

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉTRICA**

LISIANE SASSI DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
CONECTADOS À REDE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA
NO ESTADO DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

LISIANE SASSI DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
CONECTADOS À REDE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA
NO ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, do curso Superior de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Máximo Tiepolo

CURITIBA

2017

LISIANE SASSI DE OLIVEIRA

Análise do Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em Função da Temperatura Média no Estado do Paraná

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira Eletricista do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 24 de novembro de 2017.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Coordenador de Curso Engenharia Elétrica

Profa. Annemahlen Gehrke Castagna, Mestre Eng.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Gerson Máximo Tiepolo, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gerson Máximo Tiepolo, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Jair Urbanetz Junior, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Jorge Assade Leludak, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

Aos meus pais, Maria Inês e Alcebíades, que sempre estiveram presentes, me ajudando nos momentos difíceis, me incentivando a buscar o conhecimento e a realizar o meu sonho de me tornar Engenheira Eletricista. Ao meu irmão, Eduardo, pelas caronas a noite depois da faculdade. Ao meu namorado, Luis Paulo, pelo amor, amizade e pelas revisões me ajudando na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de ingressar e sabedoria para finalizar o curso, pela força nos momentos difíceis para nunca desistir e pelas experiências e momentos felizes durante minha faculdade.

Aos meus pais, Maria Inês e Alcebíades, que me apoiaram em todas as etapas da minha vida, sempre me incentivando a persistir, nunca desistir e acreditar nos meus sonhos.

Ao meu professor e orientador Prof. Dr. Gerson Máximo Tiepolo, que sempre esteve disponível para me guiar na busca do conhecimento e me apresentou esse ótimo tema de trabalho. E aos professores da banca examinadora, Jair Urbanetz e Jorge Assade, pelas importantes considerações que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

“Pois o Senhor é quem dá sabedoria;
de sua boca procedem o
conhecimento e o discernimento.”
Provérbios 2:6

RESUMO

OLIVEIRA, Lisiane S. de. “**Análise do Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em Função da Temperatura Média no Estado do Paraná**”. 2017. 103p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Com a necessidade do desenvolvimento sustentável e da diversificação da matriz elétrica brasileira para diminuir os impactos socioambientais, a utilização de fontes renováveis de energia pela sociedade cresce cada vez mais. A energia solar, por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR), é um exemplo de fonte de energia limpa e renovável em franca expansão. Estudos mostram que o Brasil tem um grande potencial de irradiação solar, entretanto, pouco se conhece sobre a produtividade dos SFVCR, em especial no Estado do Paraná, um dos maiores produtores de energia elétrica no país. A maior parte da geração elétrica paranaense é originada de hidroelétricas, devido à grande bacia hidrográfica existente na região. No entanto, a ampliação da utilização desta fonte está diminuindo por causa dos impactos ambientais, sociais e econômicos ocasionados pelo represamento de rios para formar grandes reservatórios de água e conseqüentemente inundação de áreas. Diante desta perspectiva de se utilizar cada vez mais SFVCR, o objetivo dessa pesquisa foi estimar o desempenho desses sistemas nas diferentes regiões do Estado do Paraná. Considerou-se nesse estudo os diferentes níveis de temperatura média encontrados em todo o Estado e também diferentes tipos de tecnologias fotovoltaicas. Por meio da determinação dos valores de taxa de desempenho (TD), foi possível constatar e analisar o desempenho dos SFVCR para diferentes tecnologias fotovoltaicas, em relação a temperatura média apresentada, nos 399 municípios do Estado. Os resultados desta pesquisa mostram que os SFVCR com as tecnologias de filmes finos são os que apresentam maiores taxas de desempenho, destacando-se a tecnologia de Telureto de cádmio (CdTe). As maiores taxas de desempenho no Estado, por sua vez, encontram-se na mesorregião Sudeste e os menores valores na mesorregião Noroeste.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica. Influência da Temperatura. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. Potencial Fotovoltaico do Paraná.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Lisiane S. de. “**Performance Analysis of Grid-connected Photovoltaic Systems as a Function of Average Temperature in the State of Paraná**”. 2017. 103p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The need for sustainable development and for the diversification of the Brazilian energy mix in order to reduce socio-environmental impacts has caused a growth in the use of renewable energy sources. Solar energy through grid-connected photovoltaic systems (GCPS) is an example of a booming clean and renewable energy source. Studies show that Brazil has a great solar radiation potential, however, little is known about the productivity of GCPS, especially in the State of Paraná, one of the biggest electricity producers in the country. Most of Paraná's electricity generation originates from hydroelectric plants due to the large river basin in the region. On the other hand, the expansion of this source in the energy mix is decreasing because of the environmental, social and economic impacts caused by the impoundment of rivers to form large reservoirs of water and consequently flood of areas. Given this prospect of increasingly using GCPS, the objective of this research was to estimate the performance of these systems in different regions of the State of Paraná. Different levels of irradiation and temperature found throughout the state and also different types of photovoltaic technologies were taken in consideration in this study. The determination of the performance ratio values made it possible to verify and analyze the productivity of GCPS for different photovoltaic technologies in relation to the average temperature presented in the 399 cities of the State. The results of this research show that the GCPS with thin film technologies are the ones with the highest performance ratios, especially the Cadmium telluride (CdTe) technology. The highest performance ratios in the State are located in the Southeast mesoregion and the lowest values in the Northwest mesoregion.

Keywords: Photovoltaic Energy. Temperature Influence. Grid-Connected Photovoltaic System. Potential of Photovoltaic Systems in Paraná.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil - Participação por Fonte ...	15
Figura 1.2 – Modelo de Pesquisa adotado no estudo	19
Figura 2.1 - Capacidade Instalada ¹ em MW no Brasil (¹ Não inclui geração distribuída, ² Inclui biomassa, gás, petróleo e carvão mineral)	22
Figura 2.2 - Mapa do Sistema Interligado Nacional.....	23
Figura 2.3 - Capacidade mundial acumulada e adicionada de energia solar FV.....	25
Figura 2.4 - Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino	26
Figura 2.5 – Eficiência de diversas células fotovoltaicas por tecnologia	27
Figura 2.6 - Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica no Paraná	28
Figura 2.7 - Classificação de Sistemas Fotovoltaicos	30
Figura 2.8 - Configuração de um SFVCR.....	33
Figura 2.9 - Capacidade Instalada e Fator de Capacidade (no Mundo)	34
Figura 2.10 - Mapa de irradiação solar Global Horizontal (Média diária anual).....	35
Figura 2.11 - Mapa de irradiação no Plano Inclinado (Média diária anual)	35
Figura 2.12 - Valores de Irradiação e de Produtividade Gerada Estimada Total Anual no plano inclinado encontrados no Brasil e nas unidades federativas para uma TD 75%.	36
Figura 2.13 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná (Total Anual, Plano Inclinado)	38
Figura 2.14 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná (Total Anual, Plano Horizontal)	38
Figura 2.15 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná e da Europa.....	40
Figura 2.16 – Exemplo de sombreamento parcial	41
Figura 2.17 – Efeito causado pela variação de temperatura das células na curva característica I-V para um módulo fotovoltaico de 36 células de c-Si sob irradiação de 1.000 W/m ²	42
Figura 2.18 – Exemplo de perdas em porcentagem num sistema fotovoltaico	43
Figura 3.1 Fatores de perdas de um SFV	45
Figura 3.2 - Anomalias da curva I-V de um painel fotovoltaico.....	45
Figura 3.3 - Aumento da temperatura e redução no produtividade (índice <i>yield</i>) de acordo com o modo de instalação do painel fotovoltaico.	48
Figura 3.4 - Mapa do estado do Paraná mostrando a divisão geográfica dos seus municípios, e a grade de pixel na resolução 10 km x 10 km, destacando a cidade de Curitiba.	49
Figura 3.5 - Mapa das taxas de desempenho obtidas em relação a temperatura média ambiente por mesorregião do Paraná	59
Figura 4.1 - Painel FV e inversor do EV da UTFPR	61
Figura 4.2 - Painel FV e inversor do NEOVILLE da UTFPR	66
Gráfico 3.1 - Taxa de Desempenho anual simulação 1.....	55

Gráfico 3.2 - Taxa de Desempenho anual simulação 2.....	56
Gráfico 3.3 - Taxa de Desempenho anual simulação 3.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Silício Monocristalino	50
Tabela 3.2 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Silício Policristalino	51
Tabela 3.3 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Telureto de cádmio	51
Tabela 3.4 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Silício Amorfo	52
Tabela 3.5 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Disseleneto de Cobre Índio Gálio	52
Tabela 3.6 - Dados dos Inversores Utilizados	54
Tabela 3.7 - Taxa de Desempenho anual em % conforme simulação 1	54
Tabela 3.8 - Taxa de Desempenho anual em % conforme simulação 2	56
Tabela 3.9 - Taxa de Desempenho anual simulação 3	57
Tabela 4.1 – Comparação entre TD calculada na simulação 1 e TD do EV	62
Tabela 4.2 – Comparação entre TD da instalação com ventilação (Simulação 2) e TD do EV	63
Tabela 4.3 – Comparação entre TD da instalação sem ventilação (Simulação 3) e TD do EV	64
Tabela 4.4 – Comparação entre TD da instalação com ventilação (Simulação 2) e TD do NEOVILLE	65

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a-Si	Silício Amorfo
BEN	Balanço Energético Nacional
CdTe	Telureto de Cádmiio
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
c-Si	Silício Cristalino
CIS	Disseleneto de Cobre e Índio
CIGS	Disseleneto de Cobre, Índio e Gálio
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EV	Escritório Verde
FC	Fator de Capacidade
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
HSP	Horas de Sol Pleno
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MME	Ministério de Minas e Energias
m-Si	Silício Monocristalino
NBR	Norma Brasileira
NOTC	Nominal Operation Cell Temperature
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPV	Células Fotovoltaicas Orgânicas
p-Si	Silício Policristalino
PR	Performance Ratio
PV	Painel Fotovoltaico
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
SFV	Sistemas Fotovoltaicos
SFVCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
SIN	Sistema Interligado Nacional
STC	Condições Padrão de Teste
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assessment
T _c	Temperatura na célula fotovoltaica
TD	Taxa de Desempenho
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Wh	Watt hora
Wp	Watt Pico
Y	Produtividade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2 TEMA.....	16
1.2.1 Delimitação do Tema.....	16
1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS	16
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 Objetivo Geral.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
1.5 JUSTIFICATIVA.....	18
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA	21
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	24
2.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS E EFICIÊNCIA	25
2.3.1 Tecnologia de silício cristalino - c-Si (células de primeira geração).....	25
2.3.2 Tecnologia de filmes finos (células de segunda geração)	26
2.3.3 Células fotovoltaicas híbridas orgânicas/inorgânicas (células de terceira geração).....	27
2.3.4 Eficiência das células fotovoltaicas.....	27
2.4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ.....	28
2.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	28
2.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE ENERGIA	32
2.7 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL E PARANÁ	34
2.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE SFVCR.....	40
2.9 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESEMPENHO DE SFVCR.....	41
3 DESEMPENHO DOS SFVCR EM RELAÇÃO A TEMPERATURA NO PARANÁ	44
3.1 PERDAS DE UM SFVCR.....	44
3.2 EFEITO DA TEMPERATURA NOS SFVCR	46
3.3 BANCO DE DADOS DE IRRADIAÇÃO	49
3.4 BANCO DE DADOS DE TEMPERATURA MÉDIA	49
3.5 LEVANTAMENTO DE DADOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	50
3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS DE INVERSORES.....	53
3.7 RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A SIMULAÇÃO 1: AUMENTO DE TEMPERATURA NA CÉLULA CALCULADA.....	54
3.8 RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A SIMULAÇÃO 2: AUMENTO DE TEMPERATURA NA CÉLULA EM INSTALAÇÃO COM VENTILAÇÃO	56

3.9 RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A SIMULAÇÃO 3: AUMENTO DE TEMPERATURA NA CÉLULA EM INSTALAÇÃO SEM VENTILAÇÃO	57
4 ANÁLISE E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESEMPENHO DO SFVCR.....	60
4.1 COMPARAÇÃO DA TD ENCONTRADA COM A TD DO EV DA UTFPR	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..	67
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE A - Valores de Irradiação Total (H_{TOT}) e de Temperatura média anual nos 399 Municípios do Estado do Paraná.....	75
ANEXO A - Folha de dados (<i>datasheets</i>) dos painéis fotovoltaicos utilizados	86

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o tema do trabalho pesquisado, bem como a delimitação do tema, problemas e premissas, seus objetivos, geral e específico, a justificativa e motivação, os procedimentos metodológicos, a estrutura do trabalho e o cronograma adotados para o desenvolvimento da pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A energia elétrica no mundo atual é de essencial importância para o ser humano. Saúde, lazer, trabalho, estudo, dependem diretamente de uma fonte de energia elétrica para ocorrer.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008) o consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Cada vez mais as pessoas têm acesso a eletrodomésticos e eletroeletrônicos por exemplo, consumindo assim mais energia elétrica. Só em 2016 no Brasil, a geração de energia elétrica em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 578,9 TWh, conforme divulgado pelo Ministério de Minas e Energias (MME, 2017).

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 68,1% da oferta interna (MME, 2017). Isso se deve ao fato do grande potencial hidrelétrico do país. Todavia, essa fonte de geração causa impactos ambientais consideráveis, porque vastas áreas são inundadas para a formação dos seus reservatórios de água para movimentar as turbinas dos geradores (URBANETZ, 2010).

Depois da fonte hidráulica, na participação da oferta interna de energia do Brasil, tem-se o gás natural, seguido da biomassa, eólica e derivados do petróleo. A energia solar fotovoltaica, entretanto, possui baixa participação na matriz elétrica. Unidades geradoras de energia elétrica por meio da energia solar são escassas no Brasil, correspondendo com cerca de 0,01% da oferta interna, como mostra a Figura 1.1.

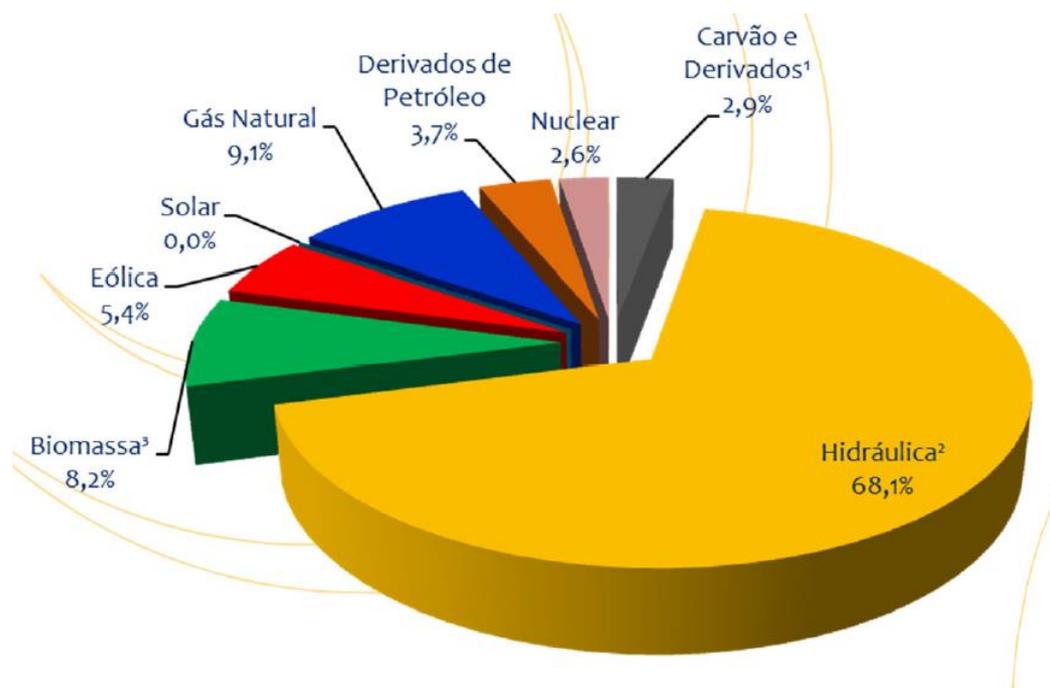


Figura 1.1 – Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil - Participação por Fonte
Fonte: MME, 2017.

Cada vez mais se percebe a necessidade de maior participação de fontes renováveis de energia na matriz elétrica brasileira, sendo os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFVCR) uma boa solução, porque apresentam um novo conceito de geração de energia limpa e renovável (TIEPOLO *et al.*, 2013). Estudos mostram que o Brasil tem um grande potencial de irradiação solar (Pereira *et al.*, 2006). Entretanto pouco se conhece sobre a produtividade destes sistemas em diferentes climas, como os apresentados no Brasil em suas diversas regiões, e em especial no estado do Paraná. Desta forma estudar o desempenho de SFVCR para diferentes tecnologias em função da temperatura média ambiente no estado contribuirá para que a participação da energia solar passe a ser mais expressiva na matriz elétrica do estado.

O tema sustentabilidade é corriqueiro na atualidade, e empresas que investem nesse tema são bem vistas no mercado. Entretanto, mesmo em tempos de preocupação com a sustentabilidade e o futuro do meio ambiente, a geração de energia elétrica por meio da energia solar ainda é pequena no país, embora muito promissora.

Conforme os Mapas Fotovoltaicos do Estado do Paraná (TIEPOLO, 2015), a produtividade média no estado é aproximadamente 58,75% superior à da Alemanha, 13,48% superior à da Itália, 1,97% superior à da Espanha, e 31,28% superior à

França, países onde o mercado de energia fotovoltaica se encontra muito bem consolidado. Ou seja, essa forma de energia é extremamente competitiva no cenário paranaense e, portanto, deveria ser muito mais analisada e aproveitada (TIEPOLO *et al.*, 2016).

Atualmente é também primordial que as fontes de energia obtenham o menor impacto ecológico possível, de forma a contribuir para um desenvolvimento sustentável conforme estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030 (ONU, 2015a).

1.2 TEMA

Análise do desempenho de SFVCR para diferentes tecnologias em função da temperatura ambiente média no Estado do Paraná.

1.2.1 Delimitação do Tema

Levantamento dos dados de irradiação e temperatura média no Estado do Paraná em suas diferentes regiões e determinação da taxa de desempenho estimada para diferentes tecnologias, em relação a temperatura média local.

1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS

O desempenho de SFVCR para diferentes tecnologias e temperaturas médias ainda é pouco estudada no Brasil. Para o Estado do Paraná, não se tem pesquisas atualizadas e específicas neste tema, sendo que o conhecimento da influência da temperatura é de suma importância para estudar a produtividade de sistemas fotovoltaicos, devido às diversas características de clima encontradas nas diferentes regiões do estado.

A dificuldade envolvida neste estudo é a obtenção dos dados de irradiação e de temperatura média em todo o Estado do Paraná, além do conhecimento de como a temperatura média influencia no desempenho dos sistemas fotovoltaicos, considerando que com o aumento da temperatura se tem maior perda de potência ativa produzida, o que varia de acordo com a tecnologia utilizada.

Os módulos fotovoltaicos são expostos a diferentes níveis de irradiação solar e de temperatura nas diversas regiões do Paraná, sendo estas as condições de utilização normalmente diferentes das condições padrão de teste (STC).

Testes em painéis solares geralmente são feitos em ambiente controlado com temperatura de 25°C, porém, deve-se levar em consideração que a temperatura ambiente média ao longo do território do Estado não permanece a mesma. De acordo com IAPAR (2016) as temperaturas médias do Paraná variam entre 15°C a 24°C em suas diversas regiões.

Com base neste contexto, apresenta-se o seguinte problema a ser desenvolvido nesta pesquisa: ***“Qual é o desempenho dos SFVCR por diferentes tecnologias em função da temperatura ambiente média no estado do Paraná?”***

1.4 OBJETIVOS

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é de estimar o desempenho do SFVCR nas diferentes regiões do Estado do Paraná, para diferentes tecnologias, considerando os valores de irradiação e também de temperatura média encontrados em todo o estado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Efetuar uma pesquisa bibliográfica sobre a energia solar fotovoltaica e SFVCR;
- Estudar o potencial fotovoltaico do Paraná;
- Analisar o fenômeno das perdas de potência ativa de um painel fotovoltaico em relação ao aumento da temperatura ambiente;
- Compreender os diferentes tipos de tecnologias de painéis fotovoltaicos e a influência da temperatura na potência entregue pelos mesmos;

- Estimar o desempenho de SFVCR para diferentes tecnologias, em diferentes regiões do Paraná, em relação à temperatura média apresentada;
- Desenvolver mapas da variação do desempenho de SFVCR de acordo com a temperatura média ambiente, dependendo da tecnologia utilizada.

