

## **Atlas Solar Paraná Manual do Usuário**

**Versão 1.0**

—

**Atualizações devem ser obtidas em:**

**<http://www.atlassolarparana.com/>**

Copyright (c) 2018, "Todas as informações disponibilizadas pela Ferramenta Web Interativa seja na forma de Mapas, Gráficos ou Tabelas e utilizadas em trabalhos acadêmicos, científicos ou profissionais, deverão necessariamente referenciar a fonte das informações como “Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná - 1ª Edição - 2017”.

Em trabalhos acadêmicos/científicos, referenciar na bibliografia da seguinte maneira:

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. "Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná". 1a Edição. Curitiba: UTFPR, 2017.

## **Conteúdo**

1. Introdução
2. Utilizando o Atlas Solar Paraná
  - 2.1 Consultar posição no mapa
  - 2.2 Demarcar municípios
  - 2.3 Demarcar mesorregiões
  - 2.4 Localizar-se por endereço
  - 2.5 Trocar de camada
  - 2.6 Trocar camada por período específico
  - 2.7 Zoom
3. Consultando Gráficos
  - 3.1 Município
  - 3.2 Mesorregião

## **1. Introdução**

Este manual descreve o Atlas Solar Paraná - Ferramenta Interativa Web do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná - qual seu propósito, funcionalidades e como utilizá-las. Esta aplicação está disponível para acesso por meio do link <http://www.atlassolarparana.com/> para qualquer pessoa interessada.

A ferramenta Atlas Solar Paraná foi desenvolvida por meio de esforços conjuntos entre o Centro Internacional de Hidroinformática (CIH), Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), Laboratório de Energia Solar (LABENS) e Parque Tecnológico de Itaipu (PTI) e com a colaboração dos parceiros Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Itaipu Binacional. Esta ferramenta exibe na forma de mapas, tabelas e gráficos valores de irradiação para as variáveis: Global Horizontal, Plano Inclinado na Latitude, Direta Normal e Difusa, e também apresenta valores de produtividade para a variável Plano Inclinado na Latitude.

Os valores apresentados por esta ferramenta seguiram os critérios descritos pelo Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná - 1ª Edição - 2017





## **2. Utilizando o Atlas Solar Paraná**


Esta ferramenta possui três páginas no total, que podem ser acessadas por meio do menu principal localizado no topo de cada página.

### Páginas do Atlas Solar Paraná

| Página Web             | Url     | Descrição  |
|------------------------|---------|--|
| Atlas de Energia Solar | /       | Página inicial, com descritivo de apresentação da ferramenta e logotipos dos envolvidos no desenvolvimento e parceiros.                            |
| Mapa Interativo        | /map    | Página que possui um visualizador de mapas de irradiação do tipo raster, que permite consultas por variável de radiação para períodos específicos. |
| Gráficos               | /charts | Página que permite gerar gráficos de linha para o estado do Paraná, de seus Municípios ou ainda das Mesorregiões.                                  |

### Símbolos

| Nome   | Ícone   | Descrição   |
|--|---|---|
| Consulta de Valores de Irradiação do Local             |  | Abre aba com dados do ponto de irradiação mais próximo ao ponto marcado.  |
| Irradiação Solar e Informações Adicionais              |  | Abre uma aba com lista de camadas anuais por variável de irradiação: Global Horizontal, Plano Inclinado na Latitude, Direta Normal e Difusa. Existe também a opção da apresentação de camadas adicionais como: linhas de transmissão, rodovias, municípios, sedes municipais e rios, represas e lagos. Juntamente com o filtro de escolha: Paraná, Mesorregião e Município. |
| Valores Diários de Irradiação: Mensal, Anual e Sazonal |  | Abre uma aba com dados da camada de irradiação em exibição. Permite trocar de camada para a mesma variável de irradiação, porém para os valores do mês ou estação selecionado.  |
| Zoom in  |  | Aumenta o nível de zoom   |

| Nome     | Ícone   | Descrição               |
|----------|---|-------------------------|
| Zoom out |  | Diminui o nível de zoom |

## **2.1 Consultar posição no mapa**

Em Mapa Interativo, efetue um click sobre o mapa dentro dos limites do estado do Paraná. Este click irá disparar uma consulta para localizar o ponto de irradiação mais próximo da posição indicada pelo click e exibirá na tela, em forma de gráfico, os valores das médias diárias mensais de irradiação no ponto pesquisado. Estas informações também são apresentadas em forma de tabela acessando o menu lateral localizado a direita, na aba “Consulta de Valores de Irradiação do Local”.

