3,87	5,02	6,22	6,51	4,56	4,00

MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

MONTAGEM DA ESTRUTURA DE SUPORTE DOS MÓDULOS

A estrutura possui a seguinte finalidade:

- Posicionar os módulos fotovoltaicos de forma estável
- Auxiliar na dissipação de calor garantindo a eficiência dos módulos
- Possibilitar o distanciamento dos módulos evitando danos aos mesmos devido ao processo de dilatação.

MOVIMENTO TERRA - SOL - ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO

MONTAGEM DA ESTRUTURA DE SUPORTE DOS MÓDULOS

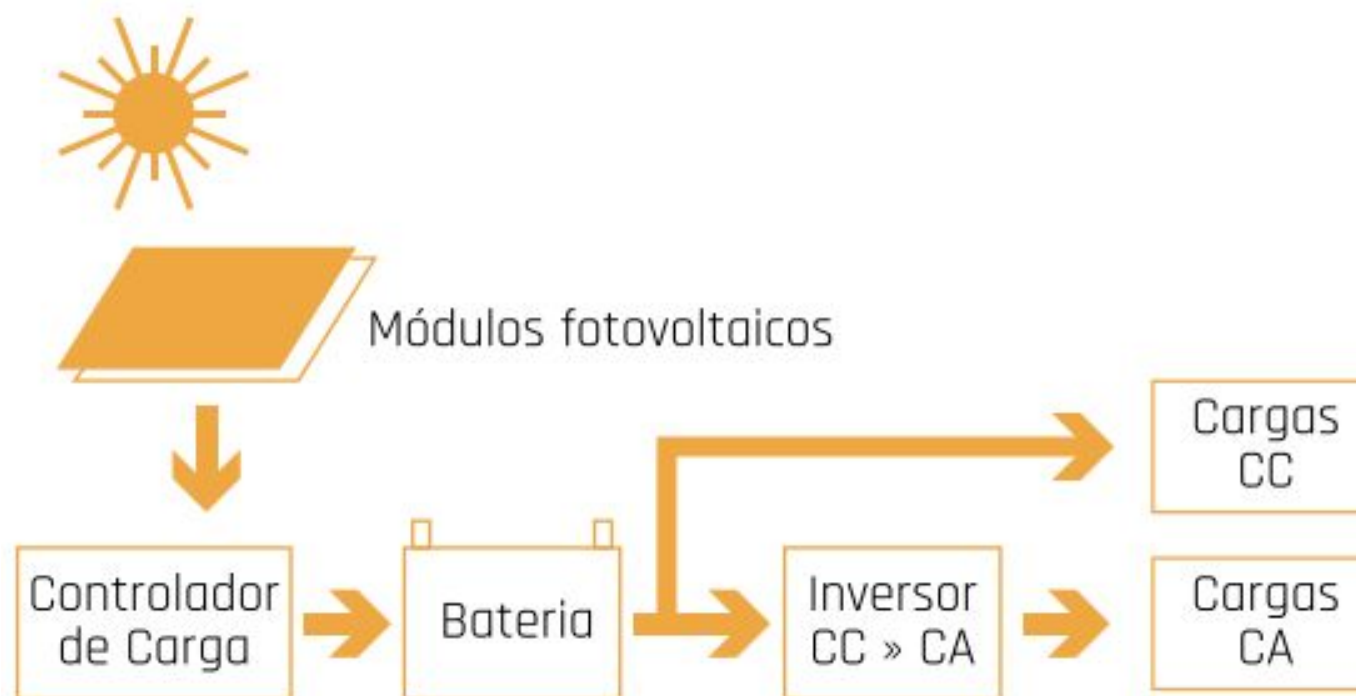
Portanto, os módulos em alguns casos devem ser montados sobre essas estruturas para que o sistema funcione da melhor forma possível garantindo a eficiência do módulo e correta orientação e angulação de inclinação.



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

O sistema fotovoltaico isolado tem a característica principal de não ser conectado à rede elétrica.