1.5 JUSTIFICATIVA

A população mundial está cada vez mais consciente quanto à necessidade da utilização de energias renováveis para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa. Uma prova disso foi a 21ª Conferência das Partes (COP21), em Paris, onde vários países assinaram um novo acordo global que busca combater os efeitos das mudanças climáticas, bem como reduzir essas emissões. A ONU (2015b), reconheceu a necessidade de promover um universal acesso à energia sustentável, através da implantação aprimorada de energias renováveis.

Segundo Urbanetz (2010), uma das mais promissoras técnicas de geração de energia elétrica é a energia solar através de SFVCR. Uma das principais características desta tecnologia é o baixo impacto ambiental, respeitando a ideia de sustentabilidade. Além disto, apresenta também como importantes características:

- ser silenciosa, sem poluição sonora;
- apresentar baixo índice de manutenção;
- poder ser instalada junto ao ponto de consumo;
- ser modular, ou seja, é fácil a ampliação ou redução da quantidade de módulos de acordo com a necessidade.

Mesmo sendo uma boa fonte de energia elétrica, com zero emissão de gases de efeito estufa na geração, não se tem análises atualizadas e específicas sobre desempenho de SFVCR em função da temperatura ambiente média no Estado do Paraná. Com base neste presente trabalho, será possível estudar este tema.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste estudo pretende-se primeiramente realizar uma pesquisa bibliográfica, buscando a compreensão do funcionamento dos painéis

fotovoltaicos, bem como o entendimento das perdas de potência ativa gerada de acordo com a temperatura.

Em seguida, será feito um estudo sobre os diferentes tipos de tecnologias usadas para a fabricação de painéis fotovoltaicos e as perdas devido ao aumento de temperatura, conforme dados de fabricantes.

Após, os valores da taxa de desempenho para cada uma das tecnologias nas diferentes regiões do Estado serão estimados de acordo com a temperatura ambiente, de forma a se elaborar mapas da taxa de desempenho.

Por fim, as conclusões finais do trabalho serão apresentadas.

Com base neste procedimento é apresentada a Figura 1.2 que mostra o Modelo de Pesquisa adotado neste estudo.

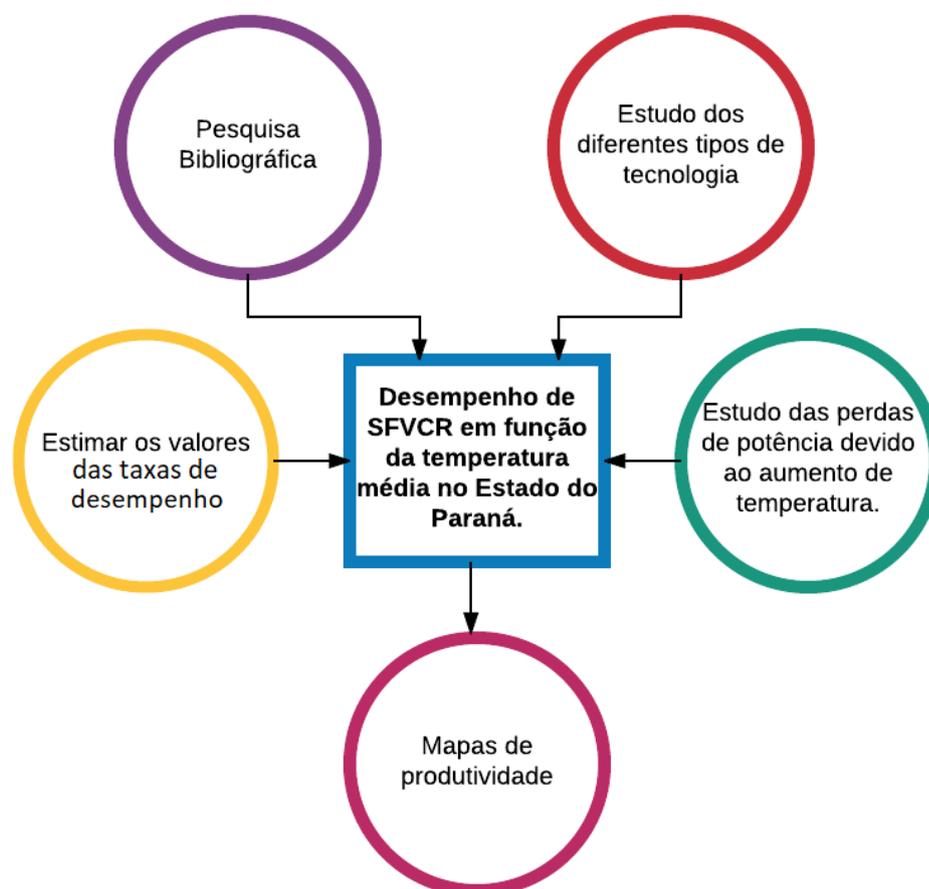


Figura 1.2 – Modelo de Pesquisa adotado no estudo
Fonte: Autor

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura proposta para este trabalho é a seguinte:

Capítulo 1 - Introdução contendo a apresentação da proposta de trabalho, a explicação do propósito do estudo, os objetivos e procedimentos metodológicos.

Capítulo 2 - Estudo bibliográfico e fundamentação teórica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR) e a influência da temperatura nos mesmos.

Capítulo 3 - Levantamento dos dados de irradiação e temperatura para a estimativa da produtividade de um SFVCR em função da temperatura.

Capítulo 4 - Análise e validação dos dados e da influência da temperatura na produtividade do SFVCR.

Capítulo 5 - Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre os tópicos que envolvem esta pesquisa, com o objetivo de explorar os seguintes temas:

- a. Matriz Elétrica Brasileira;
- b. Energia solar fotovoltaica;
- c. Tecnologias utilizadas e eficiência;
- d. Geração de Energia Elétrica no Paraná;
- e. Sistemas Fotovoltaicos;
- f. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica de Energia;
- g. Energia Fotovoltaica no Brasil e Paraná;
- h. Fatores que Influenciam o Desempenho de SFVCR
- i. Influência da temperatura no desempenho de SFVCR.

2.1 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Como visto na Figura 1.1, a maior participação na matriz elétrica brasileira é por meio de fonte hidráulica. O Brasil é o terceiro maior país produtor de energia elétrica através de hidrelétricas, respondendo por 9,5% do consumo global de energia hidrelétrica (BP, 2015). Entretanto, essa fonte de energia causa impactos ambientais devido aos alagamentos nas construções de usinas hidrelétricas. Tendo isso mais o fato de que fontes de energia derivadas de combustíveis fósseis causam poluição, cada vez mais é necessário buscar um aumento de participação de energias renováveis não hidráulicas na matriz elétrica brasileira, como a energia solar fotovoltaica e a energia eólica.

A capacidade instalada total de geração de energia elétrica do Brasil foi de 150.338 MW no ano de 2016. Em comparação com o ano de 2015, em que a capacidade instalada foi de 140.874 MW, houve expansão de 5.275 MW de geração de fonte hidráulica, de 1.696 MW de fontes térmicas, de 2.491 MW de geração eólica e de 3 MW de geração solar, como mostra a Figura 2.1.

Fonte	2015	2016	Δ 16/15
Hidrelétrica	91.650	96.925	5,8%
Térmica ²	39.580	41.276	4,3%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Eólica	7.633	10.124	32,6%
Solar	21	24	13,1%
Capacidade disponível	140.874	150.338	6,7%

Figura 2.1 - Capacidade Instalada¹ em MW no Brasil (¹Não inclui geração distribuída, ²Inclui biomassa, gás, petróleo e carvão mineral)

Fonte: MME, 2017

Essa expansão de geração de fontes renováveis na matriz elétrica se deve ao fato da queda do aumento da geração térmica a derivados de petróleo e ao incremento principalmente das gerações de biomassa e eólica (MME, 2016a). Mesmo sendo a menos expressiva em quantidade de potência instalada, a geração solar teve o segundo maior aumento percentual no ano de 2016 em relação ao ano de 2015, passando de 21 MW para 24 MW em capacidade instalada, ou seja, um aumento de 13,1% (MME, 2017).

É comum que em âmbito nacional os sistemas elétricos de potência sejam interligados, ou seja, os diversos subsistemas administrados por diferentes empresas são interconectados. Atualmente, o sistema elétrico brasileiro possui essa característica de interconexões, sendo denominado Sistema Interligado Nacional (SIN), apresentado na Figura 2.2.

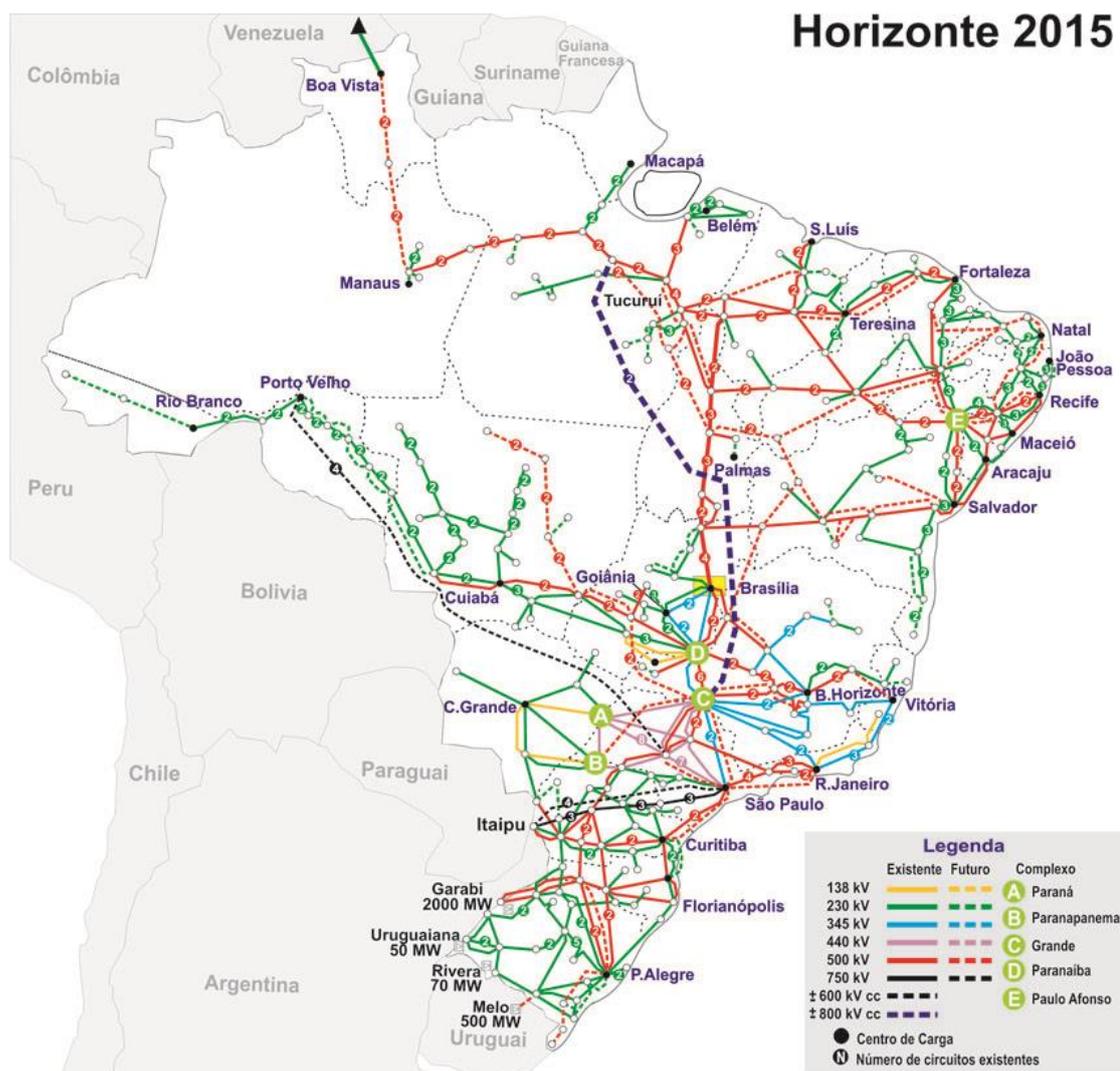


Figura 2.2 - Mapa do Sistema Interligado Nacional
Fonte: ONS, 2016

De acordo com Monticelli e Garcia (2003), a interligação do sistema elétrico de um país otimiza a geração de energia elétrica e cria novos caminhos para a sua transmissão. Dessa forma, aumenta-se a flexibilidade do sistema e a sua segurança devido a uma maior capacidade de se suprir demandas de emergência.

Entretanto, quanto maior a quantidade de interligações dentro de um sistema elétrico, maior a complexidade envolvida em sua operação, sendo necessário um planejamento muito bem elaborado para que a sua confiabilidade seja garantida (MONTICELLI e GARCIA, 2003).

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia gerada pelo Sol é inesgotável na escala terrestre, sendo assim uma das alternativas energéticas mais promissoras para a humanidade. A energia solar fotovoltaica é obtida mediante a conversão direta da luz do Sol em eletricidade (efeito fotovoltaico) e a unidade básica deste processo é o material semicondutor que constitui a célula fotovoltaica (CRESESB, 2014).

O desenvolvimento dessa tecnologia de aplicação da energia solar teve início em 1839, pelo físico Edmond Becquerel, o qual observou que placas metálicas mergulhadas em um eletrólito poderiam produzir uma pequena diferença de potencial se expostas à luz, descobrindo assim o efeito fotovoltaico. O estudo desse efeito foi impulsionado pela corrida espacial, por volta da segunda metade do século XX, visto que os satélites utilizavam células solares para terem energia em pleno espaço (CRESESB, 2014). Com o passar dos anos, diversas pesquisas relacionadas às células fotovoltaicas levaram a diferentes tecnologias para produção de energia elétrica.

A irradiância solar que atinge a camada atmosférica é de aproximadamente 1.367 W/m^2 (constante solar). Entretanto, esse nível de irradiância é reduzido quando chega à superfície da Terra por causa dos fenômenos de reflexão, absorção e espalhamento na atmosfera terrestre. O nível de irradiância que chega à superfície da Terra, adotado como condição padrão de teste, é de 1.000 W/m^2 (CRESESB, 2014).

A Figura 2.3 mostra o grande crescimento da potência instalada em sistemas fotovoltaicos no mundo durante o período de 2006 a 2016. Tem-se que do ano de 2013 a 2014, foram adicionados em torno de 40 GW, no ano de 2014 a 2015, em torno de 51 GW e no ano de 2015 a 2016, em torno de 75 GW. Quanto aos países com maior capacidade instalada, a China está em primeiro lugar, Alemanha em segundo e Japão em terceiro (REN21, 2017).

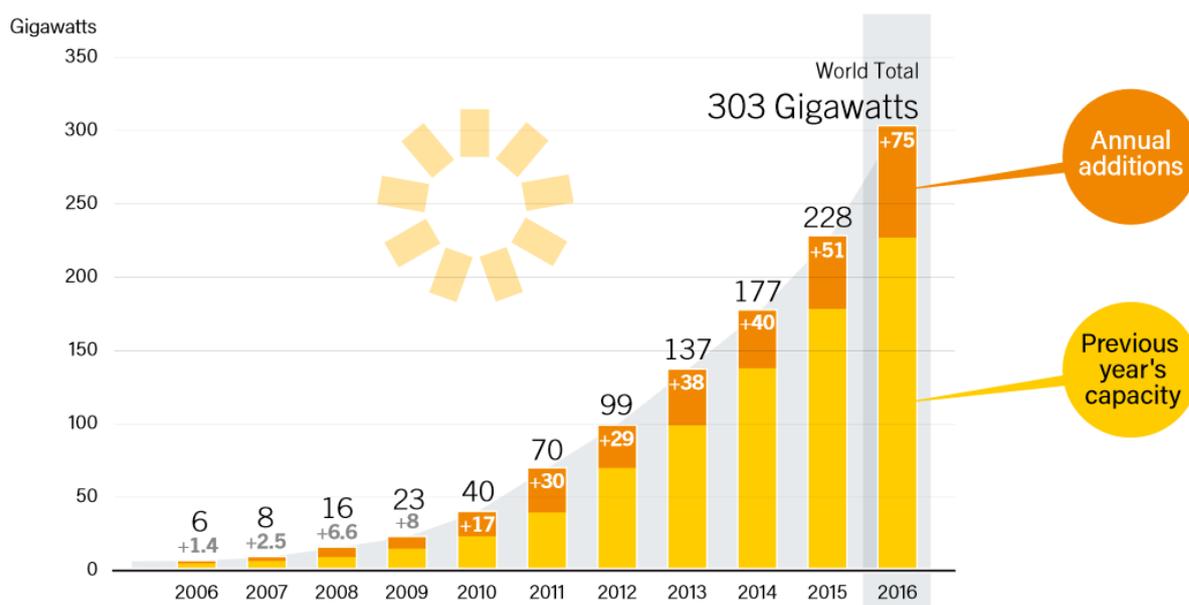


Figura 2.3 - Capacidade mundial acumulada e adicionada de energia solar FV
Fonte: REN21, 2017

2.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS E EFICIÊNCIA

A tecnologia mais utilizada na fabricação de células fotovoltaicas é o silício, seguida de outras tecnologias que foram sendo aperfeiçoadas para a maior eficiência das células fotovoltaicas (CRESESB, 2014).

Segundo TIEPOLO (2015), dentre os diversos semicondutores utilizados para a fabricação de células solares fotovoltaicas, algumas tecnologias se destacam:

2.3.1 Tecnologia de silício cristalino - c-Si (células de primeira geração)

As células de c-Si são consideradas as mais confiáveis e com melhor eficiência comercialmente disponíveis e, portanto, correspondem por mais de 85% do mercado mundial (CRESESB, 2014). Para a sua fabricação, a matéria prima utilizada é o silício ultrapuro e podem ser utilizadas as seguintes lâminas de silício cristalino:

- silício monocristalino - m-Si;
- silício policristalino - p-Si.

A Figura 2.4 mostra a estrutura básica da célula fotovoltaica de c-Si tipo p.

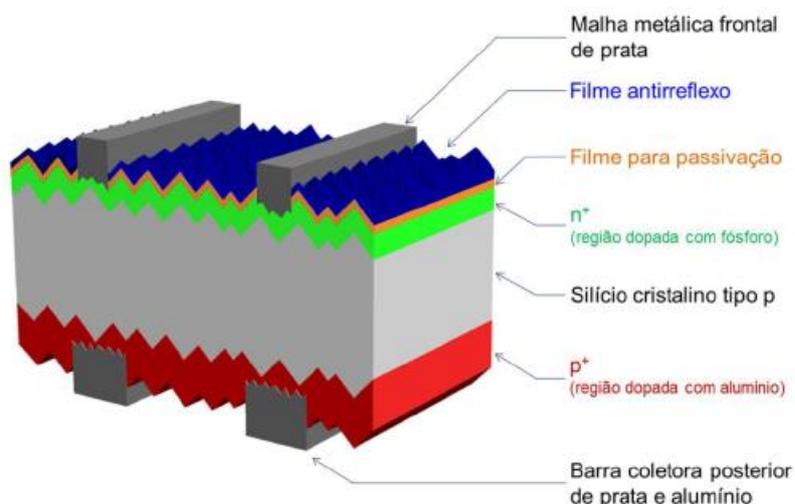


Figura 2.4 - Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino
Fonte: CRESESB, 2014

2.3.2 Tecnologia de filmes finos (células de segunda geração)

Filmes finos de silício ou outros materiais, depositados sobre substratos rígidos ou flexíveis:

- silício amorfo hidrogenado - a-Si;
- telureto de cádmio - CdTe;
- disseleneto de cobre e índio - CIS ou CuInSe₂;
- disseleneto de cobre, índio e gálio - CIGS ou Cu(InGa)Se₂;
- arsenieto de gálio – GaAs;
- microamorfo ou microcristalino ($\mu\text{cSi/a-Si}$).