Para as componentes Global Horizontal, Difusa e Direta Normal, são apresentados os valores diários médios de irradiação mensal, sazonal e anual, além do valor de irradiação total anual (acumulado no ano).

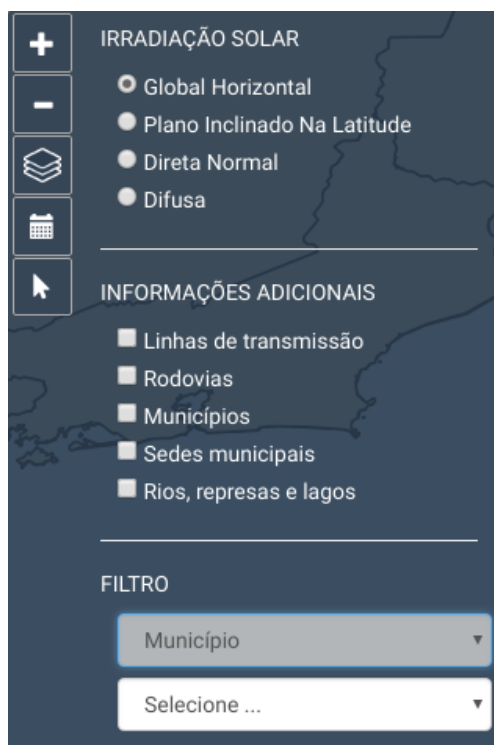
Para a componente de irradiação no Plano Inclinado na Latitude, são ainda apresentados os valores de Produtividade.

Além destas informações, são fornecidos também dados quanto a Localização Geográfica do ponto indicado com a sua respectiva Latitude e Longitude, Município e Mesorregião a que pertence.

## **2.2 Demarcar municípios**

No menu lateral localizado a direita, abra a aba “Irradiação Solar e Informações Adicionais” com um *click* sobre o ícone da mesma e em FILTRO escolha na caixa de seleção a opção municípios, esta opção irá abrir uma nova caixa de seleção, exposta na Figura 1, nela selecione o nome do município que deseja demarcar. Estas ações vão resultar na exibição de uma camada de limite do município escolhido sobre o mapa aberto e a demarcação do intervalo de valores na legenda a qual o município escolhido pertence.

Figura 1: Interface do sistema para a consulta por municípios



### **2.3 Demarcar mesorregiões**

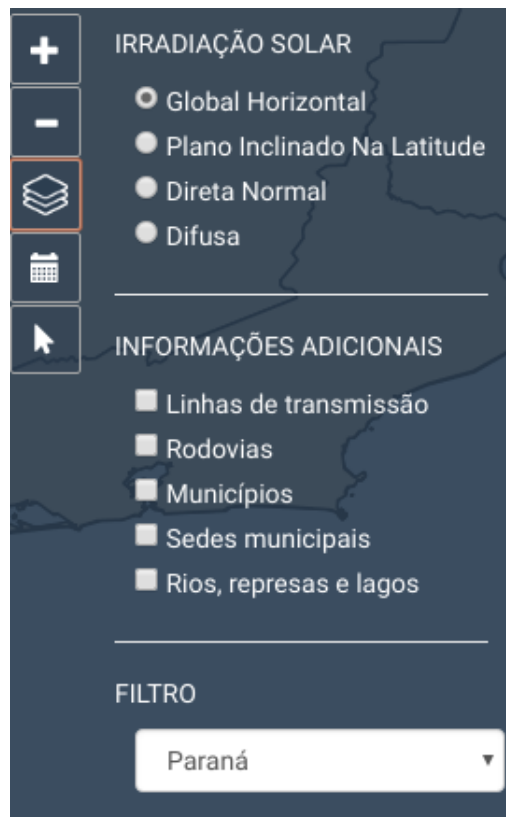
No menu lateral localizado a direita, abra a aba “Irradiação Solar e Informações Adicionais” com um *click* sobre o ícone da mesma e em FILTRO escolha na caixa de seleção a opção mesorregião, esta opção irá abrir uma nova caixa de seleção nela selecione o nome da mesorregião que deseja demarcar. Estas ações vão resultar na exibição de uma camada de limite da mesorregião escolhida sobre o mapa aberto e a demarcação do intervalo de valores na legenda a qual a mesorregião escolhida pertence.