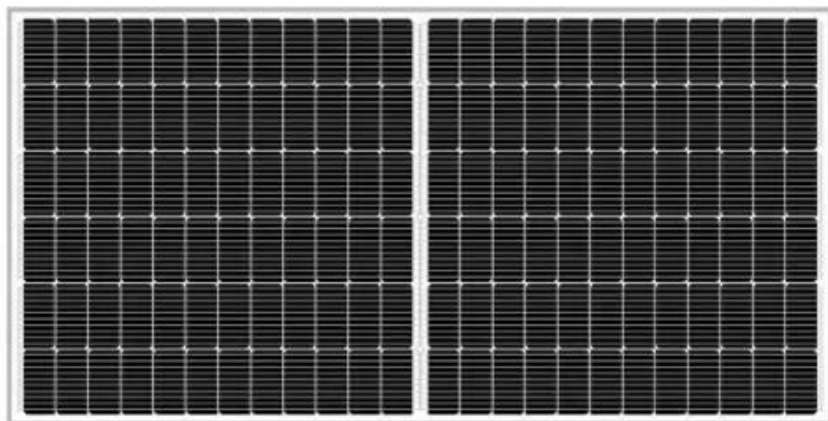


SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

Os principais equipamentos que constituem este sistema são:

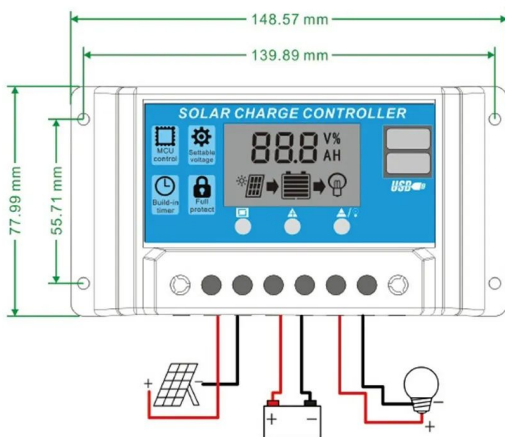
- **Módulos Fotovoltaicos:** Captação da luz solar convertendo em energia elétrica.



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

- **Controlador de carga:** Controlar o nível de carregamento da Bateria



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

- **Baterias:** Armazenamento de carga para ser utilizada posteriormente quando não existir incidência solar nos módulos fotovoltaicos



Instituto Federal Sul-rio-grandense | Campus Passo Fundo

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

- **Inversor CC/CA:** converte a tensão elétrica contínua para alternada

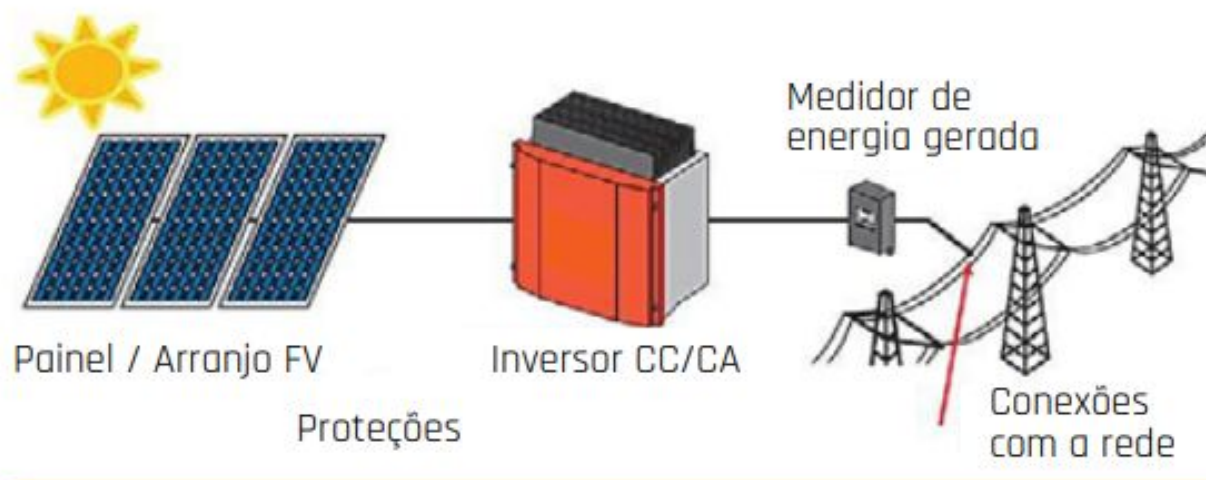
OBS.: O módulo Fotovoltaico gera tensão contínua, portanto é necessário um inversor CC/CA para alimentação de cargas CA (Alternada).