Essa geração apresenta menor eficiência do que a primeira pelas dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil e rendimento das células, além de apresentarem maior toxicidade (presença de cádmio). Assim há um retardo na sua utilização em maior escala, com uma modesta participação do mercado.

2.3.3 Células fotovoltaicas híbridas orgânicas/inorgânicas (células de terceira geração).

Esta geração ainda está em fase de pesquisa e desenvolvimento, testes e produção em pequena escala. Entretanto células fotovoltaicas orgânicas (OPV) possuem vantagens como: transparência, leveza, flexibilidade, processo produtivo de baixo custo, aplicações verticais e matéria prima abundante.

2.3.4 Eficiência das células fotovoltaicas

A Figura 2.5 apresenta a eficiência de diversas células fotovoltaicas fabricadas com diferentes materiais e tecnologias. Pode-se observar que a maior eficiência foi obtida com células fotovoltaicas de multijunção, atingindo o valor de 37,7%, e a menor eficiência com células fotovoltaicas de Silício amorfo/nanocristalino, com a eficiência de 10,1%.

Tecnologia		Eficiência (%)
Silício	Monocristalino	25,0 ± 0,5
	Policristalino	20,4 ± 0,5
	Filmes finos transferidos ⁴	20,1 ± 0,4
Compostos III A-VA (ou 13-15)	GaAs (filme fino)	28,8 ± 0,9
	GaAs (policristalino)	18,4 ± 0,5
	InP (monocristalino)	22,1 ± 0,7
Calcogênios Compostos II B-VI A (ou 12-16)	CIGS (CuIn _x Ga _(1-x) Se ₂) (filme fino)	19,6 ± 0,6
	CdTe (filme fino)	18,3 ± 0,5
Silício amorfo / nanocristalino	Amorfo (a-Si) (filme fino)	10,1 ± 0,3
	Nanocristalino (nc-Si)	10,1 ± 0,2
Células Sensibilizadas por Corantes (DSSC)		11,9 ± 0,4
Células Orgânicas (filme fino)		10,7 ± 0,3
Multijunção	InGaP/GaAs/InGaAs	37,7 ± 1,2
	a-Si/nc-Si/nc-Si (filme fino)	13,4 ± 0,4

Figura 2.5 – Eficiência de diversas células fotovoltaicas por tecnologia
Fonte: GREEN et al., 2011

2.4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ

O Paraná é um Estado em destaque na geração de energia elétrica através das hidroelétricas, tendo produzido 93.835 GWh de eletricidade por meio de fonte hidráulica no ano de 2015 (MME, 2016a). Contudo, a expansão da geração de energia elétrica por meio de hidroelétricas na matriz elétrica do Estado é um desafio devido ao esgotamento do potencial hídrico. Além de parte da sociedade se opor a esse tipo de produção de energia por causa dos impactos ambientais, sociais e econômicos ocasionados pela construção dos reservatórios das usinas.

De acordo com o MME (2016a), o Estado do Paraná possui uma Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica de 17.254 MW, distribuídos da seguinte forma por tipo de fonte de energia: Hidráulica – 92,68%, Térmica – 7,31%, Eólica – 0,07%, e demais fontes com valores desprezíveis, conforme apresentado na Figura 2.6.

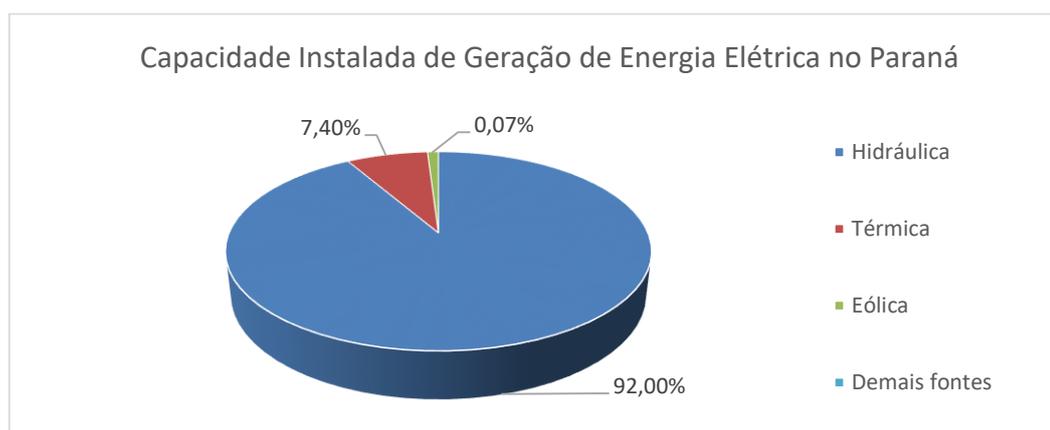


Figura 2.6 - Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica no Paraná
Fonte: MME, 2016a

2.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os Sistemas Fotovoltaicos (SFV) possuem normas brasileiras que definem suas especificações, classificação, terminologia e dimensionamento: NBR-11877 (Sistemas Fotovoltaicos – Especificação); NBR-11704 (Sistemas Fotovoltaicos – Classificação); NBR-10899 (Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia); NBR-11876 (Módulos Fotovoltaicos – Especificação) e NBR-14298 (Sistemas Fotovoltaicos –

Banco de Baterias – Dimensionamento). Além de uma norma geral (NBR-5410) para Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Conforme a norma Brasileira NBR 11704:2008 (ABNT, 2008), tem-se:

- Em relação aos termos e definições dos equipamentos dos SFVs, os mesmos são definidos da seguinte maneira:
 - Controlador de carga: equipamento eletrônico destinado a controlar e monitorar a carga e/ou descarga do banco de baterias, podendo ter seguidor de potência máxima integrada;
 - Inversor: equipamento eletrônico destinado a converter tensão contínua, oriunda do gerador fotovoltaico ou do banco de baterias, em tensão alternada, podendo ter seguidor de potência máxima integrada;
 - Seguidor de potência máxima: dispositivo de controle que permite ao sistema funcionar próximo do ponto de potência máxima do gerador fotovoltaico, sob diferentes condições de irradiância, temperatura e carga.
- Em relação à classificação dos SFVs quanto à interligação com o sistema público de fornecimento de energia elétrica, tem-se:
 - Sistemas isolados: são aqueles que não possuem qualquer conexão com o sistema público de fornecimento de energia elétrica;
 - Sistemas conectados à rede elétrica: são aqueles efetivamente conectados ao sistema público de fornecimento de energia elétrica.
- Em relação a classificação dos SFVs quanto à configuração, tem-se:
 - Sistemas puros: são aqueles que utilizam gerador fotovoltaico como único gerador de energia elétrica;
 - Sistemas híbridos: são aqueles que resultam da associação do gerador fotovoltaico com outros tipos de geradores de energia elétrica.

A Figura 2.7 mostra um exemplo de classificação de sistemas fotovoltaicos conforme a NBR 11704.

Tipo de sistema		Alimentação dos consumidores	Acumulação de energia elétrica	Componentes básicos	Aplicações típicas
Sistemas isolados	Puros	Tensão contínua	Não	Seguidor de potência máxima (desejável)	Bombeamento, produção de hidrogênio etc.
			Sim	Controlador de carga e acumulador	Iluminação, telecomunicações, sinalização náutica, cerca elétrica, proteção catódica etc.
		Tensão alternada	Não	Inversor	Bombeamento, uso industrial etc.
			Sim	Controlador de carga, acumulador e inversor	Eletrificação rural, bombeamento, telecomunicações, uso industrial, iluminação etc.
	Híbridos	Tensão contínua	Sim	Controlador de carga, acumulador e gerador complementar	Telecomunicações, iluminação, sinalização rodoviária e ferroviária etc.
		Tensão alternada	Opcional	Controlador de carga, acumulador opcional e gerador complementar	Iluminação, uso industrial etc.
Sistemas conectados à rede elétrica	Puros	Tensão alternada	Não	Inversor	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
	Híbridos	Tensão alternada	Não	Inversor e gerador complementar	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
			Sim	Inversor, gerador complementar e acumulador	Eletrificação rural, uso industrial, suprimento ininterrupto de energia etc.
NOTA Todos os tipos de sistemas possuem gerador fotovoltaico entre os componentes básicos.					

Figura 2.7 - Classificação de Sistemas Fotovoltaicos
Fonte: ABNT, 2008

Conforme essas normas, são citados abaixo, alguns termos relevantes para esse trabalho e suas respectivas definições:

- Irradiância solar (G) - Taxa na qual a radiação solar incide em uma superfície, por unidade de área, normalmente medida em watt por metro quadrado (W/m^2).
- Irradiação solar (I ou H) - Irradiância solar integrada durante um intervalo de tempo especificado, normalmente uma hora ou um dia, é medida em watt hora por metro quadrado ou Joule por metro quadrado (Wh/m^2 ou J/m^2). É simbolizada por "I", quando integrada em uma hora e por "H", quando integrada em um dia.
- Irradiação total (I_{TOT} ou H_{TOT}) - Irradiância total integrada durante um intervalo de tempo especificado.

- Corrente de curto – circuito (I_{sc}) - Corrente de saída de um conversor fotovoltaico, na condição de curto-circuito e para valores preestabelecidos de temperatura e irradiância total.
- Tensão de circuito aberto (V_{oc}) - Tensão gerada através de um conversor fotovoltaico sem carga (aberto), para valores preestabelecidos de temperatura e irradiância total.
- Massa de ar (AM) – Espessura da camada atmosférica a ser atravessada pela energia radiante do sol.
- Potência máxima (P_{mp}) - Potência em um ponto da curva característica de um conversor fotovoltaico, onde o produto da corrente pela tensão é máximo, no quadrante de geração.
- Horas de Sol Pleno (HSP) – Número de horas por dia em que a radiação solar deve permanecer constante e igual a 1000 W/m^2 .

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE (2017), geração distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima aos consumidores, independente da potência, tecnologia e fonte de energia. A GD inclui painéis fotovoltaicos como geração de energia elétrica.

Desde abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis. Inclusive, pode-se também fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

Em seguida entrou em vigor a Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL que definiu como microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica) (ANEEL, 2015).

O Governo Brasileiro vem incentivando a população para a GD, com o sistema de “crédito de energia”. Nesse sistema, caso a energia injetada na rede seja superior à consumida durante o período de medição, esse crédito pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outras unidades de mesma titularidade.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos benefícios que ela proporciona ao sistema elétrico, entre eles, pode-se citar o adiamento de

investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas de transmissão e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2016).

A Resolução Normativa nº 687/2015 também instituiu a geração compartilhada que é caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão, por meio de consórcio ou cooperativa, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2015).

2.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE ENERGIA

Os SFVCR são compostos basicamente por um painel fotovoltaico e um inversor, dispensando o uso de baterias como pode-se ver na Figura 2.8. Um SFVCR injeta energia diretamente à rede elétrica, por meio de um inversor que realiza a conversão de tensão/corrente CC produzidas pelo painel fotovoltaico para tensão/corrente CA compatíveis com a rede elétrica de distribuição (CONCEIÇÃO, 2011).

A rede elétrica da concessionária de energia é vista como o elemento armazenador, porque toda a energia gerada pelo painel fotovoltaico é colocada em paralelo com a energia da rede diretamente. Esse sistema tem como principais vantagens: a elevada produtividade (toda a energia disponibilizada pelos módulos é utilizada) e a ausência do conjunto de baterias (não são utilizados elementos para armazenar a energia elétrica) (URBANETZ, 2010).

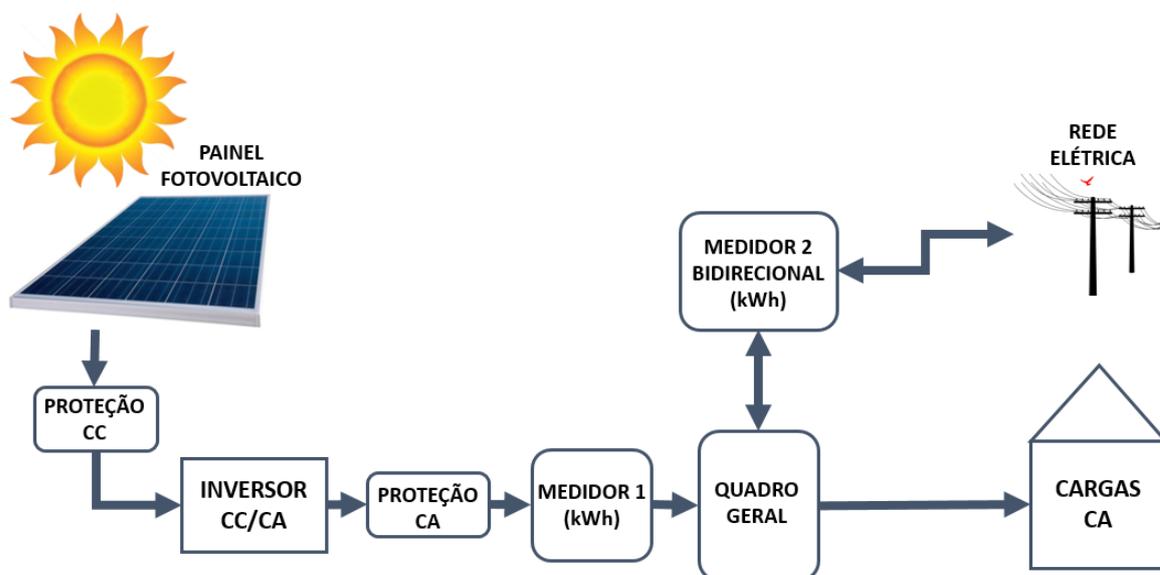


Figura 2.8 - Configuração de um SFVCR
 Fonte: Autor

Para avaliar o desempenho de um SFVCR usam-se os seguintes índices de mérito mostrados por URBANETZ, *et al.* (2014):

- Produtividade (Y): É a quantidade de energia elétrica gerada em kWh em relação à potência do sistema em kWp, como mostra a Equação 2.1.

$$Y = \frac{\text{Energia Gerada}}{\text{Potência FV}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \right) \quad (2.1)$$

- Taxa de Desempenho (TD) ou *Performance Ratio* (PR): É a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível (CRESESB, 2014). Ou seja, relação entre a produtividade do sistema e a produtividade em condição STC (irradiação do local em kWh/m² em relação a irradiância em condições de teste que é de 1.000 W/m²). De outra forma pode-se também dizer que o TD representa o desempenho descontando as perdas existentes no sistema como: perdas nos inversores (eficiência do inversor), perdas nas conexões (por queda de tensão devido à resistência de conectores e cabeamento), perdas devido à elevação da temperatura nos módulos (conforme à temperatura ambiente), entre outras (TIEPOLO, 2015). O TD pode ser calculado pela Equação 2.2.

$$TD = \frac{Y}{\text{Irradiação}/1000} (\%) \quad (2.2)$$

- Fator de Capacidade (FC) é a proporção entre a produção efetiva do SFV em um período de tempo e a capacidade total máxima que poderia ser

gerada neste mesmo período. O FC é utilizado para comparar a operação dos SFVCR com diferentes potências e/ou localidades, ou realizar comparações entre diferentes fontes geradoras. Ele é calculado pela Equação 2.3.

$$FC = \frac{\text{Energia Gerada}}{\text{Potência FV} \cdot 24 \cdot \text{dias}} (\%) \quad (2.3)$$

Segundo MME (2016b), devido ao desenvolvimento tecnológico e ao aumento do porte das instalações nos últimos anos, obteve-se aumentos no fator de capacidade médio da geração solar fotovoltaica mundial, como pode-se observar na Figura 2.9. No Brasil, esse fator está comumente entre 13% e 18%, variando de acordo com tecnologias utilizadas e disponibilidade do recurso solar (BENEDITO, 2009).

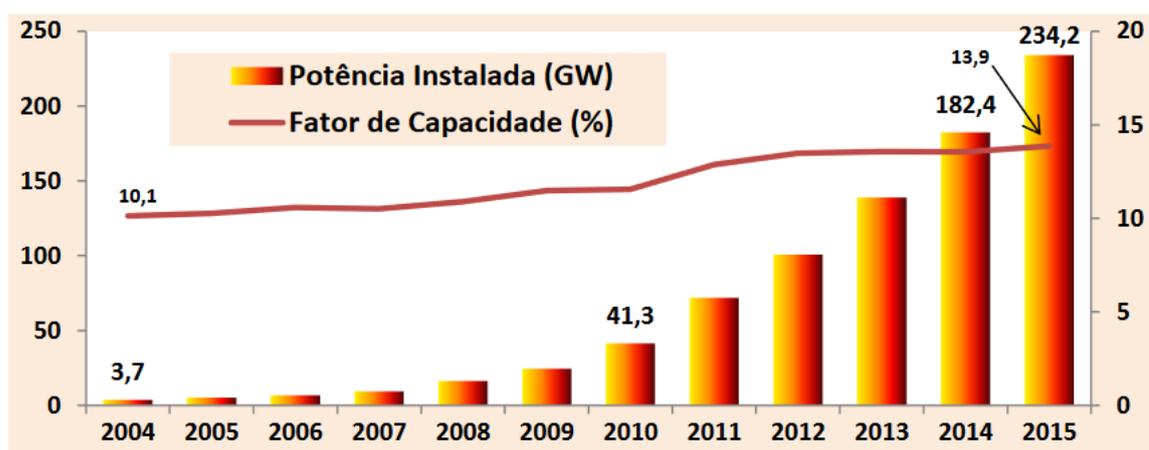


Figura 2.9 - Capacidade Instalada e Fator de Capacidade (no Mundo)
Fonte: MME, 2016b

2.7 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL E PARANÁ

No Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira *et al.*, 2006), apresentam-se mapas com valores de irradiação média diária anual Global Horizontal e no Plano Inclinado (inclinação igual à latitude do local e orientados para o norte geográfico), extremamente importante em projetos de SFV. A Figura 2.10 mostra o mapa de irradiação Global Horizontal (em kWh/m².dia) e a Figura 2.11 mostra o mapa de irradiação no Plano Inclinado (em kWh/m².dia).