### **2.4 Localizar-se por endereço**

Para se localizar por endereço, digite o endereço na caixa de texto que fica sobre o mapa a esquerda acima da legenda próximo ao menu principal e aperte *ENTER*.

### **2.5 Trocar de camada**

No menu lateral localizado a direita, abra a aba “Irradiação Solar e Informações Adicionais” com um *click* sobre o ícone da mesma e também *click* sobre a camada que deseja exibir. A Figura 2 exibe as opções de camadas disponíveis.

*Figura 2: Opções de camadas de informações*

## 2.6 Trocar camada por período específico

No menu lateral localizado a direita, abra a aba “Valores Diários de Irradiação: Mensal, Anual e Sazonal”. Com um click sobre o ícone da mesma são apresentados nesta opção os valores de irradiação diária Mínimo, Máximo e Média Mensais, Sazonais e Anual do Paraná. Ao selecionar um dos períodos apresentados com um click (mês ou estação do ano), será mostrado o mapa de irradiação do período escolhido e, conseqüentemente, será mostrada a escala referente aos valores de irradiação que serão encontrados neste mesmo mapa. Os mapas mensais só estão disponíveis para as opções de irradiação Global Horizontal e no Plano Inclinado na Latitude, sendo que nesta última a legenda apresenta numa mesma escala de cores os valores de Irradiação e de Produtividade.

A Figura 3 expõe a interface gráfica e dados disponíveis para esta opção.

Figura 3: Interface gerada para a apresentação dos dados

| + Irradiação Global Horizontal<br>(kWh /m <sup>2</sup> .dia) |              |             |             |             |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|
| -  | Mês          | Média       | Max         | Min         |
|  | Jan          | 5,88        | 6,57        | 4,57        |
|  | Fev          | 5,60        | 6,11        | 4,40        |
|  | Mar          | 5,07        | 5,57        | 3,86        |
|  | Abr          | 4,28        | 4,83        | 3,25        |
|  | Mai          | 3,38        | 3,82        | 2,79        |
|  | Jun          | 3,00        | 3,48        | 2,36        |
|  | Jul          | 3,22        | 3,71        | 2,42        |
|  | Ago          | 4,19        | 4,65        | 3,09        |
|  | Set          | 4,35        | 4,84        | 3,02        |
|  | Out          | 5,07        | 5,54        | 3,42        |
|  | Nov          | 5,87        | 6,25        | 4,26        |
|  | Dez          | 6,18        | 6,77        | 4,59        |
|  | <b>Anual</b> | <b>4,67</b> | <b>5,08</b> | <b>3,55</b> |
|  | Primavera    | 5,10        | 5,52        | 3,59        |
|  | Verão        | 5,88        | 6,45        | 4,52        |
|  | Outono       | 4,24        | 4,70        | 3,31        |
|  | Inverno      | 3,47        | 3,93        | 2,66        |