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

Para um sistema fotovoltaico conectado à rede não é necessário um banco de baterias, pois este sistema fornece energia elétrica para o consumidor em conjunto com a rede elétrica tradicional.



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

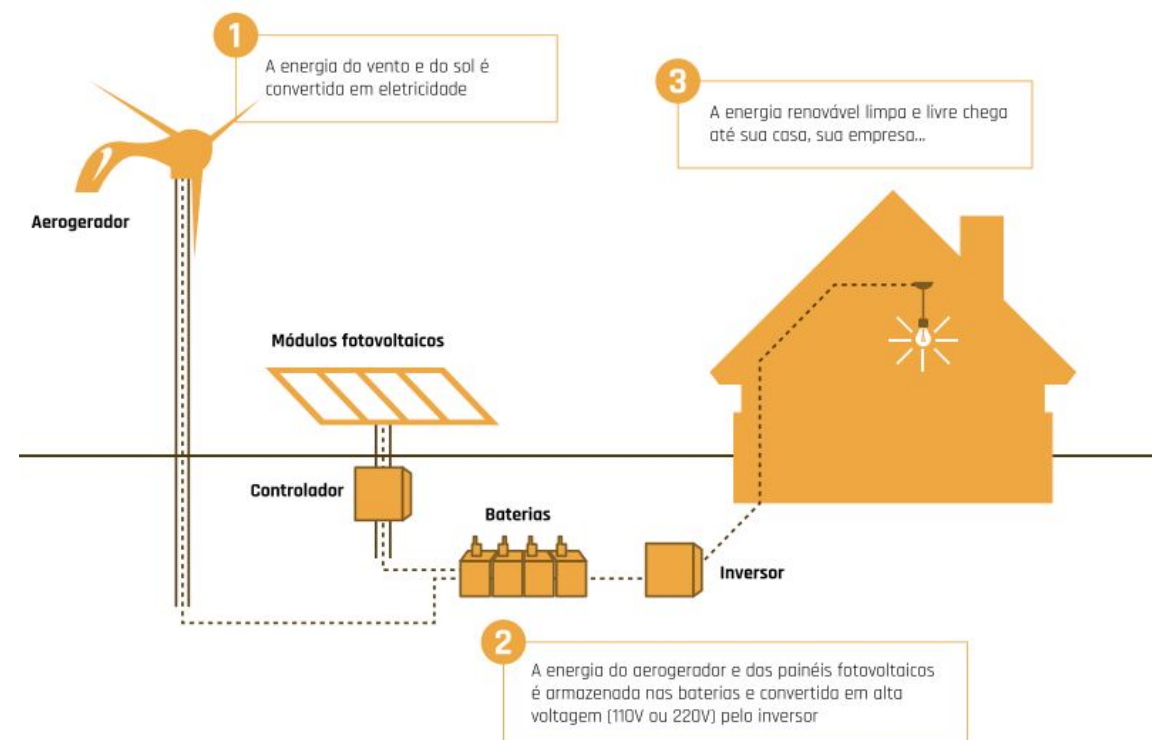
Assim, quando há incidência de radiação solar o consumidor será abastecido com energia proveniente do módulo fotovoltaico e quando não há incidência solar o consumidor é abastecido pela rede da concessionária local.