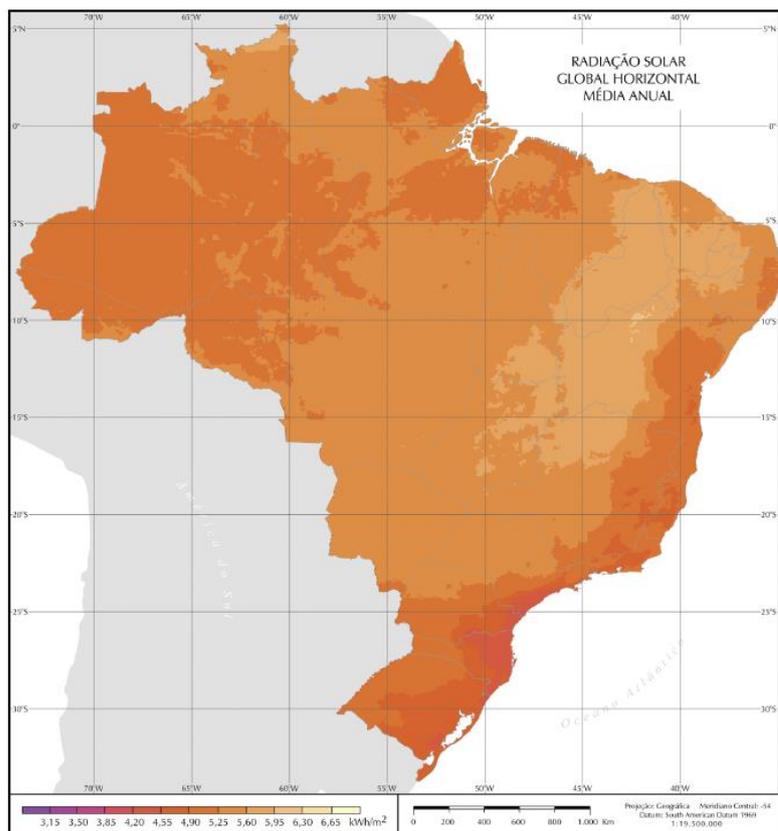


Figura 2.10 - Mapa de irradiação solar Global Horizontal (Média diária anual)
Fonte: PEREIRA et al., 2006

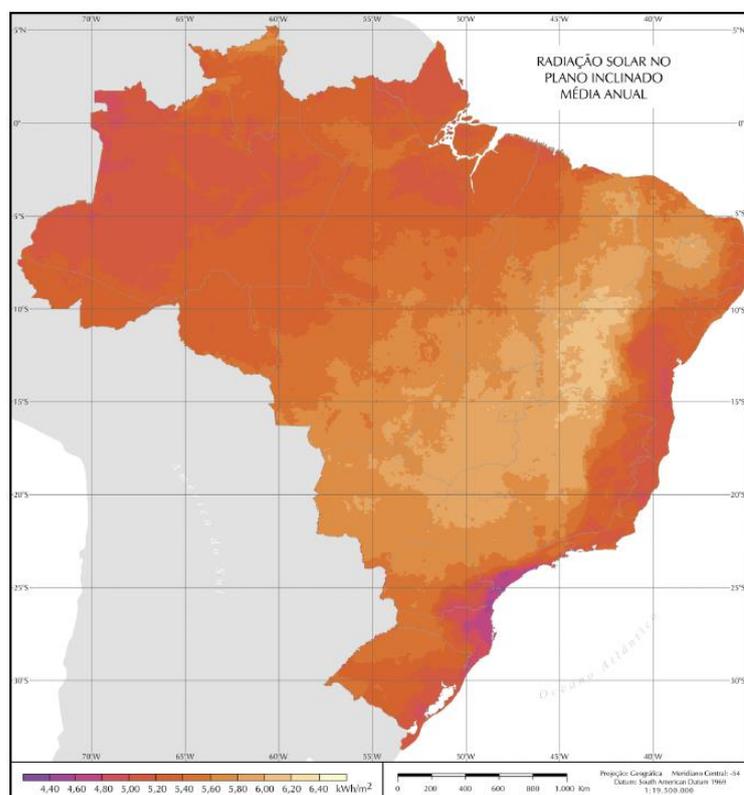


Figura 2.11 - Mapa de irradiação no Plano Inclinado (Média diária anual)
Fonte: PEREIRA et al., 2006

Através da análise das informações do banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006), obteve-se os valores de irradiação total e de produtividade estimada anual máxima, mínima e média no plano inclinado para cada Estado mais o Distrito Federal. Os dados obtidos são apresentados na Figura 2.12.

Estado	Valor de Irradiação Total (H_{TOT}) Anual no plano inclinado ($kWh/m^2 \cdot ano$)			Valor de Produtividade Total Anual no Plano Inclinado ($kWh/kWp \cdot ano$)			Diferença percentual da Média obtida no Paraná em relação ao estado
	Total Anual MÍNIMO	Total Anual MÁXIMO	Total Anual MÉDIA	Total Anual MÍNIMO	Total Anual MÁXIMO	Total Anual MÉDIA	
Acre	1.873	2.057	1.933	1.405	1.542	1.450	2,73%
Alagoas	1.886	2.043	1.970	1.415	1.532	1.478	0,80%
Amapá	1.844	2.020	1.903	1.383	1.515	1.427	4,39%
Amazonas	1.795	2.091	1.898	1.346	1.568	1.423	4,65%
Bahia	1.803	2.246	2.055	1.352	1.684	1.541	-3,34%
Ceará	1.983	2.181	2.079	1.488	1.636	1.559	-4,47%
Distrito Federal	2.127	2.195	2.156	1.596	1.646	1.617	-7,89%
Espírito Santo	1.790	1.983	1.888	1.342	1.487	1.416	5,19%
Goiás	2.068	2.215	2.150	1.551	1.662	1.613	-7,64%
Maranhão	1.848	2.163	2.016	1.386	1.622	1.512	-1,49%
Mato Grosso	1.853	2.163	2.047	1.389	1.622	1.535	-2,97%
Mato Grosso do Sul	1.795	2.186	2.103	1.346	1.639	1.577	-5,55%
Minas Gerais	1.850	2.220	2.077	1.388	1.665	1.558	-4,38%
Pará	1.859	2.088	1.961	1.394	1.566	1.471	1,28%
Paraíba	1.900	2.197	2.068	1.425	1.648	1.551	-3,94%
Paraná	1.651	2.119	1.986	1.238	1.589	1.490	
Pernambuco	1.870	2.184	2.040	1.403	1.638	1.530	-2,64%
Piauí	2.058	2.227	2.141	1.544	1.670	1.606	-7,25%
Rio de Janeiro	1.785	2.034	1.912	1.339	1.525	1.434	3,85%
Rio Grande do Norte	1.941	2.168	2.054	1.455	1.626	1.540	-3,29%
Rio Grande do Sul	1.737	2.013	1.927	1.303	1.510	1.445	3,08%
Rondônia	1.907	2.020	1.954	1.430	1.515	1.466	1,62%
Roraima	1.861	2.116	1.961	1.396	1.587	1.471	1,25%
Santa Catarina	1.644	2.031	1.852	1.233	1.523	1.389	7,26%
São Paulo	1.658	2.176	2.053	1.243	1.632	1.540	-3,28%
Sergipe	1.911	2.057	1.965	1.433	1.542	1.474	1,07%
Tocantins	1.986	2.188	2.086	1.489	1.641	1.564	-4,77%
BRASIL	1.644	2.246	2.001	1.233	1.684	1.501	-0,76%

Figura 2.12 - Valores de Irradiação e de Produtividade Gerada Estimada Total Anual no plano inclinado encontrados no Brasil e nas unidades federativas para uma TD 75%.

Fonte: TIEPOLO, 2015

Segundo a Figura 2.12, para o Paraná foram encontrados os respectivos valores de irradiação e produtividade gerada estimada, no plano inclinado:

- Menor valor de irradiação total anual: 1.651 kWh/m².ano;
- Maior valor de irradiação total anual: e 2.119 kWh/m².ano;
- Média de irradiação total anual:1.986 kWh/m².ano;
- Menor valor de produtividade total anual: 1.238 kWh/kWp.ano;
- Maior valor de produtividade total anual: 1.589 kWh/kWp.ano;
- Média de produtividade total anual: 1.490 kWh/kWp.ano.

Na Figura 2.13 tem-se o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná (total anual no plano inclinado). Segundo Tiepolo (2015), o menor valor de irradiação e de produtividade diária média mensal no Paraná ocorre no mês de Julho com 3,61 kWh/m².dia e 2,71 kWh/kWp.dia respectivamente. Já o maior valor ocorre no mês de Janeiro com 6,46kWh/m².dia e 4,85 kWh/kWp.dia respectivamente, assim é visto que ocorre uma grande variabilidade dos valores durante todo o ano, isto analisando todas as regiões do estado.

Na Figura 2.14 tem-se o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná (total anual no plano horizontal). Ao comparar o mapa da Figura 2.13 com o da Figura 2.14, é visto a grande diferença em relação ao plano horizontal com o plano inclinado (para SFVCR, inclinação igual à latitude do local).

Se não for levado em conta os períodos sazonais, nos quais há mudança de irradiação do sol por causa do seu posicionamento, e sim o ano como um todo, para instalar o SFV com o objetivo de gerar a maior quantidade de energia elétrica durante todo o ano, deve-se utilizar módulos instalados com o plano inclinado, o qual apresenta valores de irradiação e de produtividade anual superiores aos no plano horizontal.

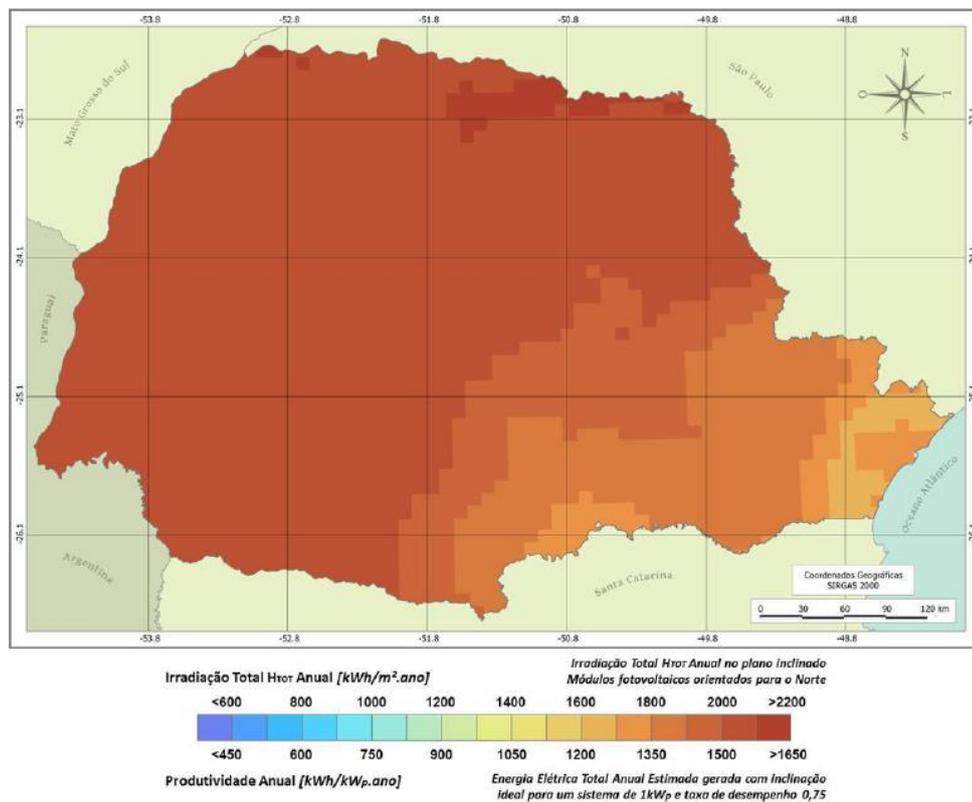


Figura 2.13 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná (Total Anual, Plano Inclinado)
Fonte: TIEPOLO, 2015

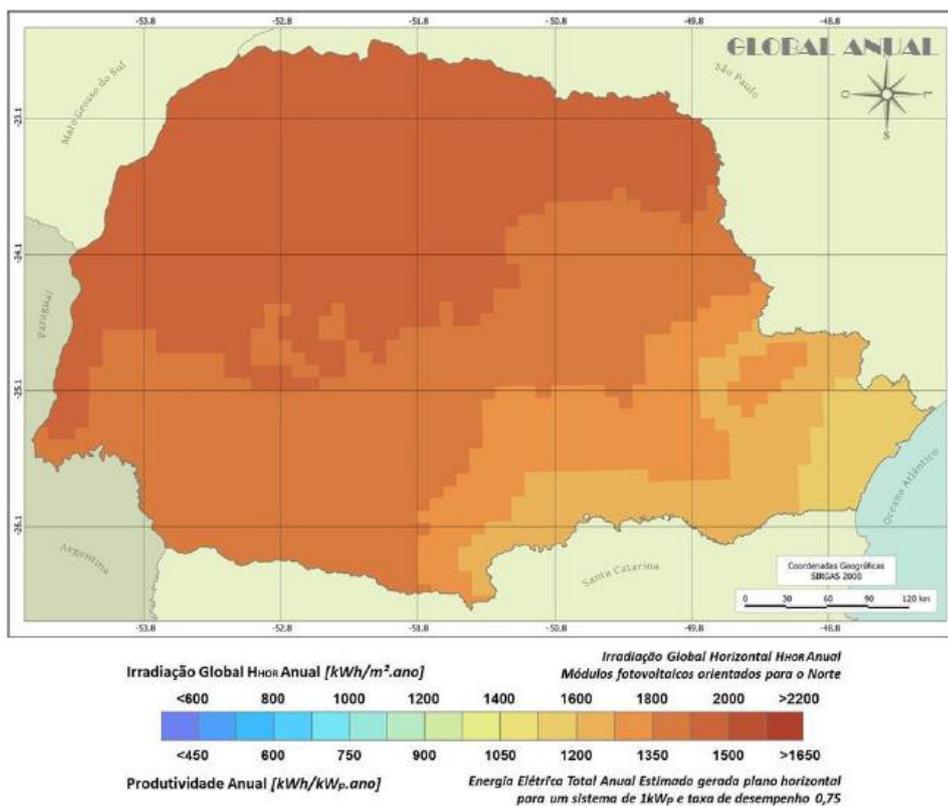


Figura 2.14 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná (Total Anual, Plano Horizontal)
Fonte: TIEPOLO, 2015

Na Figura 2.12 ainda encontra-se uma coluna com a diferença em percentual da média obtida no Paraná em relação à média apresentada em cada um dos outros estados, Distrito Federal e média Brasil. Fica evidente o grande potencial fotovoltaico do Paraná quando comparado com a Bahia (Estado com o maior valor total anual de irradiação apresentado no Brasil com 2.246 kWh/m².ano), somente 3,34% menor da média obtida. Quando comparado com Santa Catarina (Estado com menor valor total anual de irradiação apresentado no Brasil com 1.644 kWh/m².ano), tem 7,26% a mais da média obtida.

Outro dado importante que frisa TIEPOLO *et al.* (2016), é quanto aos maiores valores de irradiação e de produtividade estimada total anual que ocorre no Brasil e no Paraná. No Brasil, o ponto com o maior valor ocorre no norte do estado da Bahia, próximo do Lago de Sobradinho, com valores de 2.246 kWh/m².ano e 1.684 kWh/kWp.ano. No Paraná o ponto com maior valor ocorre no município de Sertaneja, na região norte do estado, com valores de 2.119 kWh/m².ano e 1.589 kWh/kWp.ano. Esse valor é 5,6% inferior ao máximo encontrado no Brasil, o que evidencia o grande potencial de geração de energia elétrica através de SFVCR no estado.

Quando se compara o potencial fotovoltaico do Paraná com a Europa, nota-se que essa forma de energia é extremamente competitiva no cenário paranaense, porque países onde o mercado de energia fotovoltaica se encontra muito bem consolidado, tem médias de produtividade estimada totais anuais menores que a média encontrada no Paraná.

Segundo Tiepolo *et al.*(2016), a média de irradiação total anual encontrada no estado do Paraná em comparação com a encontrada na Europa, só é inferior à média encontrada em Chipre (em torno de 10% inferior), e a Malta (em torno de 8% inferior).

Já ao se comparar a média da produtividade estimada total anual, pôde-se verificar que a média do Paraná é 58,75% superior à Alemanha, 13,48% superior à Itália, 1,97% superior à Espanha, 31,28% superior à França, 60,46% superior à Bélgica e 71,19% superior ao Reino Unido. Estes percentuais são bastante expressivos e representam a quantidade média total anual de energia elétrica que um SFVCR pode gerar a mais no Paraná em relação a cada um destes países.

Os valores de irradiação total anual (em kWh/m².ano) e produtividade estimada total anual (em kWh/kWp.ano) do Paraná e da Europa podem ser vistos na Figura 2.15.

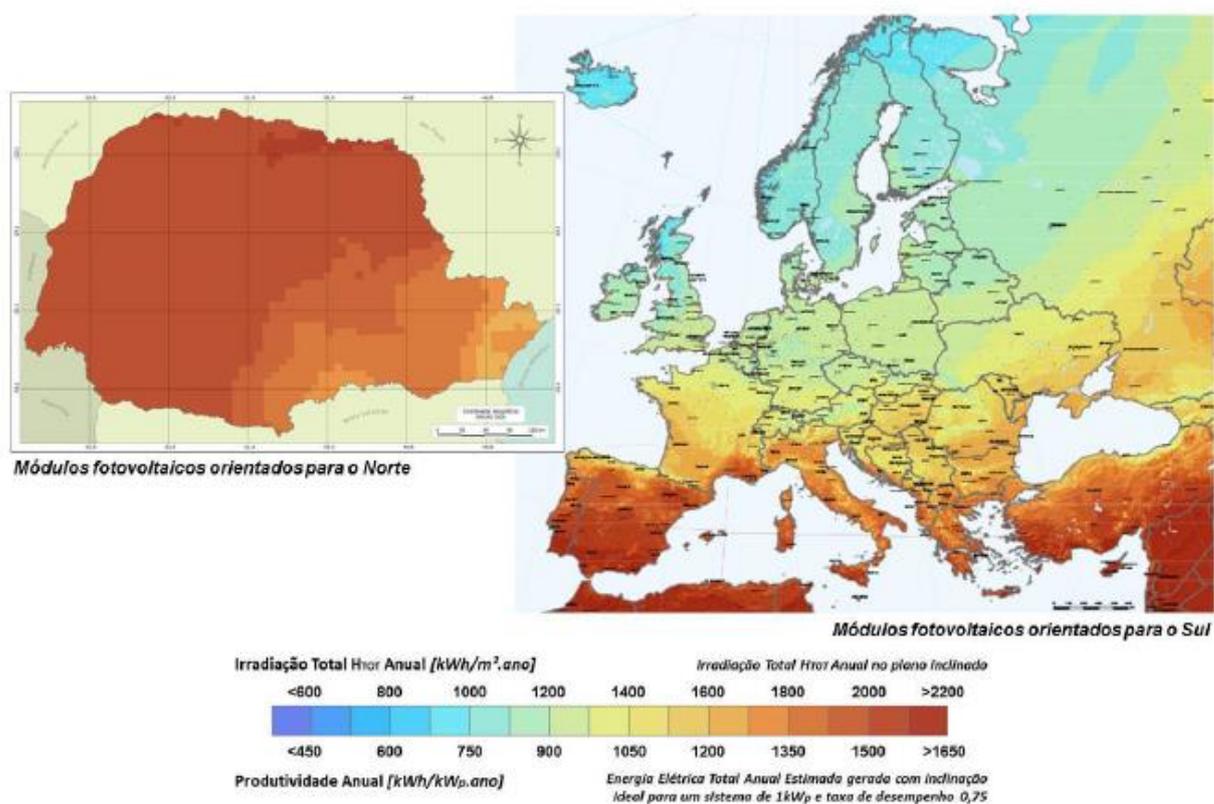


Figura 2.15 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná e da Europa
Fonte: TIEPOLO et al., 2016

2.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE SFVCR

Sistemas fotovoltaicos muito raramente operam em condições nominais. De acordo com TIEPOLO (2015) e MIRANDA (2015) são vários os fatores que influenciam o desempenho de um SFVCR. Entre eles pode-se citar:

- Inclinação e orientação: para uma maior eficiência adota-se a orientação do SFV para o norte geográfico (no caso do Brasil), que maximiza a quantidade de radiação solar captada ao longo do ano, e inclinação dos módulos igual a latitude do local (no caso de Curitiba: 25°). Condições estas consideradas ideais, ou seja, onde ocorre a máxima produtividade;
- Irradiância: quanto maior irradiância, maior a produtividade de um SFV;
- Sujidade: é o acúmulo de sujeira em cima dos painéis solares, com isso tem-se a dificuldade do painel em receber os raios solares;
- Sombreamento parcial, exemplo na Figura 2.16;

- Outras perdas: perdas com o inversor (rendimento mínimo aceitável de 94%, segundo fabricantes), com a queda de tensão no lado DC (corrente contínua), com a queda no lado de AC (corrente alternada), conexões (perdas nos fios), proteções, transformadores de isolamento, dados incorretos de placa (remete à confiabilidade do fornecedor);



Figura 2.16 – Exemplo de sombreamento parcial
Fonte: COSOL, 2017

Fora todos esses fatores existe um fator importante que influencia o desempenho SFVCR: a temperatura.

2.9 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESEMPENHO DE SFVCR

O aumento da temperatura no módulo em operação, de um modo geral, tem efeito negativo no desempenho dos dispositivos fotovoltaicos, reduzindo a eficiência de conversão.

Por meio da Figura 2.17 pode-se observar que para um aumento de temperatura a corrente gerada é pouco afetada, entretanto a tensão e, conseqüentemente, a potência gerada diminuem de modo significativo. O aumento de temperatura da célula pode acontecer por meio da incidência de radiação solar, pela variação da temperatura ambiente e pela falta de ventilação.