## 2.7 Zoom

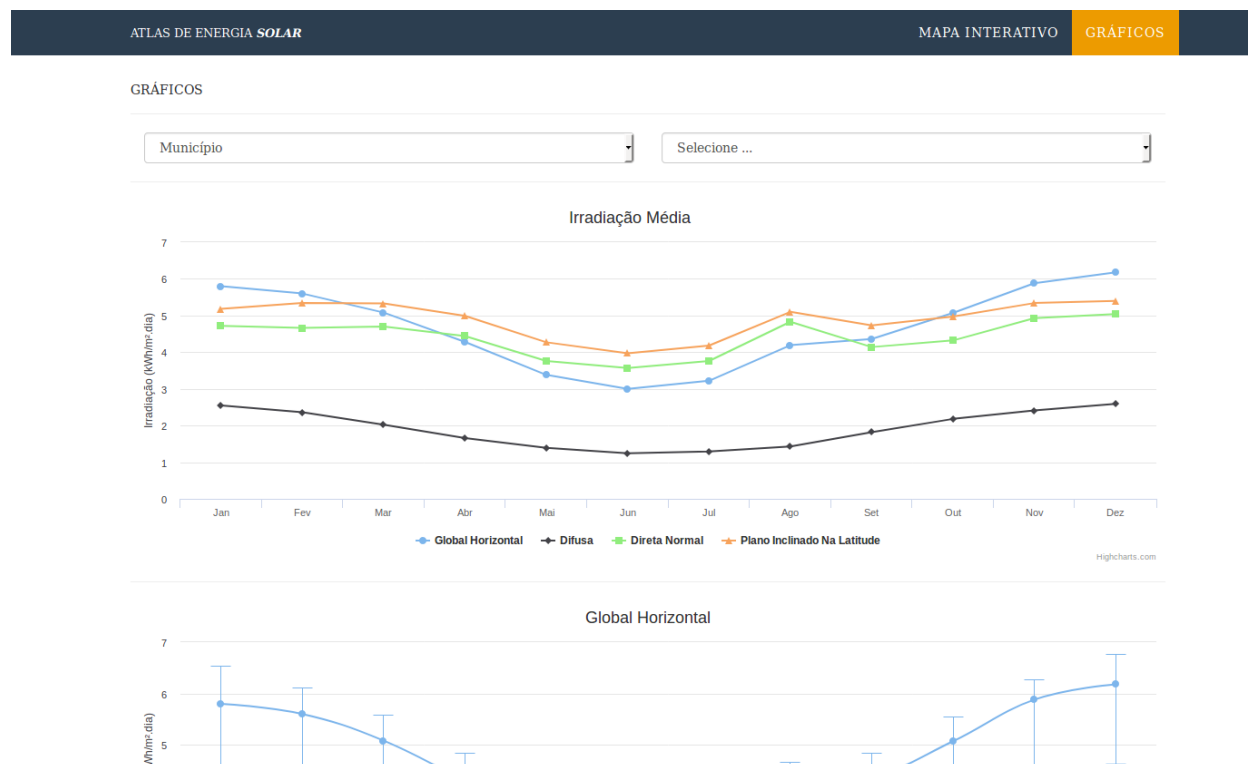
Para aumentar o nível de zoom basta clicar sobre o ícone que representa “Zoom in”, para diminuir o nível de zoom basta clicar no ícone “Zoom out”.

## 3 Consultando Gráficos

Para consultar gráficos é necessário acessar a página “Gráficos”, isso pode ser realizado por meio do *click* sobre a palavra “Gráficos” no menu principal localizado no topo da página. Esta página abrirá com a opção Paraná selecionada na caixa de texto e os gráficos dos dados referentes a todo o estado estarão sendo exibidos, ao sair desta opção e desejar voltar é só selecionar a opção Paraná novamente.

### 3.1 Município

Na página “Gráficos” selecione na caixa de texto a opção município, esta opção abrirá uma nova caixa de texto para que seja selecionado o município desejado, após a escolha do município desejado serão gerados os gráficos para aquela determinada localidade.