Através da resolução 482 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, quando ocorre uma geração de energia elétrica superior ao que o consumidor necessita através de módulos fotovoltaicos, esse excedente irá para a rede elétrica da concessionária local e gera-se um crédito de energia que pode ser utilizado como desconto na próxima fatura de energia elétrica do consumidor.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

Os Sistemas Híbridos têm a característica de utilizar diferentes fontes de energia de forma combinada, como Energia Solar e Energia Eólica.



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

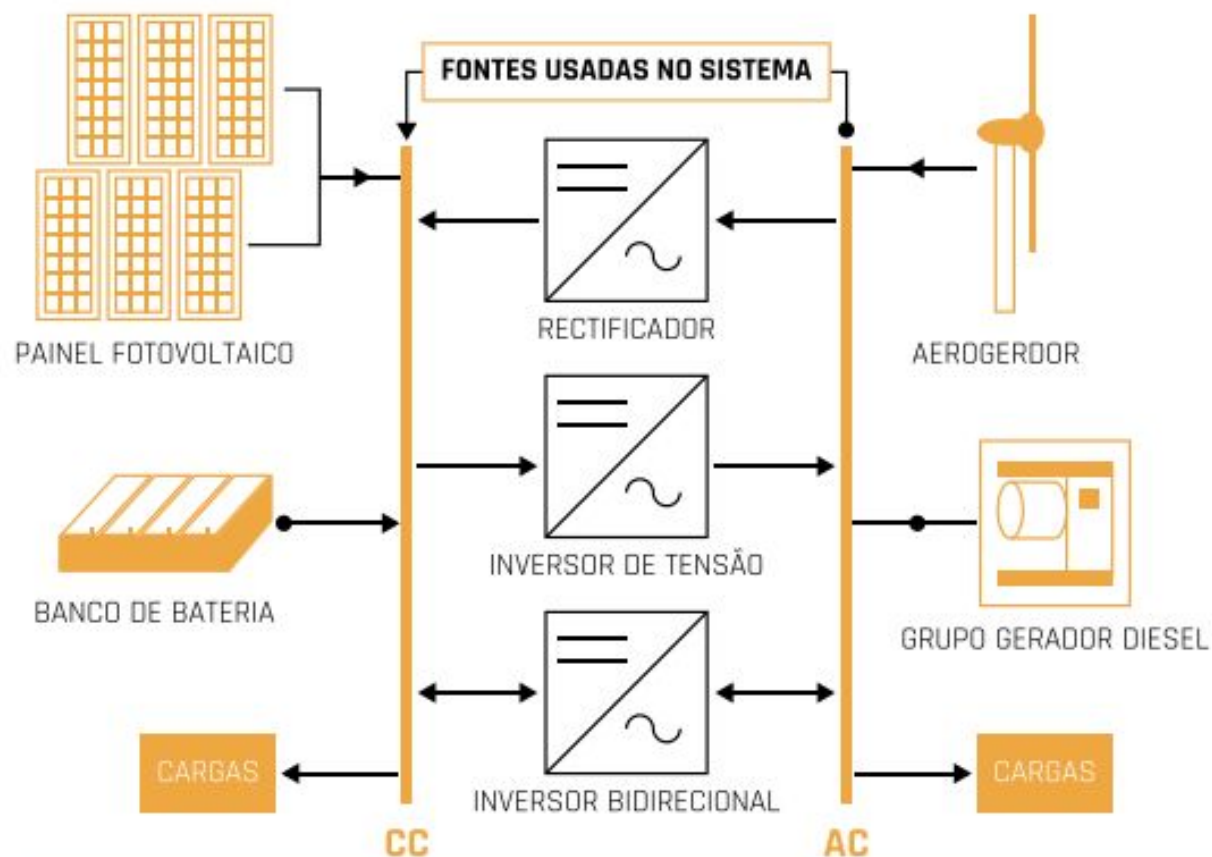
SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

Cada uma das aplicações depende principalmente da disponibilidade dos recursos energéticos na localidade.