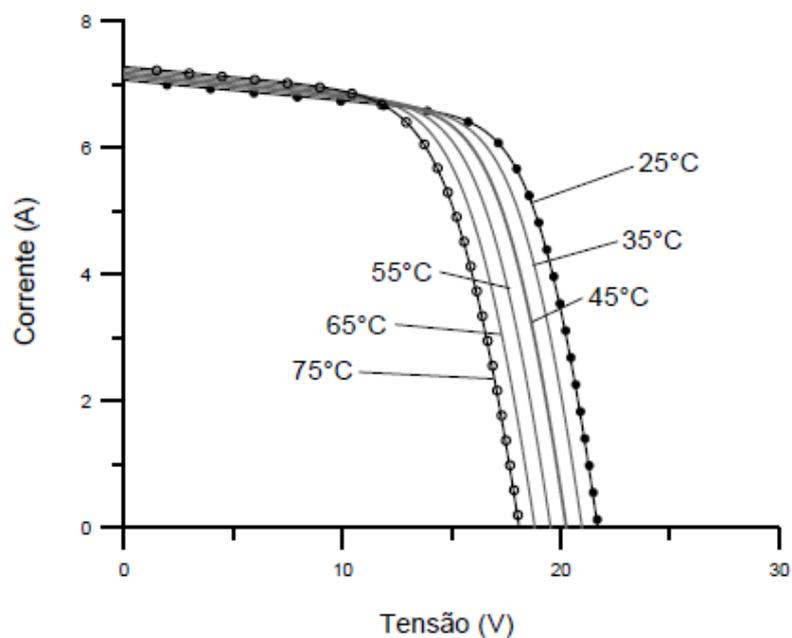


Figura 2.17 – Efeito causado pela variação de temperatura das células na curva característica I-V para um módulo fotovoltaico de 36 células de c-Si sob irradiância de 1.000 W/m²
Fonte: CRESESB, 2014

Para minimizar a perda de potência gerada devido ao aumento da temperatura, deve-se montar os módulos fotovoltaicos de forma que se tenha uma boa ventilação (dissipação de calor).

Nos *datasheets* (folha de dados) dos módulos fotovoltaicos são encontrados coeficientes de temperatura que representam o efeito da temperatura nas características dos mesmos. Os coeficientes de temperatura são representados por corrente de curto circuito (α), tensão de circuito aberto (β) e ponto de potência máxima (γ) (CRESESB, 2014):

- Coeficiente (β) de variação de tensão de circuito aberto com a temperatura (Equação 2.2):

$$\beta = \Delta V_{oc} / \Delta T \quad (2.2)$$

onde: ΔV_{oc} é a variação da tensão de circuito aberto para uma variação de temperatura de célula ΔT .

- Coeficiente (α) de variação da corrente de curto-circuito com a temperatura (Equação 2.3):

$$\alpha = \Delta I_{sc} / \Delta T \quad (2.3)$$

onde: ΔI_{sc} é a variação da corrente de curto-circuito para uma variação de temperatura de célula ΔT .

- Coeficiente (γ) de variação da potência máxima (potência de pico) do módulo com a temperatura (Equação 2.4):

$$\gamma = \frac{\Delta P_{MP}}{\Delta T} \quad (2.4)$$

onde: ΔP_{MP} é a variação da potência máxima do módulo para uma variação de temperatura de célula ΔT .

O ponto máximo de potência (PMP) pode ser expresso pela Equação 2.5:

$$P_{MP}(T) = V_{MP} \cdot I_{MP} (1 + (\alpha + \beta_{V_{MP}}) \cdot \Delta T) \quad (2.5)$$

onde: V_{MP} é a tensão de máxima potência, I_{MP} é a corrente de máxima potência e $\beta_{V_{MP}}$ é o coeficiente específico para a V_{MP} .

Os valores dos coeficientes de temperatura citados variam em função da tecnologia utilizada. Quanto menores forem os coeficientes β e γ , menor é a perda de potência do módulo devido à temperatura.

Segundo Ikki e Kurokawa (2001), pode-se medir a porcentagem da influência do aumento de temperatura nas perdas de um sistema fotovoltaico, como mostra a Figura 2.18, junto de: Perdas na conversão de energia, sombreamento parcial, perdas nos inversores e *mismatch* (descasamento de módulos).

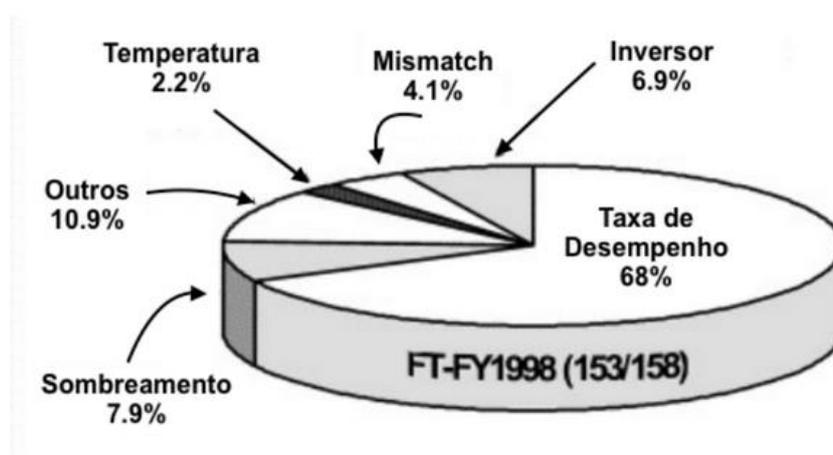


Figura 2.18 – Exemplo de perdas em porcentagem num sistema fotovoltaico
Fonte: IKKI; KUROKAWA, 2001.

3 DESEMPENHO DOS SFVCR EM RELAÇÃO A TEMPERATURA NO PARANÁ

No Capítulo 2, foram vistos os principais tópicos sobre a Matriz Elétrica Brasileira, a Energia Solar Fotovoltaica, a Geração de Energia Elétrica no Paraná, os Sistemas Fotovoltaicos e os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica de Energia, as Tecnologias utilizadas em um painel fotovoltaico, os Fatores que Influenciam o Desempenho de SFVCR e a Influência da temperatura no desempenho de SFVCR.

Neste capítulo é mostrado como a temperatura afeta o desempenho fotovoltaico e é apresentado a descrição dos passos que levaram à determinação do desempenho de SFVCR para diferentes tecnologias em função da temperatura ambiente média no Estado do Paraná, onde são descritos a origem dos dados de irradiação e os dados de temperatura média utilizados, o que resultou na estimação da produtividade de um SFVCR em função da temperatura.

3.1 PERDAS DE UM SFVCR

Como já visto no capítulo anterior o aumento da temperatura no módulo fotovoltaico causa perdas de potência gerada e diminuição do desempenho de um SFV.

Pode-se quantificar as perdas em um SFVCR de acordo com o estudo feito pela Sociedade Alemã de Energia Solar (DGS, 2013) mostrado na Figura 3.1, onde tem-se os seguintes fatores de perdas:

- Sombreamento;
- Sujidade;
- Reflexão;
- Variação do espectro AM 1.5;
- *Mismatch* (descasamento);
- Condições diferentes das padrões de teste;
- Perdas c.c;
- Perdas na conversão de energia;
- Perdas no inversor;
- Perdas na fiação elétrica;

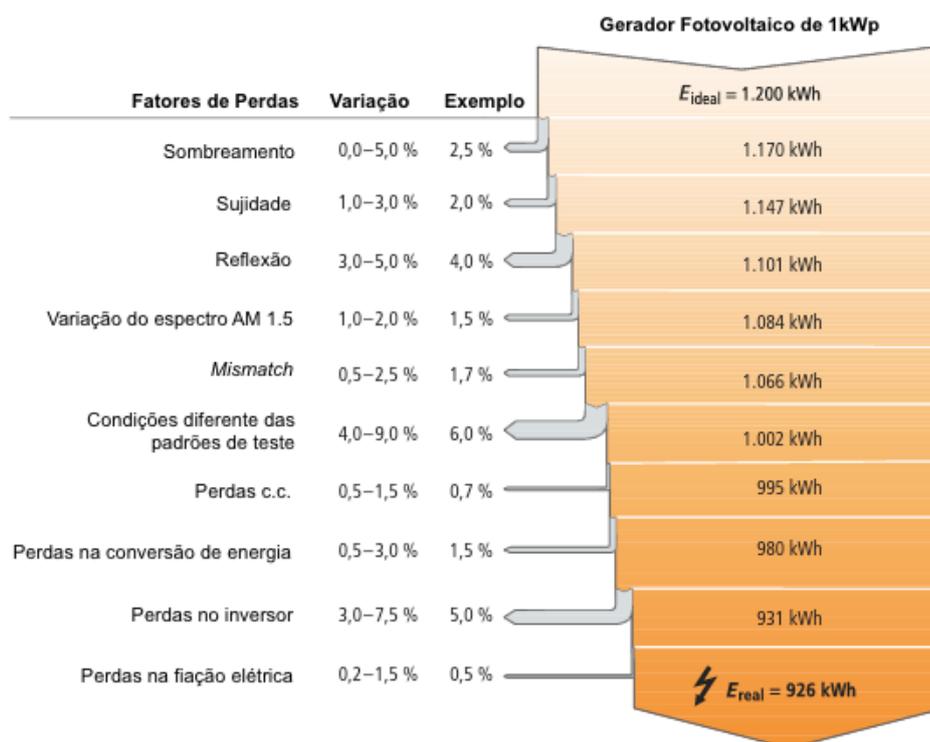


Figura 3.1 Fatores de perdas de um SFV
Fonte: DGS, 2013; ARAÚJO et al., 2016

Para analisar alguns dos fatores de perdas de uma instalação fotovoltaica, pode-se analisar diretamente a curva característica I-V do sistema. A Figura 3.2 mostra as anomalias que podem ocorrer na curva I-V (corrente de saída em relação a tensão de saída de um conversor fotovoltaico), se comparada a curva em condições preestabelecidas de temperatura e irradiância total.

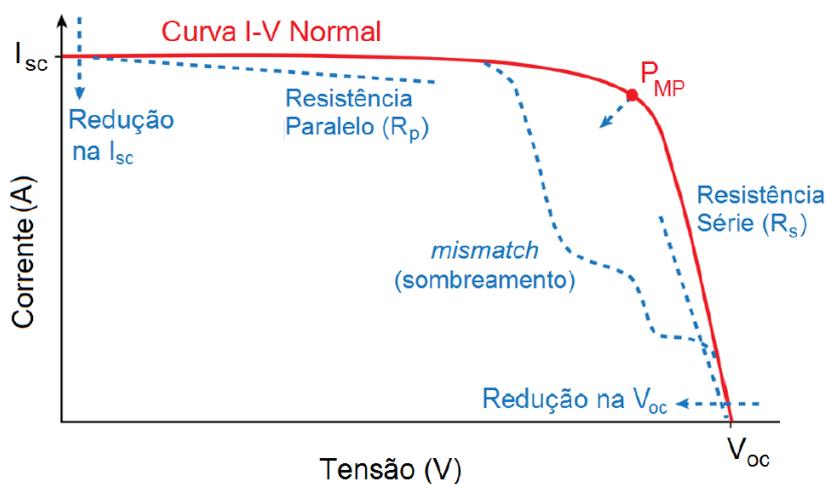


Figura 3.2 - Anomalias da curva I-V de um painel fotovoltaico.
Fonte: CRESESB, 2014

A anomalia da curva I-V pela resistência série (R_s) pode ser devido a problemas de interconexões elétricas internas de um módulo da fileira, ou problemas externos na fiação e conexões entre fileiras de módulos. A resistência em paralelo (R_p) é resultante de defeitos internos em células. Sombreamento ou acúmulo de sujeira também são causas deste efeito na curva.

Redução na corrente de saída (I_{sc}) é causada por sujeira sobre os módulos ou degradação dos mesmos. Redução na tensão de saída (V_{sc}) é causada pelo aumento de temperatura nos módulos. As perdas por *mismatch* (descasamento) podem ser causadas por sombreamento, o que causa o aparecimento de “degraus” na curva (CRESESB, 2014).

Para o presente estudo, considerou-se todos os fatores de perdas acima citados com as suas respectivas porcentagens de perdas, excluindo-se: Sombreamento, considerou-se instalações na cobertura das edificações (Sem sombras); Perdas no inversor, obteve-se as perdas dos *datasheets* dos inversores utilizados; Condições diferentes das padrões de teste, foi feito um estudo específico das perdas por temperatura como será visto na sequência deste capítulo.

3.2 EFEITO DA TEMPERATURA NOS SFVCR

Segundo ZILLES *et al.* (2012), a temperatura ambiente (T_a) é um fator que determina a temperatura de operação das células FV (T_c), a qual pode ser calculada a partir da Equação 3.1 que é bastante utilizada para calcular a temperatura de célula a partir da temperatura ambiente:

$$T_c = T_a + G/800 * (T_{NOCT} - 20), \quad (3.1)$$

onde G é a irradiância solar incidente no plano do gerador FV (W/m^2) e T_{NOCT} é a temperatura nominal de operação da célula FV (valor fornecido pelo fabricante).

Com a T_c , pode-se calcular a máxima potência P_{mp} , conforme a Equação 3.2:

$$P_{mp} = P_{oFV} * G/G_{ref} [1 - \gamma_{mp}(T_c - T_{c,ref})], \quad (3.2)$$

Onde P_{oFV} : é a potência nominal do gerador fotovoltaico (Wp); G_{ref} é a irradiância solar de referência ($1.000 W/m^2$ para massa de ar igual a 1,5), $T_{c,ref}$ é a temperatura na célula de referência ($25 \text{ }^\circ\text{C}$ em condições de teste padrão (STC)) e

γ_{mp} é o coeficiente que relaciona a variação da potência no ponto de máxima potência com a temperatura.

Ao se projetar uma instalação fotovoltaica, é comum estimar a produção de energia elétrica ignorando os efeitos de variação da irradiância a cada instante e considerando a totalidade de energia elétrica convertida em intervalos de horários. Para isso, expressa-se o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia, chamado de número de Horas de Sol Pleno (HSP) (CRESESB, 2014).

Para este presente trabalho, seguindo o conceito de HSP, calculou-se para todos os municípios do Paraná, os valores de irradiância através do banco de dados de irradiação (APÊNDICE A), de acordo com a Equação 3.3 e a Equação 3.4:

$$Irradiação_{média\ diária\ anual} = Irradiação_{total\ anual}/365, \quad (3.3)$$

$$Irradiância_{média\ diária\ anual} = (Irradiação_{média\ diária\ anual} * 1000)/(HSP * 365), \quad (3.4)$$

Através dessas equações, pode-se verificar que os valores de irradiância média anual foram praticamente iguais a $1000\ W/m^2$, comprovando que a grandeza de HSP mostra os números de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a $1000\ W/m^2$. Com isso, pode-se calcular a T_c e a P_{mp} e assim obter a porcentagem de perdas por temperatura dos painéis fotovoltaicos.

Devido à dificuldade de se encontrar dados de irradiância e de temperatura em vários instantes de tempo ao longo do ano em todo o estado, optou-se neste trabalho em se utilizar a irradiância de $1.000\ W/m^2$ (HSP).

Já por meio do estudo feito pela Sociedade Alemã de Energia Solar (DGS, 2013), que pode ser visualizado na Figura 3.3, tem-se que para um sistema instalado junto ao telhado de uma edificação, observa-se uma maior temperatura no módulo fotovoltaico do que num sistema instalado com uma boa ventilação. Com isso, considera-se a temperatura na célula a partir da temperatura ambiente por meio da seguinte regra:

- Para módulos fotovoltaicos instalados com aplicação direta a edificação (sem ventilação), considera-se um aumento de temperatura em relação a T_a de $43^\circ C$, onde a T_c é resultante da Equação 3.5:

$$T_c = T_a + 43^\circ; \quad (3.5)$$

- Para módulos fotovoltaicos instalados com ventilação, considera-se um aumento de temperatura em relação a T_a de 29°C, onde a T_c é resultante da Equação 3.6:

$$T_c = T_a + 29^\circ. \quad (3.6)$$

Logo, pode-se calcular a perda de potência do módulo em função da temperatura ($Perda_{temp}$) pela Equação 3.7.

$$Perda_{temp} = \gamma * (T_c - 25^\circ), \quad (3.7)$$

onde γ é o coeficiente que relaciona a variação da potência no ponto de máxima potência com a temperatura e 25° é a T_c em condições STC.

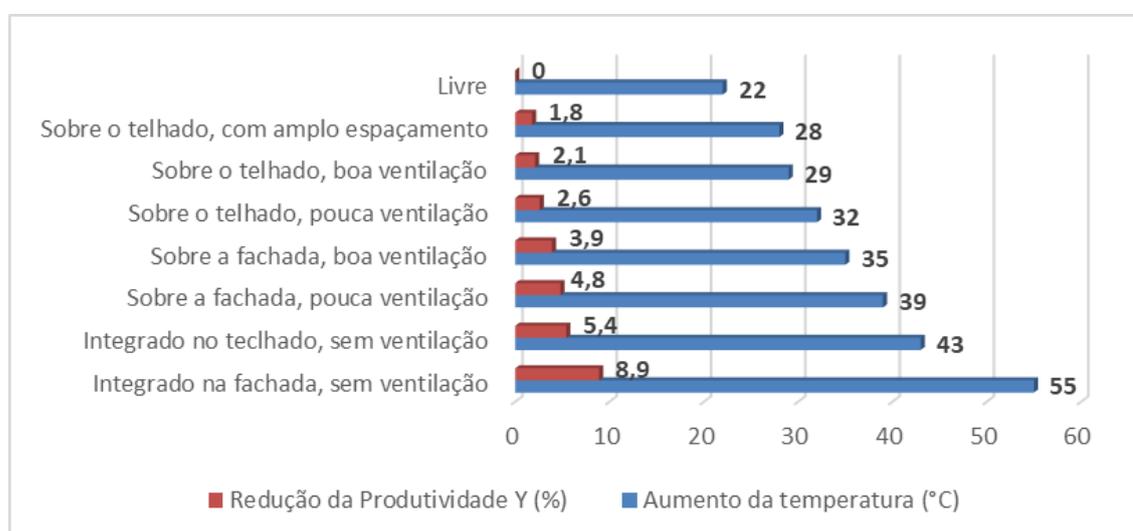


Figura 3.3 - Aumento da temperatura e redução no produtividade (índice *yield*) de acordo com o modo de instalação do painel fotovoltaico.

Fonte: Adaptado de DGS, 2013

Considerando essas premissas citadas acima, neste estudo, considerou-se três frentes de simulações:

- Simulação 1: Efeito do aumento de temperatura na célula por meio do cálculo de T_c de acordo com as Equações 3.1 e 3.2.
- Simulação 2: Efeito do aumento de temperatura na célula de 29°C para painéis instalados com ventilação.
- Simulação 3: Efeito do aumento de temperatura na célula de 43°C para painéis instalados com aplicação direta a edificação (sem ventilação).

3.3 BANCO DE DADOS DE IRRADIAÇÃO

Foram obtidos os valores de irradiação e de produtividade total anual dos 399 municípios do estado do Paraná (APÊNDICE A) a partir do estudo feito por TIEPOLO (2015), o qual utilizou o banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006).

Os dados levantados para cada um dos municípios, foram com base nos seus limites geográficos e na resolução espacial de 10 km x 10 km (pixel) existente no banco de dados do Atlas de 2006. Os dados geográficos dos municípios foram obtidos a partir da base de dados do IBGE (2009).

A Figura 3.4 mostra o mapa do Paraná com a divisão geográfica dos seus 399 municípios juntamente com a grade de pixel, com o destaque para a cidade de Curitiba.