## **Anexo A - Informações Adicionais Sobre Energia Solar, Irradiação e Produtividade**

### ***ENERGIA SOLAR E SUAS COMPONENTES***

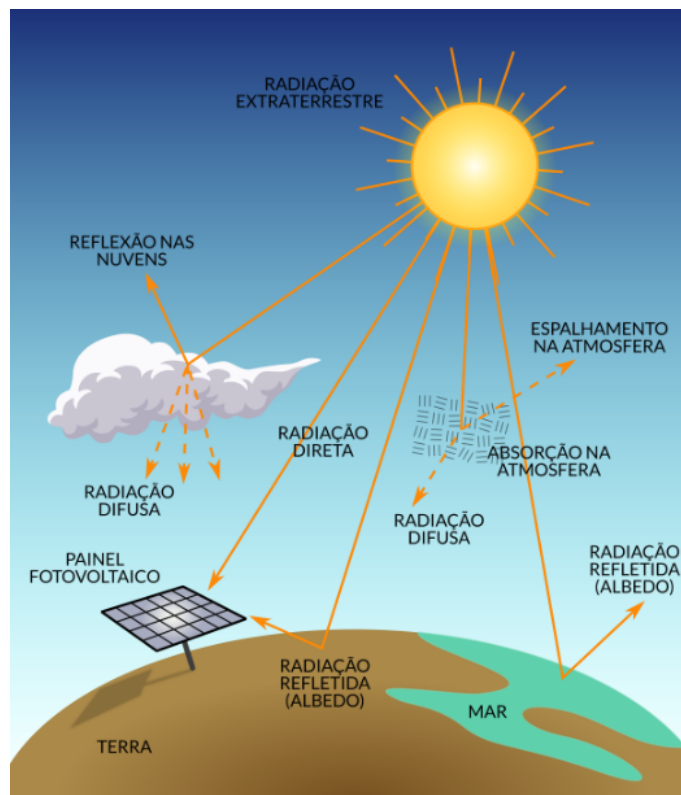
A energia solar é uma forma de energia limpa e silenciosa disponível em todo o planeta, sendo que o Brasil possui uma condição extremamente favorável, uma vez que apresenta valores de irradiação elevados em todo o seu território.

Inesgotável na escala de tempo terrestre, o aproveitamento da energia solar é uma das mais importantes alternativas energéticas deste milênio, sendo o Sol responsável pela origem de, praticamente, todas as outras fontes de energia.

O Sol fornece energia na forma de radiação e, em função da sua distância até a Terra, apenas uma pequena parcela desta radiação solar atinge a superfície do planeta. A atmosfera do planeta reduz esta radiação através da reflexão, absorção (pelo ozônio, vapor de água, oxigênio e dióxido de carbono) e dispersão (causada por moléculas de ar, partículas de poeira ou poluição em suspensão). Isto faz com que, ao meio-dia solar (momento em que o sol cruza o meridiano local), a irradiância (potência instantânea da radiação solar) incidente na superfície seja de aproximadamente 1.000 W/m<sup>2</sup>.

A radiação solar que entra na atmosfera da Terra é constituída por duas componentes: a radiação direta, que chega à superfície sem sofrer desvio em sua trajetória e que produz sombras nítidas, e a radiação difusa, que é proveniente de todas as direções devido ao espalhamento ocorrido na atmosfera para fora do feixe direto por moléculas, aerossóis e nuvens.

Em dias totalmente nublados, 100% da radiação que chega à superfície é difusa. Em dias de céu claro sem nuvens, a radiação difusa ainda é da ordem de 20%, sendo o restante radiação direta. Entretanto, caso a superfície analisada esteja inclinada em relação à horizontal, haverá uma terceira componente refletida pelo ambiente de entorno (edificações, solo, vegetação, etc), onde o coeficiente de reflexão destas superfícies é denominado de Albedo.



### **INTERPRETAÇÃO DOS VALORES DE IRRADIAÇÃO**

Para visualização da distribuição da radiação solar no Estado do Paraná foram elaborados **mapas de irradiação global horizontal, no plano inclinado na latitude, direta normal e difusa**.