O Sistema Híbrido tem como finalidade proporcionar maior eficiência no sistema, assim como um maior equilíbrio no fornecimento de energia.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

Quando se considera por exemplo um sistema híbrido diesel-fotovoltaico, cada fonte terá contribuição no sistema dependendo dos seguintes fatores:

- Investimento inicial
- Custo de Manutenção
- Dificuldade de Obtenção do Combustível
- Poluição sonora do grupo gerador a diesel
- Área ocupada pelo sistema fotovoltaico
- Curva de Carga
- Poluição do ar

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

É importante observar que no sistema híbrido é importante o armazenamento de energia através de banco de baterias.

Normalmente, os sistemas híbridos são utilizados para atendimento de cargas em corrente alternada (CA), portanto é necessário um inversor para converter o sistema CC em CA

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

Quando o empreendimento se localiza em regiões remotas, o sistema híbrido torna-se desvantajoso, considerando que esse sistema possui uma maior complexidade em termos de operação e manutenção.

Quando há um sistema híbrido através da combinação de painéis fotovoltaicos e aerogeradores pode-se ter tanto geração durante o dia como durante a noite, pois o aerogerador poderia gerar principalmente energia elétrica no período noturno.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SISTEMAS HÍBRIDOS QUE UTILIZAM ENERGIA SOLAR

A instalação de um sistema híbrido proporciona um maior rendimento e retorno econômico quando se compara com sistemas independentes de energia solar, hídrica, eólica ou biomassa.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

ÂNGULOS DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR – INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO

Os módulos fotovoltaicos localizados no hemisfério Sul devem estar com a face orientada para o Norte Verdadeiro. Neste caso, é importante que o clima local não varie muito ao longo do dia.

Quando o local da instalação esteja no hemisfério norte, os módulos fotovoltaicos devem estar com sua face voltada para o Sul verdadeiro.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

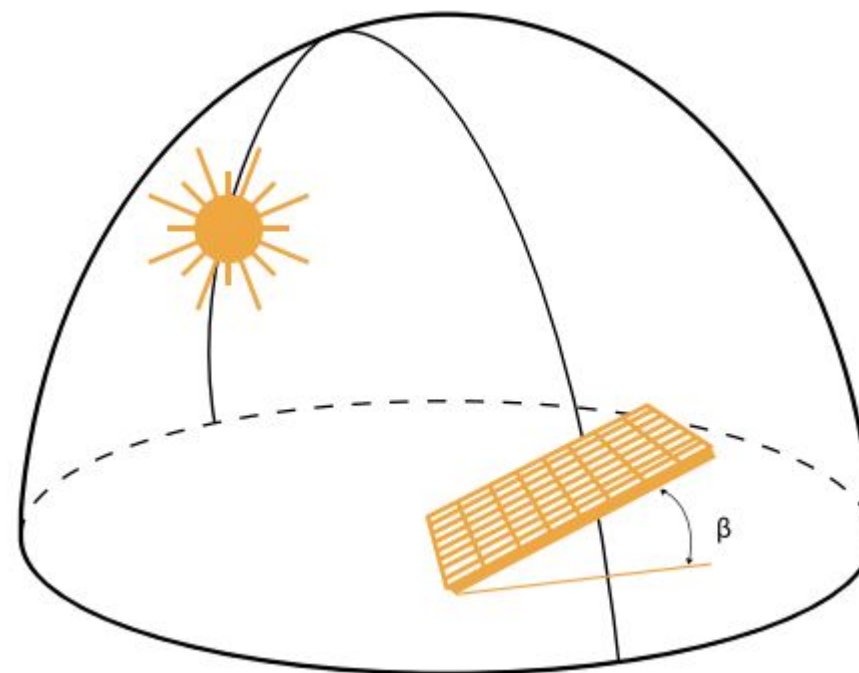
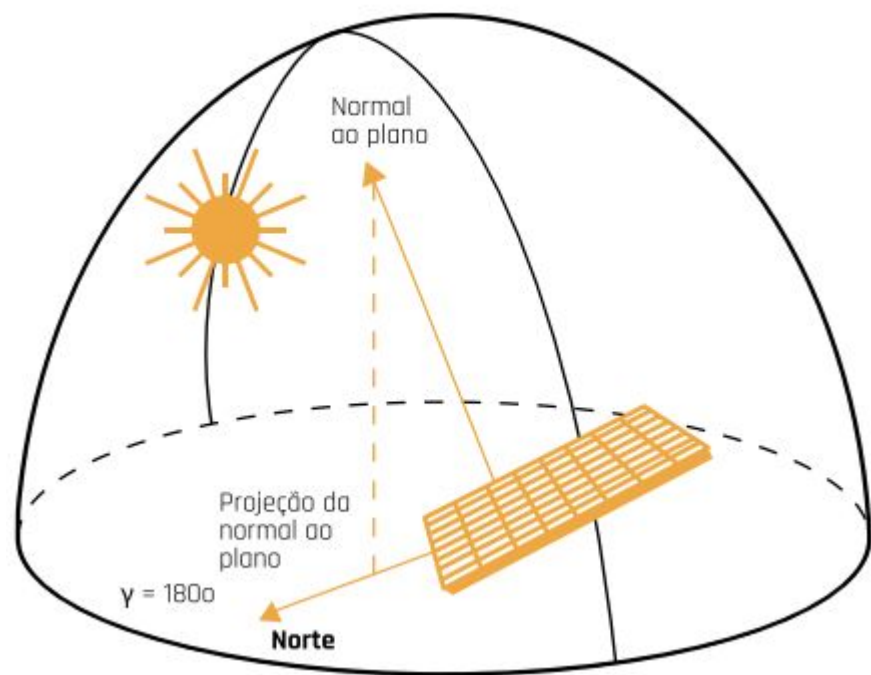
ÂNGULOS DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR – INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO

Com relação a inclinação dos módulos fotovoltaicos observa-se que a mesma deve estar no máximo entre -10° e $+10^{\circ}$ em torno da latitude do local com intuito da obtenção do máximo desempenho dos módulos.

Para áreas localizadas próximas ao equador, onde a latitude varia entre -10° e $+10^{\circ}$ é importante que a inclinação mínima do módulo seja de 10° , com intuito de facilitar a limpeza dos módulos em períodos de chuva.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

ÂNGULOS DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR – INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

ÂNGULOS DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR – INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO

As impurezas como poeira reduzem a capacidade de captação de luz dos módulos, portanto a limpeza periódica desses torna-se essencial para um bom funcionamento do sistema.

Atualmente, já existem geradores fotovoltaicos onde ocorre o rastreamento do movimento aparente do sol proporcionando melhorias na captação da radiação solar.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

ÂNGULOS DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR – INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO

Quando se compara em termos de custos, os sistemas automáticos possuem o custo mais elevado de implantação e manutenção em relação aos sistemas manuais, porém aqueles possuem um maior desempenho no sistema.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

O suporte de instalação tem como finalidade proporcionar em todos os casos estabilidade e correto posicionamento do módulo fotovoltaico em terrenos ou estrutura de prédios sem prejudicar a estética deste.