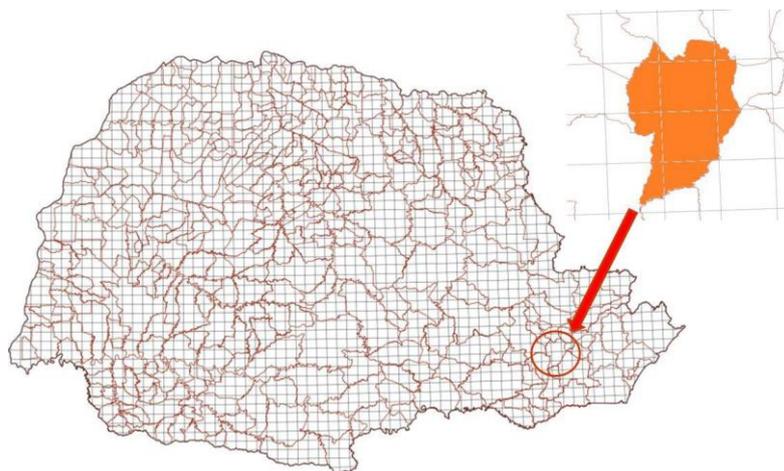


Figura 3.4 - Mapa do estado do Paraná mostrando a divisão geográfica dos seus municípios, e a grade de pixel na resolução 10 km x 10 km, destacando a cidade de Curitiba.
Fonte: TIEPOLO, 2015

3.4 BANCO DE DADOS DE TEMPERATURA MÉDIA

Elaborou-se uma base de dados de temperatura média mensal, na mesma resolução do Atlas Brasileiro de Energia Solar de 10 km x 10 km, apenas para o Estado do Paraná, com dados interpolados de temperatura a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) correspondente ao período de janeiro de 1999 à dezembro de 2010 (INMET, 2017).

Fez-se uma média dos valores mensais para se obter a média de temperatura ambiente anual para cada cidade do estado do Paraná.

3.5 LEVANTAMENTO DE DADOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Para o presente estudo, fez-se um levantamento de diversos *datasheets* (folha de dados) de fabricantes de Painéis fotovoltaicos (PV) de diversas tecnologias, como: Silício monocristalino; Silício policristalino; Telureto de cádmio; Silício amorfo e Disseleneto de cobre índio gálio.

Estabeleceu-se três fabricantes para cada tecnologia, pesquisados através do site da ENF Solar (2017), que reúne uma base de dados de diversas empresas fabricantes de módulos fotovoltaicos. Foram escolhidos painéis fotovoltaicos com potências iguais (ou próximas) para melhor confiança da média feita dos coeficientes de temperatura γ coletados. Foi recuperado os *datasheet* nos respectivos *sites* das empresas ou no próprio *site* da ENF Solar, conforme dados expostos nas tabelas 3.1 a 3.5 e no ANEXO 1.

Para o cálculo da T_c e da P_{mp} originadas das Equações 3.1 e 3.2, respectivamente, usa-se os dados de potência e coeficiente de temperatura γ retirados dos *datasheets*.

Definiu-se a potência de 300 W e uma média do coeficiente de temperatura P_{max} igual a $-0,39 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$, para os painéis fotovoltaicos de tecnologia de silício monocristalino. A Tabela 3.1 apresenta os dados de módulos desse tipo e os seus respectivos fabricantes.

Tabela 3.1 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Silício Monocristalino
Fonte: Adaptado de SolarWorld, 2017; Yingli Solar, 2017; Canadian Solar, 2017

Fabricante	SolarWorld	Yingli Solar	CanadianSolar
Painel Solar Fotovoltaico	Sunmodule Plus SW 300	Panda TL300C 30b	SUPERPOWER CS6K-300MS
Potência (W)	300	300	300
Temperatura (NOCT)	46 °C	46 °C (+- 2 °C)	42 °C (+- 2 °C)
Coef. Temp P_{max} (γ) ($\%/^{\circ}\text{C}$)	(-)0,41	(-)0,38	(-)0,39
Coef. Temp V_{oc} ($\%/^{\circ}\text{C}$)	(-)0,30	(-)0,30	(-)0,29
Coef. Temp I_{sc} ($\%/^{\circ}\text{C}$)	0,04	0,04	0,05

Como é possível observar pela Tabela 3.2, para os painéis fotovoltaicos de tecnologia de silício policristalino estabeleceu-se a potência de 270 W e uma média do coeficiente de temperatura γ igual a $-0,44 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$.

Tabela 3.2 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Silício Policristalino

Fonte: Adaptado de Kyocera, 2017; Trina Solar, 2017; JS Solar, 2017

Fabricante	Kyocera Solar	Trina Solar	JS Solar
Painel Solar Fotovoltaico	KK270P 3CD8CG	Modulo Honey	JS 240W-270W
Potência (W)	270	270	270
Temperatura (NOCT)	45 °C	44 °C	45 °C (+-2)
Coef. Temp Pmax (γ) ($\text{\%/}^{\circ}\text{C}$)	(-)0,46	(-)0,41	(-)0,45
Coef. Temp Voc ($\text{\%/}^{\circ}\text{C}$)	(-)0,36	(-)0,32	(-)0,32
Coef. Temp Isc ($\text{\%/}^{\circ}\text{C}$)	0,06	0,05	0,06

Para a tecnologia de telureto de cádmio definiu-se painéis fotovoltaicos de a potência de 80 W e uma média do coeficiente de temperatura γ igual a $-0,24 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$. Como é possível observar pela Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Telureto de cádmio

Fonte: Adaptado de ENF, 2017; First Solar, 2017

Fabricante	Advanced Solar	First Solar	GE Energy
Painel Solar Fotovoltaico	ASP-S2-80	FS Series 3™ PV Module	Thin Film Solar Module
Potência (W)	80	80	80
Temperatura (NOCT)	-	45 °C	45 °C
Coef. Temp Pmax (γ) ($\text{\%/}^{\circ}\text{C}$)	(-)0,214	(-)0,25	(-)0,25
Coef. Temp Voc ($\text{\%/}^{\circ}\text{C}$)	(-)0,321	(-)0,27	(-)0,29
Coef. Temp Isc ($\text{\%/}^{\circ}\text{C}$)	0,06	0,02	0,04

A potência de 103 W e uma média do coeficiente de temperatura γ igual a $-0,27 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ foram fixados para os painéis fotovoltaicos de tecnologia de silício amorfo. A Tabela 3.4 apresenta os dados de módulos desse tipo e os seus respectivos fabricantes.

Tabela 3.4 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Silício Amorfo

Fonte: Adaptado de ENF, 2017; Vorks Energy, 2017

Fabricante	ASF	SunSet	Vorks Energy
Painel Solar Fotovoltaico	-	SUNone SA110	VNP-TF
Potência (W)	100	100	110
Temperatura (NOCT)	-	45 °C (+- 2 °C)	25 °C
Coef. Temp Pmax (γ) (%/°C)	(-)0,20	(-)0,34	(-)0,28
Coef. Temp Voc (%/°C)	(-)0,33	(-)0,22	(-)0,32
Coef. Temp Isc (%/°C)	0,09	0,04	0,07

Como é possível observar pela Tabela 3.5, para os painéis fotovoltaicos de tecnologia de disseleneto de cobre índio gálio estabeleceu-se a potência de 105 W e uma média do coeficiente de temperatura γ igual a -0,36 %/°C.

Tabela 3.5 – Painéis Fotovoltaicos com Tecnologia de Disseleneto de Cobre Índio Gálio

Fonte: Adaptado de ENF, 2017; Eterbright, 2017; BIPVco, 2017

Fabricante	Eterbright	Solteature	BIPVco
Painel Solar Fotovoltaico	CdF-1000A1 Series	LINION 100 F	Flextron F13F115B1
Potência (W)	100	100	115
Temperatura (NOCT)	46 °C	49 °C	48 °C
Coef. Temp Pmax (γ) (%/°C)	(-)0,23	(-)0,41	(-)0,40
Coef. Temp Voc (%/°C)	(-)0,31	(-)0,31	(-)0,36
Coef. Temp Isc (%/°C)	0,01	0,01	(-)0,003

Nos *datasheets* dos fabricantes dos módulos fotovoltaicos as características elétricas são geralmente estimadas de acordo com as condições de teste padrão (STC): Irradiação solar 1000W.m², temperatura da célula de 25⁰ C e massa de ar AM=1,5.

Além das informações do desempenho elétrico em STC, a maioria dos catálogos de módulos FV atuais, informam também suas características em TNOCT (Temperatura Nominal de Operação da Célula ou NOCT “*Nominal Operation Cell Temperature*”, em inglês), que é a temperatura alcançada pelos módulos fotovoltaicos, com circulação de ar livre “*all-around*”, em condições normais definidas pela norma

IEC/TS 61836 como: Irradiância Solar = 800 W/m², temperatura ambiente=20°C, velocidade do vento = 1 m/s e distribuição espectral AM=1,5 (REIS e TIBA, 2016).

3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS DE INVERSORES

Segundo RAMPINELLI *et al.* (2013), para SFVCR são utilizados inversores que apresentam diferentes opções de transformadores, sendo que, comercialmente, existem inversores com transformador de alta ou baixa frequência e inversores sem transformador. Os primeiros SFVCR eram projetados para trabalharem em baixas tensões, devido medidas de segurança, portanto, era necessário o uso de transformadores na saída dos inversores. Contudo, os transformadores, além de pesados e caros, geravam muitas perdas e sempre foram um obstáculo para os fabricantes conseguirem aumentar a eficiência de seus produtos.

Existem regulamentações vigentes em alguns países que exigem a separação galvânica entre o lado de corrente contínua e o lado de corrente alternada. Para essa separação, utiliza-se inversores com transformador. Também para a grande maioria de módulos de filmes finos, são necessários inversores com transformador, porque sem separação galvânica, surge um potencial capaz de provocar nesses módulos uma corrosão elétrica, danificando suas células (RAMPINELLI *et al.*, 2013).

Neste estudo, foram utilizados os dados de dois *datasheets* de fabricantes de inversores: EcoSolys e Fronius, sem transformador e o com transformador respectivamente, conforme a Tabela 3.6 e *datasheets* em anexo.

Para os painéis fotovoltaicos com tecnologias de silício monocristalino e silício policristalino escolheu-se utilizar inversores sem transformador. Já para tecnologias de telureto de cádmio, silício amorfo e disseleneto de cobre índio gálio, teve-se a necessidade de utilizar um inversor com transformador conforme explanado acima.

Tabela 3.6 - Dados dos Inversores Utilizados
Fonte: Autora Própria (2017)

Fabricante	EcoSolys	Fronius
Painel Solar Fotovoltaico	Ecos 2000	Fronius Galvo 2.0-1
Potência Máxima de saída(W)	2000	2140
Máxima tensão de entrada (V)	340	420
Mínima tensão de entrada (V)	45	120
Eficiência (%)	96,6	96

3.7 RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A SIMULAÇÃO 1: AUMENTO DE TEMPERATURA NA CÉLULA CALCULADA

Calculando-se a T_c para os painéis das diferentes tecnologias, por meio da simulação 1, chegou-se aos seguintes valores de TD apresentados em mesorregiões na Tabela 3.7 e no Gráfico 3.1, com base nas perdas médias apresentadas na Figura 3.1:

Tabela 3.7 - Taxa de Desempenho anual em % conforme simulação 1
Fonte: Autoria Própria (2017)

Taxa de Desempenho anual (%)					
Mesorregião	m-Si	p-Si	CdTe	a-Si	CIGS
1 - Metropolitana	73.73%	72.43%	77.46%	76.48%	74.16%
2 - Sudeste	73.85%	72.57%	77.54%	76.56%	74.26%
3 - Centro Oriental	73.67%	72.36%	77.43%	76.43%	74.10%
4 - Centro Sul	73.64%	72.32%	77.41%	76.41%	74.07%
5 - Sudoeste	73.55%	72.22%	77.35%	76.35%	73.99%
6 - Oeste	73.35%	72.00%	77.23%	76.21%	73.80%
7 - Centro Ocidental	73.19%	71.83%	77.14%	76.10%	73.67%
8 - Norte Pioneiro	73.01%	71.62%	77.02%	75.97%	73.50%
9 - Norte Central	72.85%	71.44%	76.93%	75.86%	73.35%
10 - Noroeste	72.77%	71.36%	76.88%	75.81%	73.28%

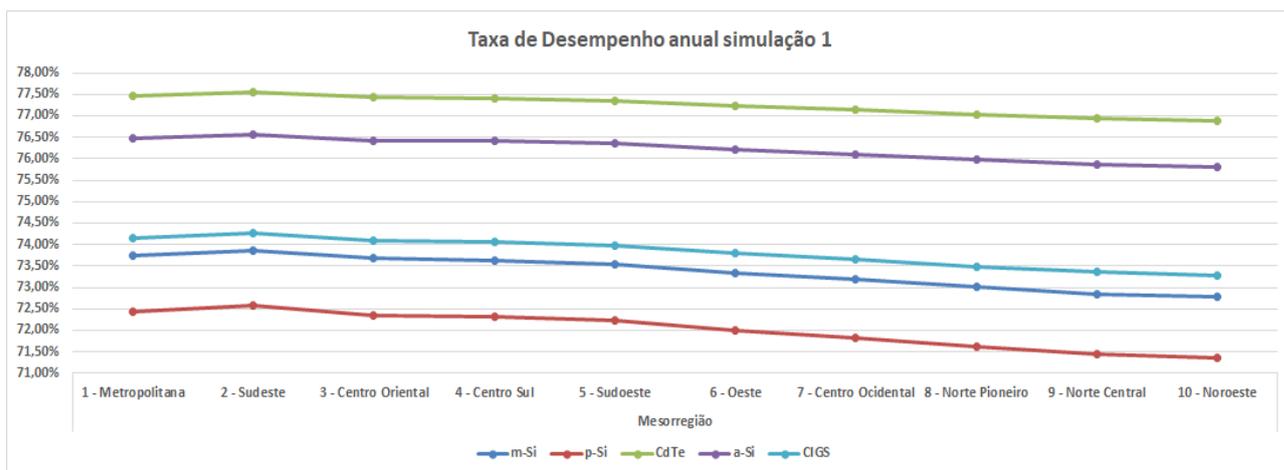


Gráfico 3.1 - Taxa de Desempenho anual simulação 1
Fonte: Autoria Própria (2017)

Para a simulação 1, considerando a tecnologia de silício policristalino, foram encontrados os respectivos valores de temperatura média e taxa de desempenho:

- Menor valor de temperatura média anual: 19,70 °C na cidade de Campo Magro, na mesorregião Metropolitana;
- Maior valor de temperatura média anual: 23,75 °C na cidade de Jardim Olinda, na mesorregião Noroeste;
- Média de temperatura média anual do Paraná: 21,67 °C;
- Menor valor de taxa de desempenho anual: 70,95 % na cidade de Jardim Olinda, na mesorregião Noroeste;
- Maior valor de taxa de desempenho anual: 72,73 % na cidade de Campo Magro, na mesorregião Metropolitana;
- Média de taxa de desempenho anual: 71,86 %.

Ao se observar o Gráfico 3.1, pode-se verificar que os menores valores de TD são encontrados na mesorregião Noroeste, independentemente da tecnologia utilizada, com uma média de 74,02 %. Já os maiores valores de TD são encontrados na mesorregião Sudeste, independentemente da tecnologia utilizada, com uma média de 74,96 %.

3.8 RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A SIMULAÇÃO 2: AUMENTO DE TEMPERATURA NA CÉLULA EM INSTALAÇÃO COM VENTILAÇÃO

Simulando a temperatura na célula em 29 °C a mais em relação a temperatura ambiente, para os painéis das diferentes tecnologias, obteve-se os seguintes valores de TD apresentados em mesorregiões na Tabela 3.8 e no Gráfico 3.2, com base nas perdas médias apresentadas na Figura 3.1:

Tabela 3.8 - Taxa de Desempenho anual em % conforme simulação 2
Fonte: Autoria Própria (2017)

Taxa de Desempenho anual simulação 2					
Mesorregião	m-Si	p-Si	CdTe	a-Si	CIGS
1 - Metropolitana	75.11%	73.97%	78.30%	77.44%	75.40%
2 - Sudeste	75.23%	74.11%	78.37%	77.52%	75.51%
3 - Centro Oriental	75.05%	73.90%	78.26%	77.39%	75.35%
4 - Centro Sul	75.01%	73.86%	78.24%	77.37%	75.32%
5 - Sudoeste	74.92%	73.76%	78.18%	77.31%	75.23%
6 - Oeste	74.72%	73.54%	78.06%	77.17%	75.05%
7 - Centro Ocidental	74.57%	73.37%	77.97%	77.06%	74.91%
8 - Norte Pioneiro	74.38%	73.16%	77.86%	76.93%	74.74%
9 - Norte Central	74.22%	72.90%	77.76%	76.82%	74.60%
10 - Noroeste	74.15%	72.90%	77.72%	76.77%	74.53%

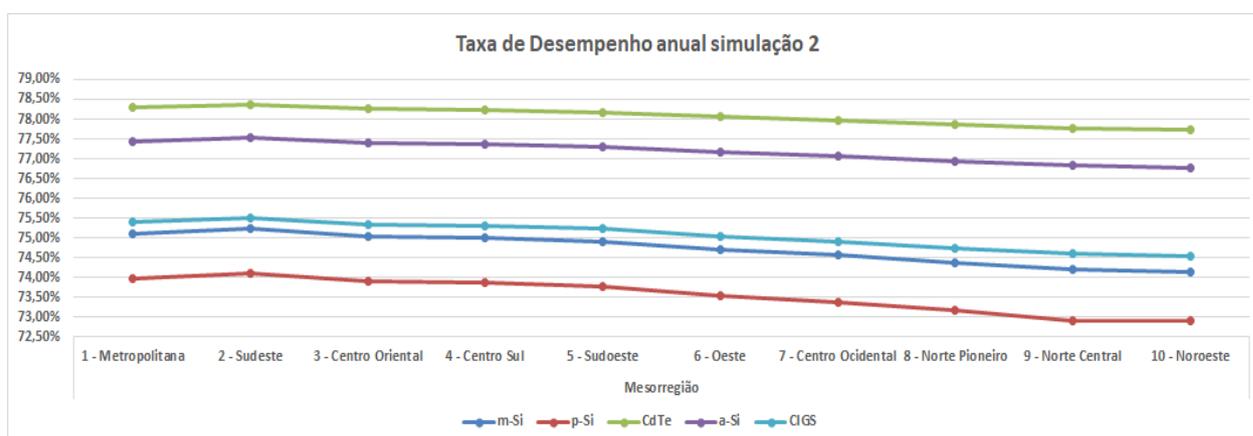


Gráfico 3.2 - Taxa de Desempenho anual simulação 2
Fonte: Autoria Própria (2017)

Na simulação 2, foram encontrados os mesmos valores de temperatura média da simulação 1. Analisando-se as taxas de desempenho para a tecnologia de silício policristalino obtidas nesta simulação, chega-se aos seguintes resultados:

- Menor valor de taxa de desempenho anual: 72,49 % na cidade de Jardim Olinda, na mesorregião Noroeste;
- Maior valor de taxa de desempenho anual: 74,27 % na cidade de Campo Magro, na mesorregião Metropolitana;
- Média de taxa de desempenho anual do Paraná: 73,40 %.

Como pode-se observar no Gráfico 3.2, independentemente da tecnologia utilizada, os menores valores de TD são encontrados na mesorregião Noroeste com uma média de 75,21 % e os maiores valores de TD são encontrados na mesorregião Centro Oriental com uma média de 75,99 %.