Estes mapas apresentam as seguintes informações:

- Global horizontal: irradiação incidente em uma superfície no plano horizontal, constituída pela soma das irradiações direta e difusa;
- Direta normal: irradiação incidente em uma superfície perpendicular ao feixe da radiação direta, cuja superfície deve estar acoplada a um dispositivo que acompanhe o movimento do Sol, normalmente denominado de **seguidor** ou **rastreador solar**;
- Difusa: irradiação incidente em uma superfície no plano horizontal excluindo-se a irradiação direta (normalmente obtida com a utilização de um dispositivo chamado de **Anel de Sombreamento**);
- Inclinado na latitude: irradiação incidente em uma superfície com inclinação igual à latitude do local, orientada para o Norte geográfico, constituída pela soma das irradiações direta, difusa e devido ao albedo.

Os mapas gerados fornecem informações importantes que podem ser utilizadas em diversas aplicações da radiação solar.

A partir da **irradiação global horizontal**, determinados *softwares* (como o Radiasol da UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul) possibilitam estimar a irradiação em diferentes inclinações e orientações para diversas aplicações da energia solar. Exemplos desse

ajuste são encontrados em projetos de coletores solares e sistemas fotovoltaicos isolados, cujas aplicações possuem inclinação que privilegiam a máxima incidência solar durante o inverno. Da mesma forma, em Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFVCR), cuja orientação e/ou inclinação do painel forem diferentes das consideradas ideais para se obter o máximo de irradiação ao longo do ano em uma superfície fixa, característica típica das instalações residenciais onde o SFVCR normalmente é aplicado sobre uma cobertura pré-existente.

A principal aplicação dos mapas de **irradiação no plano inclinado na latitude** são projetos de SFVCR em que os painéis serão instalados nas condições ideais de geração de energia elétrica, ou seja: instalados com orientação para o Norte geográfico (por estarem no hemisfério Sul), com inclinação igual à latitude do local e sem sombreamento. Estas informações de irradiação estão prontas nos mapas, sem a necessidade de ajustes. Especificamente nesses mapas, são também apresentados os valores estimados de produtividade para SFVCR.

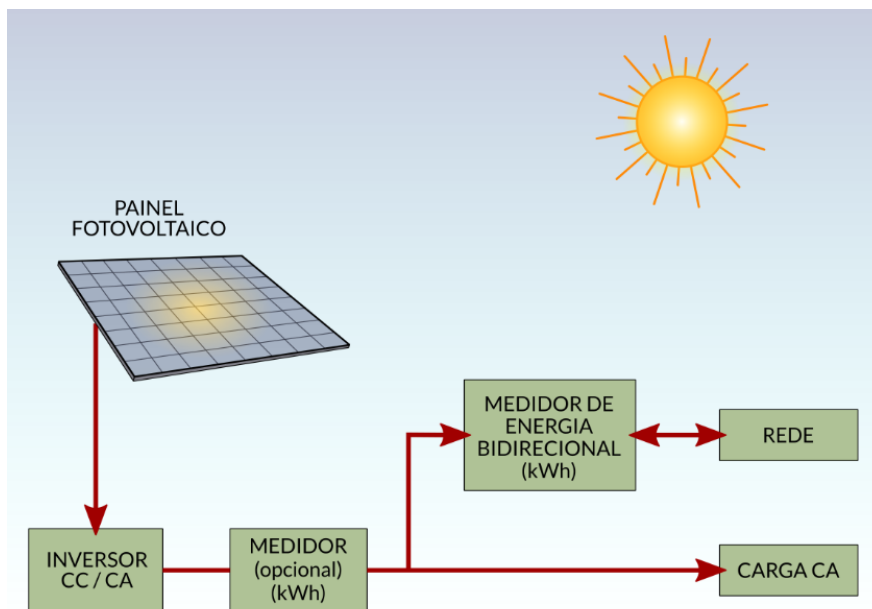
Forma análoga ocorre para os mapas de **irradiação direta normal**, cujas informações são utilizadas, principalmente, em projetos heliotérmicos, também conhecidos como *Concentrating Solar Power* (CSP). Nesses sistemas, cujo princípio de funcionamento baseia-se em utilizar o acúmulo do calor proveniente dos raios solares, normalmente espelhos são usados para refletir a luz solar e concentrá-la em um único ponto (receptor), fazendo com que grande quantidade de calor seja acumulada. Este calor gerado pode ser usado para produzir eletricidade ou em processos industriais que demandem altas temperaturas.