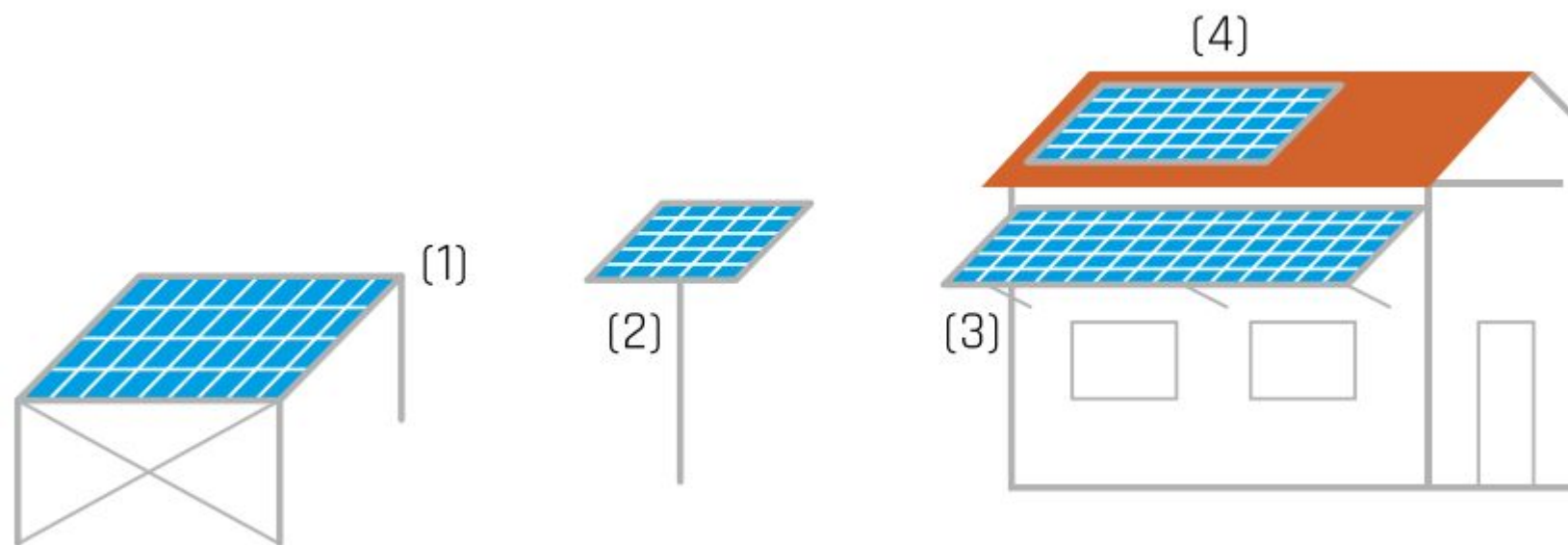
A estrutura de suporte deve ser eletricamente aterrada e de material resistente às condições ambientais do local garantindo confiabilidade e segurança.

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

Conforme figura abaixo, tem-se as formas usuais de instalação de módulos fotovoltaicos.

1. Solo
2. Poste
3. Fachada
4. Telhado



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

Forma de Instalação

(1) Estrutura de sustentação no solo

Vantagens

- Fácil instalação
- Fácil manutenção
- Estrutura robusta
- Indicado para sistemas de qualquer porte

Desvantagens

- Mais propícia a situações de sombreamento
- Mais sujeita a acúmulo da poeira e contato de pessoas, objetos e animais

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

(2) Poste

- Fácil instalação
- Menos propícia a situações de sombreamento
- Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais

- Estrutura menos robusta
- Maior dificuldade de manutenção
- Indicada apenas para sistemas de pequeno porte

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

(3) Fachada

- Menos propícia a situações de sombreamento
- Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais
- Ajuda a reduzir a carga térmica interna da edificação

- Instalação mais trabalhosa
- Maior dificuldade de manutenção
- Riscos associados ao trabalho em altura
- O porte do sistema deve ser adequado à área e à suportabilidade mecânica da edificação

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

(4) Sobre a edificação

- Menos propícia a situações de sombreamento
- Mais segura contra contato de pessoas, objetos e animais
- Estrutura de suporte mais simples

- Instalação mais trabalhosa
- Maior dificuldade de manutenção
- Riscos associados ao trabalho em altura
- O porte do sistema deve ser adequado à área e à suportabilidade mecânica da cobertura

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR - GENERALIDADES

SUPORTES PARA CORREÇÃO DE ÂNGULOS

Normalmente, em sistemas residenciais os módulos fotovoltaicos são instalados no telhado, porém quando não é possível a instalação no telhado, os módulos são instalados em poste ao lado da residência.

REFERENCIAS

RAO, Singiresu. Vibrações mecânicas. 4.ed. São Paulo, SP: Pearson, c2009. 424 p.
ISBN 9788576052005.

MUITO
OBRIGADO

Alexander Furtado Carneiro

Professor de Eletrotécnica

www.ifsul.edu.br
E-mail de contato
TELEFONE DE CONTATO