3.9 RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A SIMULAÇÃO 3: AUMENTO DE TEMPERATURA NA CÉLULA EM INSTALAÇÃO SEM VENTILAÇÃO

Considerando a T_c em 43 °C a mais em relação à temperatura ambiente, para os painéis das diferentes tecnologias, os seguintes valores de TD foram apresentados em mesorregiões na Tabela 3.9 e no Gráfico 3.3, com base nas perdas médias apresentadas na Figura 3.1:

Tabela 3.9 - Taxa de Desempenho anual simulação 3
Fonte: Autoria Própria (2017)

Taxa de Desempenho anual simulação 3					
Mesorregião	m-Si	p-Si	CdTe	a-Si	CIGS
1 - Metropolitana	69.60%	67.81%	74.97%	73.61%	70.41%
2 - Sudeste	69.72%	67.95%	75.04%	73.69%	70.52%
3 - Centro Oriental	69.54%	67.74%	74.93%	73.56%	70.35%
4 - Centro Sul	69.51%	67.70%	74.91%	73.54%	70.32%
5 - Sudoeste	69.42%	67.60%	74.85%	73.48%	70.24%
6 - Oeste	69.22%	67.38%	74.73%	73.34%	70.06%
7 - Centro Ocidental	69.06%	67.21%	74.64%	73.23%	69.92%
8 - Norte Pioneiro	68.88%	67.00%	74.52%	73.10%	69.75%
9 - Norte Central	68.72%	66.82%	74.43%	72.99%	69.61%
10 - Noroeste	68.64%	66.74%	74.38%	72.94%	69.54%

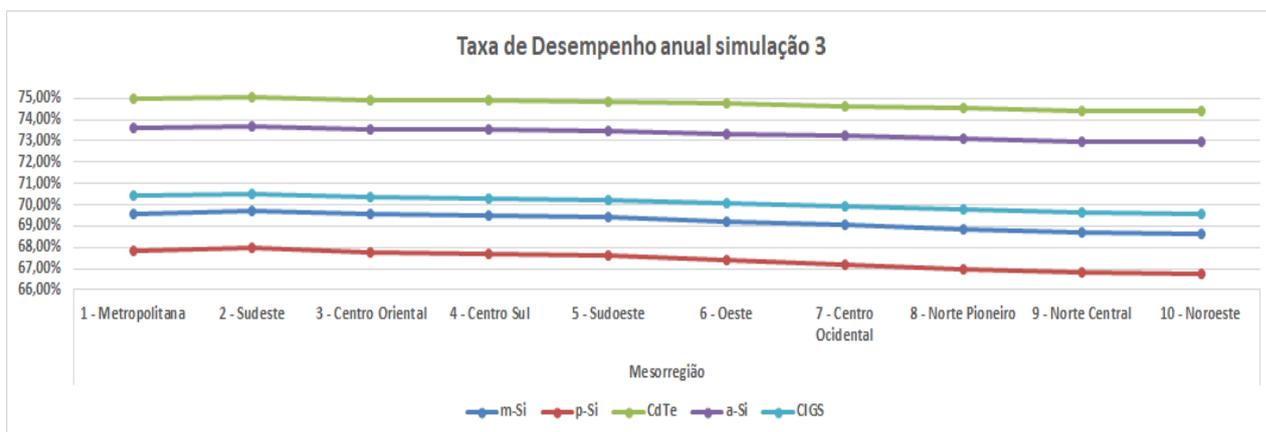


Gráfico 3.3 - Taxa de Desempenho anual simulação 3
Fonte: Autoria Própria (2017)

Para a simulação 3 com a tecnologia de silício policristalino, foram encontrados os mesmos valores de temperatura média da simulação 1 e os seguintes valores de taxa de desempenho:

- Menor valor de taxa de desempenho anual: 66,33 % na cidade de Jardim Olinda, na mesorregião Noroeste;
- Maior valor de taxa de desempenho anual: 68,11 % na cidade de Campo Magro, na mesorregião Metropolitana;
- Média de taxa de desempenho anual do Paraná: 67,24 %.

Ao se observar o Gráfico 3.3, pode-se verificar que os menores valores de TD são encontrados na mesorregião Noroeste, independentemente da tecnologia utilizada, com uma média de 70,45 %. Já os maiores valores de TD são encontrados na mesorregião Sudeste, independentemente da tecnologia utilizada, com uma média de 71,38 %.

Para melhor exemplificar os resultados obtidos nas três simulações mostradas no Capítulo 3, foi criado o mapa das taxas de desempenho obtidas em relação a temperatura média ambiente, dividido de acordo com as mesorregiões do Estado do Paraná, que pode ser visto na Figura 3.5.

A relação dos municípios paranaenses segundo mesorregiões foram obtidas através do IPARDES (2012), o qual mostra a lista de municípios pertencentes a cada uma das 10 mesorregiões do Estado.

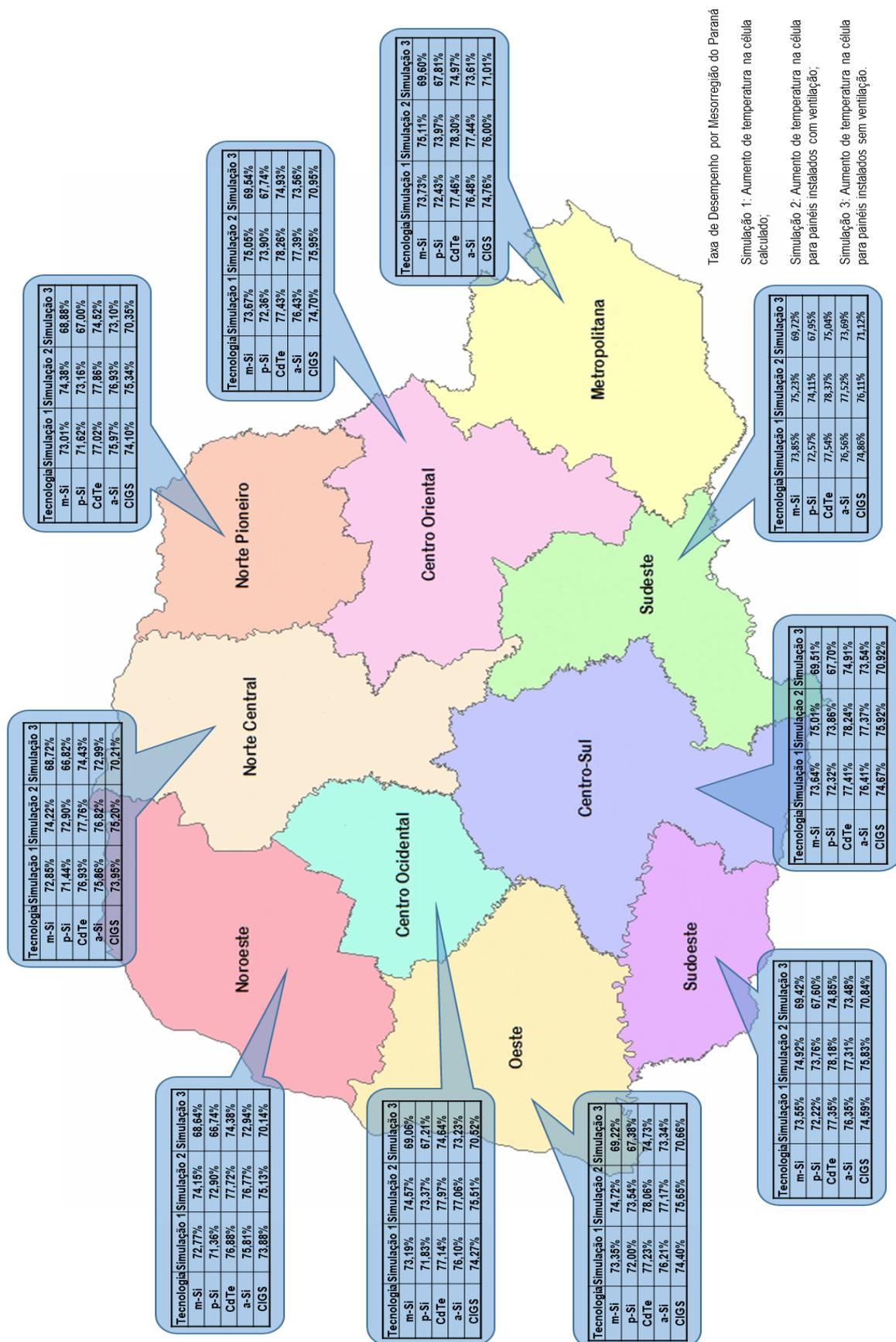


Figura 3.5 - Mapa das taxas de desempenho obtidas em relação a temperatura média ambiente por mesorregião do Paraná
 Fonte: Autoria Própria (2017)

4 ANÁLISE E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESEMPENHO DO SFVCR.

No Capítulo 3 foi mostrado como a temperatura afeta o desempenho fotovoltaico e foi apresentado a descrição dos passos que levaram à determinação do desempenho de SFVCR para diferentes tecnologias em função da temperatura ambiente média no Estado do Paraná. Foram determinados também os valores de irradiação e de temperatura nos 399 municípios do estado (APÊNDICE A).

Neste capítulo, realiza-se análises comparativas dos resultados das taxas de desempenho teóricas obtidas por meio das três simulações do capítulo anterior, com as taxas de desempenho dos SFVCR instalados no Escritório Verde (EV) e no Campus NEOVILLE da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

4.1 COMPARAÇÃO DA TD ENCONTRADA COM A TD DO EV DA UTFPR

Para validação dos resultados obtidos a partir desse estudo, irá se considerar os dados obtidos no trabalho elaborado por TONIN (2017) no EV e no Campus NEOVILLE da UTFPR.

O SFVCR instalado no telhado do EV da UTFPR ocupa uma área de 15m² e tem uma potência instalada de 2,1 kWp. Ele é composto por 10 módulos KYOCERA de tecnologia de silício policristalino, modelo KD210GX-LP, ligados em série e um inversor monofásico em 220V com potência nominal de 2kW (PVPOWERED modelo PVP2000). Esse sistema está em operação ininterrupta desde 14 de dezembro de 2011. Os módulos estão instalados com inclinação de aproximadamente 15° e desvio azimutal em relação ao norte de 22° oeste e estão instalados sobre o telhado da edificação (pouca ventilação abaixo dos módulos), como pode ser visto na Figura 4.1 (URBANETZ et al., 2013).



Figura 4.1 - Painel FV e inversor do EV da UTFPR
Fonte: URBANETZ et al., 2013

A Tabela 4.1 mostra as porcentagens das taxas de desempenho mensais, anuais e seus respectivos valores médios para o SFVCR do EV em comparação os percentuais da taxa de desempenho da cidade de Curitiba, na mesorregião metropolitana, para a tecnologia de silício policristalino, obtidas através do primeiro método de simulação: Cálculo do aumento da temperatura da célula em relação a temperatura ambiente.

O comparativo entre as medições do SFVCR e os valores teóricos da TD analisa a diferença percentual entre a média das taxas aferidas no período com o valor calculado para o mesmo período.

Tabela 4.1 – Comparação entre TD calculada na simulação 1 e TD do EV

Fonte: A Autora; Adaptado de TONIN, 2017

Mês	Taxa de Desempenho (%)						Simulação 1	Δ Média EV / Simulação 1
	EV							
	2012	2013	2014	2015	2016	Média		
Janeiro	74,59	67,54	76,74	65,41	72,52	71,36	70,91	0,63%
Fevereiro	71,89	67,58	87,99	66,35	71,84	73,13	70,64	3,40%
Março	75,46	69,12	65,94	68,39	72,23	70,23	70,86	0,90%
Abril	74,32	65,74	73,01	68,59	70,94	70,52	72,02	2,13%
Maiο	70,52	67,57	71,15	69,22	72,38	70,17	74,06	5,55%
Junho	77,29	68,53	74,68	69,01	83,54	74,61	74,30	0,42%
Julho	78,62	67,64	79,77	59,08	74,52	71,93	74,63	3,76%
Agosto	63,40	65,88	65,47	61,13	72,78	65,73	74,20	12,88%
Setembro	68,11	75,84	62,20	66,91	76,98	70,01	73,73	5,32%
Outubro	66,13	75,92	62,57	74,43	73,51	70,51	73,04	3,59%
Novembro	66,24	70,93	64,72	62,66	76,09	68,13	72,13	5,87%
Dezembro	66,33	56,26	64,55	65,05	74,73	65,38	71,23	8,94%
Anual	71,33	68,21	70,73	66,27	74,34	70,18	72,65	3,53%

Ao analisar a Tabela 4.1, verifica-se que a taxa de desempenho anual calculada pelo método da simulação 1, esta coerente quando comparada com a média dos dados obtidos no SFVCR do EV da UTFPR ao longo dos anos 2012 até 2016, pois tem-se somente uma diferença de 3,53%.

A Tabela 4.2 exhibe as porcentagens das taxas de desempenho mensais e anuais para o SFVCR do EV em comparação as porcentagens das taxas de desempenho obtidas para a cidade de Curitiba (mesorregião metropolitana), considerando-se a tecnologia de silício policristalino, através do segundo método de simulação: Aumento da temperatura da célula em 29°C (Instalação dos painéis com ventilação).

Tabela 4.2 – Comparação entre TD da instalação com ventilação (Simulação 2) e TD do EV
Fonte: A Autora; TONIN, 2017

Mês	Taxa de Desempenho (%)							Simulação 2	Δ Média EV / Simulação 2
	EV								
	2012	2013	2014	2015	2016	Média			
Janeiro	74,59	67,54	76,74	65,41	72,52	71,36	72,45	1,53%	
Fevereiro	71,89	67,58	87,99	66,35	71,84	73,13	72,18	1,30%	
Março	75,46	69,12	65,94	68,39	72,23	70,23	72,4	3,09%	
Abril	74,32	65,74	73,01	68,59	70,94	70,52	73,56	4,31%	
Maiο	70,52	67,57	71,15	69,22	72,38	70,17	75,6	7,74%	
Junho	77,29	68,53	74,68	69,01	83,54	74,61	75,84	1,65%	
Julho	78,62	67,64	79,77	59,08	74,52	71,93	76,17	5,90%	
Agosto	63,40	65,88	65,47	61,13	72,78	65,73	75,74	15,23%	
Setembro	68,11	75,84	62,20	66,91	76,98	70,01	75,27	7,52%	
Outubro	66,13	75,92	62,57	74,43	73,51	70,51	74,58	5,77%	
Novembro	66,24	70,93	64,72	62,66	76,09	68,13	73,67	8,13%	
Dezembro	66,33	56,26	64,55	65,05	74,73	65,38	72,77	11,30%	
Anual	71,33	68,21	70,73	66,27	74,34	70,18	74,19	5,72%	

Ponderando-se a Tabela 4.2, comparação entre a simulação 2 (módulo bem ventilado) e o SFVCR do EV da UTFPR, teve-se a maior diferença em percentagem, de 5,72%, entre a TD anual simulada e a média dos anos do EV, se comparada entre as três simulações feitas neste presente estudo. Um dos motivos dessa diferença ter sido a maior entre as três simulações é de que a instalação no EV tem pouca ventilação natural dos módulos, pois eles estão instalados com pouca distância do telhado da edificação.

Por fim, a Tabela 4.3 apresenta as porcentagens das taxas de desempenho mensais e anuais para o SFVCR do EV em comparação as porcentagens das taxas de desempenho da cidade de Curitiba, na mesorregião metropolitana, para a tecnologia de silício policristalino, obtidas através do terceiro método de simulação: Aumento da temperatura da célula em 43°C (Instalação dos painéis sem ventilação).

Tabela 4.3 – Comparação entre TD da instalação sem ventilação (Simulação 3) e TD do EV

Fonte: A Autora; TONIN, 2017

Mês	Taxa de Desempenho (%)							Simulação 3	Δ Média EV / Simulação 3
	EV								
	2012	2013	2014	2015	2016	Média			
Janeiro	74,59	67,54	76,74	65,41	72,52	71,36	66,29	7,10%	
Fevereiro	71,89	67,58	87,99	66,35	71,84	73,13	66,02	9,72%	
Março	75,46	69,12	65,94	68,39	72,23	70,23	66,24	5,68%	
Abril	74,32	65,74	73,01	68,59	70,94	70,52	67,4	4,42%	
Maiο	70,52	67,57	71,15	69,22	72,38	70,17	69,44	1,04%	
Junho	77,29	68,53	74,68	69,01	83,54	74,61	69,68	6,61%	
Julho	78,62	67,64	79,77	59,08	74,52	71,93	70,01	2,66%	
Agosto	63,40	65,88	65,47	61,13	72,78	65,73	69,58	5,85%	
Setembro	68,11	75,84	62,20	66,91	76,98	70,01	69,11	1,28%	
Outubro	66,13	75,92	62,57	74,43	73,51	70,51	68,42	2,97%	
Novembro	66,24	70,93	64,72	62,66	76,09	68,13	67,51	0,91%	
Dezembro	66,33	56,26	64,55	65,05	74,73	65,38	66,61	1,88%	
Anual	71,33	68,21	70,73	66,27	74,34	70,18	68,03	3,06%	

Ao examinar a Tabela 4.3, verifica-se que a taxa de desempenho anual obtida pelo método da simulação 3 (módulo pouco ventilado), esta coerente, pois se comparada com a média dos dados obtidos no SFVCR do EV da UTFPR de 2012 até 2016, tem-se somente uma diferença de 3,06%.

O SFVCR instalado na sede NEOVILLE do campus Curitiba da UTFPR está em operação desde fevereiro de 2016. O sistema é constituído por 2 conjuntos de 17 módulos fotovoltaicos, modelo ELCO-A300P, ligados em série, totalizando 34 módulos de silício policristalino de 300 Wp cada, possuindo uma potência instalada de 10,2 kWp. Os conjuntos ocupam uma área de aproximadamente 68m², instalados sobre a cobertura da edificação, orientados para o norte geográfico e com inclinação igual à latitude de Curitiba (25°), o que faz os módulos terem uma boa ventilação, como pode ser visto na Figura 4.2. É utilizado um inversor (modelo CPS SCA 10KTL-DO) trifásico sem transformador em 380 V de alto rendimento, com eficiência de 98% (TONIN, 2017).

A Tabela 4.4 expõe as porcentagens da taxa de desempenho mensais e anual para o SFVCR do NEOVILLE em comparação as porcentagens da taxa de desempenho da cidade de Curitiba, da mesorregião metropolitana, obtidas através do segundo método de simulação: Aumento da temperatura da célula em 29°C (Instalação dos painéis com ventilação).

Tabela 4.4 – Comparação entre TD da instalação com ventilação (Simulação 2) e TD do NEOVILLE

Fonte: A Autora; TONIN, 2017

Mês	Taxa de Desempenho (%)		Δ NEOVILLE / Simulação 2
	NEOVILLE 2016	Simulação 2	
Janeiro	-	72,45	-
Fevereiro	-	72,18	-
Março	76,51	72,4	5,37%
Abril	83,54	73,56	11,95%
Maió	88,72	75,6	14,79%
Junho	100,44**	75,84	24,49%
Julho	88,79	76,17	14,21%
Agosto	61,93	75,74	22,30%
Setembro	75,91	75,27	0,84%
Outubro	74,26	74,58	0,43%
Novembro	76,02	73,67	3,09%
Dezembro	72,85	72,77	0,11%
Anual*	79,90	74,19	7,15%

*Média realizada dos meses de março a dezembro.

** Possivelmente, haviam nuvens próximas a região onde está instalado o piranômetro do INMET em Curitiba, reduzindo assim, a irradiância medida. Ao passo, que tais nuvens não estavam interferindo o SFVCR NEOVILLE, e dessa forma, o cálculo da taxa de desempenho superou o valor de 100%. Evidencia-se a limitação do método para alguns meses, porém o valor anual está dentro do esperado (TONIN, 2017).



Figura 4.2 - Paineis FV e inversor do NEOVILLE da UTFPR
Fonte: TONIN, 2017

Ao analisar a Tabela 4.4, verifica-se que a taxa de desempenho anual obtida pelo método da simulação 2 (módulo bem ventilado), esta coerente, pois se comparada com os dados obtidos no SFVCR do NEOVILLE da UTFPR, tem-se somente uma diferença de 7,15%.

Após as validações dos dados vistas nesse capítulo, comparando-se dados reais, coletados em campo, de TD para SFVCR de tecnologia de silício policristalino, pode-se concluir que os dados das simulações 1, 2 e 3 possuem uma boa precisão e podem ser considerados válidos a fim de se realizar projeções.

Para as demais tecnologias (Silício monocristalino; Telureto de cádmio; Silício amorfo e Disseleneto de cobre índio gálio) não se pode validar os dados, porque não se teve acesso a dados de SFVCR com essas tecnologias, porém pode-se supor que são válidos também, porque foram obtidos nas mesmas formas de simulação que para a tecnologia de silício policristalino.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Cada vez mais se percebe a necessidade do desenvolvimento sustentável, da utilização de fontes renováveis de energia e da diversificação da matriz elétrica para diminuir os impactos socioambientais. A energia solar, por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR), é um bom exemplo de fonte de energia limpa e renovável que não agride ao meio ambiente. Estudos mostram que o Paraná, tem um grande potencial de irradiação solar, sendo perfeito para gerar energia elétrica através do sol. A maior parte da geração elétrica paranaense é originada de hidroelétricas, devido à grande bacia hidrográfica existente no Estado. Entretanto, a ampliação da utilização desta fonte causa dos impactos ambientais, sociais e econômicos ocasionados pelo represamento de rios para formar grandes reservatórios de água e conseqüentemente inundação de áreas.