Quanto aos mapas de **irradiação difusa**, esses não possuem uma aplicação específica de utilização. Porém, mostram, indiretamente, regiões onde o índice de nebulosidade é maior e, portanto, possuem uma menor incidência de irradiação direta na superfície. Estas informações são importantes, como exemplo, no desenvolvimento de pesquisas associadas à escolha da melhor tecnologia de módulo fotovoltaico a ser utilizada, pois estudos em andamento sugerem que em lugares com maior incidência de irradiação difusa determinadas tecnologias possuem desempenho melhor em detrimento de outras.

## **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

A energia solar fotovoltaica é a energia gerada por meio da conversão direta da luz do sol em eletricidade, através do efeito fotovoltaico, onde a célula fotovoltaica, dispositivo construído com material semicondutor, é a unidade básica do processo, com sua aplicação extremamente difundida em todo o mundo principalmente através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede - SFVCR.

Os SFVCR são vistos como uma forma de geração distribuída (GD) ao longo dos alimentadores da rede elétrica de distribuição, em baixa ou média tensão, e contribuem para disponibilizar a energia próxima ao ponto de consumo.



Os SFVCR apresentam como principais características:

- Baixo impacto ambiental, pois na maior parte das vezes podem ser instalados na cobertura das edificações;
- São silenciosos e não emitem poluentes durante sua operação;
- Possuem baixo índice de manutenção;
- Podem ser instalados próximos ao ponto de consumo como forma de geração distribuída;
- Têm instalação rápida quando comparados a outras fontes renováveis;
- São modulares, ou seja, podem ser ampliados ou reduzidos conforme as necessidades do consumidor, ou ainda reinstalados em outro local;
- Não operam à noite;
- Podem ser instalados tanto pequenos sistemas, na forma de geração distribuída, como grandes plantas, através de usinas fotovoltaicas;
- Custos dos componentes, como inversores e módulos fotovoltaicos, cada vez menores, devido à escala de produção mundial e também à nacionalização dos mesmos.

### **PRODUTIVIDADE ESTIMADA EM SFVCR**

A produtividade representa a quantidade de energia elétrica que um SFVCR é capaz de produzir para cada 1 kWp (quilowatt-pico) de potência instalada, sendo que o valor máximo ao longo do ano é obtido quando o painel fotovoltaico é instalado nas condições consideradas ideais de geração, ou seja: com inclinação igual à latitude do local, orientado para o Norte geográfico (no caso do hemisfério Sul), sem sombreamento e com uma taxa de desempenho estabelecida (também conhecida como *Performance Ratio*).

A taxa de desempenho representa o percentual de energia elétrica que efetivamente é disponibilizada pelo SFVCR no ponto de conexão com a rede elétrica, excluindo-se as perdas existentes. Estas perdas podem ser oriundas de: índice de sujeidade sobre o painel fotovoltaico; temperatura no painel; descasamento das características elétricas entre os módulos; perdas ôhmicas em cabos e conectores, tanto no lado de corrente contínua como de corrente alternada; eficiência do inversor; sombreamento parcial; desligamentos da rede elétrica, entre outros.

A partir do valor de produtividade encontrado no mapa de irradiação no plano inclinado na latitude, pode-se obter o valor estimado de energia elétrica a ser gerada por um SFVCR para qualquer potência e tecnologia, para esta mesma taxa de desempenho. Para isso, basta multiplicar o valor da produtividade encontrado no mapa, pela potência em kWp (quilowatt-pico) do SFVCR instalado ou que se pretende instalar. No mapa anual, este valor corresponde ao total de energia elétrica que o SFVCR deverá gerar ao longo do ano, de acordo com a sua potência.