Este trabalho de conclusão de curso apresentou, seguindo a necessidade de se utilizar cada vez mais SFVCR, a estimativa do desempenho de um SFVCR nas diferentes regiões do Estado do Paraná, para diferentes tecnologias, considerando os valores de irradiação e também de temperatura média encontrados em todo o estado.

Realizou-se um embasamento teórico acerca da energia solar fotovoltaica, os SFVCR e o potencial fotovoltaico do Paraná, expondo-se seus conceitos, classificações, divisões e normas.

Obteve-se os valores de temperatura média mensal e anual dos 399 municípios do Estado do Paraná (APÊNDICE A). Através destes dados, pode-se observar que os menores valores encontram-se no leste do Estado, nas mesorregiões Metropolitana, Sudeste e Centro Oriental do Paraná. Os maiores valores encontram-se nas mesorregiões Noroeste e Norte Central do Estado.

Analisou-se o fenômeno das perdas de potência ativa de um painel fotovoltaico em relação ao aumento da temperatura ambiente por meio de três frentes de simulações: Primeira simulação através dos cálculos teóricos de T_c e da máxima potência P_{mp} , segunda e terceira simulação através da premissa do aumento de 29 °C e 43 °C da T_c em relação a T_a , dependendo do tipo de instalação feita do painel fotovoltaico.

Estimou-se a taxa de desempenho, expondo-se os diferentes tipos de tecnologias de painéis fotovoltaicos e a influência da temperatura na potência

entregue pelos mesmos, através de manipulação de dados por meio de três simulações feitas em uma tabela excel. A partir dessas simulações, pode-se verificar que as maiores taxas de desempenho no Estado, independentemente da tecnologia do módulo usada no SFVCR, encontram-se na mesorregião Sudeste e as menores taxas de desempenho na mesorregião Noroeste.

Os resultados desta pesquisa mostraram que os SFVCR com as tecnologias de filmes finos são os que apresentam as maiores taxas de desempenho, sendo a tecnologia de telureto de cádmio (CdTe) a com os maiores valores de taxa de desempenho. Já a tecnologia de silício policristalino (p-Si) apresentou os menores valores de taxa de desempenho.

Desenvolveu-se um mapa da variação do desempenho de SFVCR de acordo com a temperatura média ambiente, dependendo da tecnologia utilizada, dividido em mesorregiões do Estado do Paraná. A partir desse gráfico, pode-se notar as taxas de desempenho dos SFVCR, escolhendo-se a simulação e a tecnologia a ser observada.

Validou-se os resultados obtidos das três simulações através dos dados das taxas de desempenho do SFVCR do EV e do Campus NEOVILLE da UTFPR, comparando esses dados com as taxas de desempenho encontradas para a cidade de Curitiba, que pertence a mesorregião metropolitana do Paraná, assim obtendo a confirmação que os resultados encontrados nas simulações podem ser considerados para projeções.

O objetivo geral e os objetivos específicos propostos no Capítulo 1 foram alcançados, mesmo com as dificuldades encontradas para a obtenção do conhecimento de como poderia se trabalhar para achar a influência da temperatura no desempenho de SFVCR, o que foi contornado, encontrando-se as três formas de simulações para observar essa influência nos painéis fotovoltaicos.

Para trabalhos futuros sugere-se fazer o levantamento de dados práticos para SFVCR de tecnologias diferentes da de silício policristalino: Silício monocristalino; Telureto de cádmio; Silício amorfo e Disseleneto de cobre índio gálio, para validação dos resultados das simulações deste presente estudo. Também recomenda-se elaborar mapas mensais da taxa de desempenho no Estado do Paraná.

REFERÊNCIAS

- ABNT. “**NBR 11704 - Sistemas Fotovoltaicos - Classificação**”. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira, 2008.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Atlas de energia elétrica do Brasil**”, Brasília, 3ª Edição, ISBN: 978-85-87491-10-7, 2008. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acessado em setembro 2016.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Geração Distribuída**”, 2016. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false> Acesso em: Março, 2017.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Resolução Normativa ANEEL n. 687/2015**”, 2015. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em: Abril, 2017.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Resolução Normativa ANEEL n. 687/2015**”, 2015. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em: Abril, 2017.
- ARAÚJO, A. J. N.; BUENO, T. B. A.; RANK, N. I. “**Análise dos Fatores de Perdas nos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica em Curitiba**”. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.
- REIS, R. J. dos; TIBA, Chigueru (Org). “**Atlas Solarimétrico de Minas Gerais - Volume II**”. Editora Futura Express. Belo Horizonte, 2016.
- BENEDITO, R. S. “**Caracterização da Geração Distribuída de Eletricidade por Meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulatório**”. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2009.
- BIPVco, “**Flextron F13F115B1 Datasheet**”, 2017. Disponível em <<http://www.bipvco.com/products/>> Acessado em: Agosto, 2017.

BP. “**Destaques do Relatório Estatístico BP 2015**”, 2015. Disponível em < http://www.bp.com/pt_br/brazil/sala-de-imprensa/relatorio-estatistico-2015.html> Acesso em: Janeiro, 2017.

Canadian Solar, “**SUPERPOWER CS6K- 300 MS Datasheet**”, 2017. Disponível em < <https://www.canadiansolar.com/downloads/>> Acessado em: Agosto, 2017.

CONCEIÇÃO, L. A. da. “**Proposta de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para Eficientização do Uso da Energia Elétrica no CT/UFRJ**”, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003882.pdf> > Acesso em: Março, 2017.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. “**Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**”, 2014. Disponível em < http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf > Acesso em: Janeiro, 2017.

COSOL. “**Imagem sombreamento em painéis fotovoltaicos**”. Disponível em < <https://www.cosol.com.br/energia-solar/> > Acesso em: Agosto, 2017.

DGS - German Solar Energy Society. **Planning and Installing Photovoltaic Systems**. 2013.

EcoSolys, “**Inversor Ecos 2000 Datasheet**”, 2017. Disponível em < <http://ecosolys.com.br/ecos-2000/>> Acessado em: Agosto, 2017.

ENF Solar. “**Datasheet dos painéis fotovoltaicos**”, 2017. Disponível em < <https://www.enfsolar.com/directory/panel> > Acesso em: Agosto, 2017

Eterbright, “**CdF-1000A1 Series Datasheet**”, 2017. Disponível em < http://www.eterbright.tw/products/products.aspx?p_type=CdF-1000A1> Acessado em: Agosto, 2017.

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. “**Relação dos municípios paranaenses segundo meso e microrregiões**”, 2012. Disponível em < http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=25> Acesso em: Novembro, 2017.

First Solar, “**First Solar® FS Series 3™ PV Module Datasheet**”, 2017. Disponível em <<http://www.firstsolar.com/en/Modules/Series-4>> Acessado em: Agosto, 2017.

Fronius, “**Inversor Fronius Galvo 2.0-1 Datasheet**”, 2017. Disponível em <https://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-882812A2-8C8824C4/fronius_brasil/hs.xsl/7552_9355.htm#.WdwUojCDM2w> Acessado em: Agosto, 2017.

JS Solar, “**JS 240W-270W Datasheet**”, 2017. Disponível em <<http://www.jssolar.com/en/product.php>> Acessado em: Agosto, 2017.

IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná. “**Cartas Climáticas do Paraná: Temperatura Média Anual**”, 2016. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=604>>. Acessado em setembro 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “**Dados geográficos dos municípios do Paraná**”, 2009. Disponível em <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. “**O que é Geração Distribuída**”, 2017. Disponível em <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp?Cat=gd> Acesso em: Março, 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. “**Base de dados de temperatura média dos municípios do Paraná**”, 2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>.

IKKI, O.; KUROKAWA, K. “**The Japanese Experiences with National PV System Programmes**”, Solar Energy. Vol 70. No 6. 2001.

GREEN, M. A.; RAFFAELLE, R. P.; BRUTON, T. M.; CONIBEER, G. “**Achievements and challenges of solar electricity from photovoltaics**”, In Handbook of Photovoltaic Science and Engineering [LUQUE, A., HEGEDUS, S. (eds)], 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011, p. 1-38.

Kyocera Solar, “**KK270P 3CD8CG Datasheet**”, 2017. Disponível em <<http://www.kyocerasolar.com.br/modulos-solares.html>> Acessado em: Agosto, 2017.

MIRANDA, A. B. C. N. “**Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**”, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010504.pdf>> Acesso em: Maio, 2017.

MME, Ministério de Minas e Energias. “**Balanco Energético Nacional 2016: ano base 2015**”, 2016a. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acessado em setembro 2016.

MME, Ministério de Minas e Energias. “**Energia Solar Brasil e Mundo: ano de referência 2015**”, 2016b. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/>>. Acessado em abril 2017.

MME, Ministério de Minas e Energias. “**Balanco Energético Nacional 2017: ano base 2016**”, 2017. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2017&anoFimColeta=2016>>. Acessado em novembro 2017.

MONTICELLI, A. J.; GARCIA, A. **Introdução a Sistemas de Energia Elétrica**. 1. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

ONU, Organização das Nações Unidas. “**Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**”, 2015a. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>> Acesso em: Fevereiro, 2016.

ONU, Organização das Nações Unidas. “**Adoption of the Paris Agreement**”, 2015b. Disponível em <<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>>. Acessado em Setembro 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA - ONS. “**Mapa do Sistema Interligado Nacional**”, 2015. Disponível em <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/pop/pop_sistema_transmissao.aspx> Acesso em: Janeiro, 2017.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RUTHER, R. “**Atlas Brasileiro de Energia Solar**”, São José dos Campos, 1ª Edição, 2006.

RAMPINELLI G.; KRENZINGER A.; ROMERO F. “**Descrição e Análise de Inversores Utilizados em Sistemas Fotovoltaicos**”, Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.15, nº 1, Jan/Jun 2013.

REN21, “**Renewables 2017 – Global Status Report**”, 2017. Disponível em < <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/> > Acessado em: Agosto, 2017.

Solar World, “**Sunmodule Plus SW 300 mono Datasheet**”, 2017. Disponível em < <https://www.solarworld-usa.com/products/sunmodule-solar-panels> > Acessado em: Agosto, 2017.

TIEPOLO, G.; URBANETZ, J.; CANGIOLIERI, O. “**Inserção da Energia Fotovoltaica na Matriz Elétrica do Estado do Paraná: Análise do Potencial Produtivo**”, Revista SODEBRAS, Volume 8, nº 87, Edição Março, ISSN 1809-3957, 2013.

TIEPOLO, G. M.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, E. B.; PEREIRA, S. V.; ALVES, A. R. “**Comparação do potencial fotovoltaico do Estado do Paraná com Outros Estados e Europa – Resultados Parciais**”. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar. Belo Horizonte, 2016.

TIEPOLO, G. “**Estudo do Potencial de Geração de Energia Elétrica Através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede no Estado do Paraná**”. Tese de doutorado – Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2015.

TONIN, Fabianna Stumpf. “**Caracterização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, na cidade de Curitiba**”. 2017. 131 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Energia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Trina Solar, “**Modulo Honey Datasheet**”, 2017. Disponível em < <http://www.trinasolar.com:81/fr/product> > Acessado em: Agosto, 2017.

URBANETZ, J. “**Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos**

parâmetros que possam afetar a conectividade", Tese de doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, 2010.

URBANETZ JR, J.; TIEPOLO, G. M.; FUSANO, R. H.; CASAGRANDE JR, E.F.; CANCEGLIERI JR, O. "**Análise do desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica do escritório verde da UTFPR**". Revista SODEBRAS, Volume 8, N° 88, abril 2013.

URBANETZ JR, J.; CASAGRANDE JR, E.; TIEPOLO, G. M. "**Acompanhamento do desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica do escritório verde da UTFPR**". IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2014.

Vorks Energy, "**VNP-TF Datasheet**", 2017. Disponível em <<http://www.vorks.com/pv.htm>> Acessado em: Agosto, 2017.

Yingli Solar, "**Panda TL300C 30b Datasheet**", 2017. Disponível em <<http://www.yinglisolar.com/br/products/solar-modules/>> Acessado em: Agosto, 2017.

ZILLES, R.; MACÊDO, W.; GALHARDO, M.; OLIVEIRA, S. "**Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**". Oficina de Ideias. São Paulo, 2012.

APÊNDICE A - Valores de Irradiação Total (H_{TOT}) e de Temperatura média anual nos 399 Municípios do Estado do Paraná

Tabela AP1 - Valores de Irradiação Total (H_{TOT}) e de Temperatura média anual nos 399 Municípios do Estado do Paraná (Continua)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Abatiá	2.084	22,433
Adrianópolis	1.798	20,604
Agudos do Sul	1.813	20,639
Almirante Tamandaré	1.840	19,756
Altamira do Paraná	2.034	21,130
Alto Paraíso	2.057	22,330
Alto Paraná	2.084	23,313
Alto Piquiri	2.053	21,871
Altônia	2.044	22,016
Alvorada do Sul	2.094	23,392
Amaporã	2.071	23,090
Ampére	2.030	20,907
Anahy	2.039	21,373
Andirá	2.097	22,761
Ângulo	2.076	23,311
Antonina	1.726	20,746
Antônio Olinto	1.812	20,122
Apucarana	2.066	22,520
Arapongas	2.076	22,790
Arapoti	2.029	21,190
Arapuã	2.053	21,332
Araruna	2.062	22,069
Araucária	1.838	20,045
Ariranha do Ivaí	2.053	21,211
Assaí	2.071	22,553
Assis Chateaubriand	2.046	21,612
Astorga	2.082	23,190
Atalaia	2.082	23,337
Balsa Nova	1.868	19,796
Bandeirantes	2.091	22,636
Barbosa Ferraz	2.055	21,811
Barra do Jacaré	2.094	22,614
Barracão	2.014	20,902
Bela Vista da Caroba	2.032	20,968
Bela Vista do Paraíso	2.103	23,182
Bituruna	1.896	20,151
Boa Esperança	2.052	21,685
Boa Esperança do Iguaçu	2.031	20,896

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Boa Ventura de São Roque	2.018	20,726
Boa Vista da Aparecida	2.024	21,014
Bocaiúva do Sul	1.801	20,394
Bom Jesus do Sul	2.020	20,914
Bom Suceáo do Sul	2.035	20,657
Bom Sucesso	2.054	22,517
Borrazópolis	2.063	21,891
Braganey	2.036	21,275
Brasilândia do Sul	2.053	21,825
Cafeara	2.093	23,527
Cafelândia	2.040	21,401
Cafezal do Sul	2.055	22,065
Califórnia	2.065	22,394
Cambará	2.097	22,746
Cambé	2.097	23,051
Cambira	2.062	22,538
Campina da Lagoa	2.036	21,308
Campina do Simão	2.023	20,669
Campina Grande do Sul	1.753	20,557
Campo Bonito	2.034	21,183
Campo do Tenente	1.824	20,302
Campo Largo	1.837	19,721
Campo Magro	1.835	19,704
Campo Mourão	2.055	21,794
Cândido de Abreu	2.019	20,754
Candói	2.026	20,520
Cantagalo	2.030	20,655
Capanema	2.020	21,072
Capitão Leônidas Marques	2.021	21,048
Carambeí	1.951	19,836
Carlópolis	2.082	22,103
Cascavel	2.031	21,197
Castro	1.901	19,925
Catanduvas	2.028	21,007
Centenário do Sul	2.094	23,482
Cerro Azul	1.836	20,071
Céu Azul	2.019	21,183
Chopinzinho	2.035	20,558
Cianorte	2.060	22,383
Cidade Gaúcha	2.074	22,826

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Clevelândia	2.026	20,391
Colombo	1.828	19,938
Colorado	2.090	23,540
Congonhinhas	2.053	22,013
Conselheiro Mairinck	2.068	22,020
Contenda	1.840	20,170
Corbélia	2.038	21,345
Cornélio Procópio	2.086	22,681
Coronel Domingos Soares	1.979	20,246
Coronel Vivida	2.037	20,540
Corumbataí do Sul	2.052	21,730
Cruz Machado	1.864	20,129
Cruzeiro do Iguaçu	2.027	20,872
Cruzeiro do Oeste	2.070	22,298
Cruzeiro do Sul	2.088	23,398
Cruzmaltina	2.062	21,730
Curitiba	1.829	19,895
Curiúva	2.017	21,366
Diamante do Norte	2.100	23,553
Diamante do Sul	2.035	21,012
Diamante D'Oeste	2.030	21,367
Dois Vizinhos	2.031	20,810
Douradina	2.068	22,763
Doutor Camargo	2.048	22,806
Doutor Ulysses	1.872	20,286
Enéas Marques	2.035	20,798
Engenheiro Beltrão	2.053	22,482
Entre Rios do Oeste	1.981	21,514
Esperança Nova	2.059	22,175
Espigão Alto do Iguaçu	2.027	20,873
Farol	2.061	21,807
Faxinal	2.054	21,680
Fazenda Rio Grande	1.828	20,259
Fênix	2.057	22,130
Fernandes Pinheiro	1.870	19,955
Figueira	2.023	21,674
Flor da Serra do Sul	2.014	20,812
Floraí	2.066	23,141
Floresta	2.054	22,734
Florestópolis	2.099	23,419

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Flórida	2.083	23,356
Formosa do Oeste	2.047	21,716
Foz do Iguaçu	1.956	21,291
Foz do Jordão	2.034	20,466
Francisco Alves	2.044	21,885
Francisco Beltrão	2.031	20,753
General Carneiro	1.860	19,966
Godoy Moreira	2.056	21,676
Goioerê	2.053	21,844
Goioxim	2.034	20,733
Grandes Rios	2.058	21,510
Guaíra	2.016	21,837
Guairaçá	2.082	23,329
Guamiranga	1.922	20,180
Guapirama	2.077	22,144
Guaporema	2.068	22,949
Guaraci	2.097	23,391
Guaraniaçu	2.030	21,018
Guarapuava	1.963	20,374
Guaraqueçaba	1.703	21,241
Guaratuba	1.694	21,035
Honório Serpa	2.031	20,446
Ibaiti	2.041	21,729
Ibema	2.030	21,019
Ibiporã	2.083	22,845
Icaraíma	2.064	22,584
Iguaraçu	2.075	23,280
Iguatu	2.039	21,337
Imbaú	2.011	20,786
Imbituva	1.916	20,052
Inácio Martins	1.884	20,160
Inajá	2.094	23,620
Indianópolis	2.061	22,780
Ipiranga	1.956	20,117
Iporã	2.048	21,914
Iracema do Oeste	2.043	21,580
Irati	1.877	20,078
Iretama	2.049	21,410
Itaguajé	2.087	23,681
Itaipulândia	2.040	21,359

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Itambaracá	2.103	22,902
Itambé	2.055	22,528
Itapejara d'Oeste	2.040	20,669
Itaperuçu	1.828	19,793
Itaúna do Sul	2.094	23,446
Ivaí	1.958	20,336
Ivaiporã	2.057	21,376
Ivaté	2.069	22,693
Ivatuba	2.051	22,741
Jaboti	2.059	21,805
Jacarezinho	2.095	22,478
Jaguapitã	2.104	23,286
Jaguariaíva	1.976	20,635
Jandaia do Sul	2.058	22,598
Janiópolis	2.060	21,859
Japira	2.053	21,838
Japurá	2.056	22,943
Jardim Alegre	2.057	21,529
Jardim Olinda	2.085	23,751
Jataizinho	2.079	22,770
Jesuítas	2.044	21,617
Joaquim Távora	2.087	22,169
Jundiá do Sul	2.072	22,181
Juranda	2.039	21,522
Jussara	2.054	22,608
Kaloré	2.060	22,055
Lapa	1.841	20,067
Laranjal	2.039	21,013
Laranjeiras do Sul	2.034	20,732
Leópolis	2.101	22,969
Lidianópolis	2.063	21,769
Lindoeste	2.018	21,141
Loanda	2.084	23,200
Lobato	2.086	23,431
Londrina	2.066	22,456
Luiziana	2.044	21,502
Lunardelli	2.059	21,764
Lupionópolis	2.087	23,555
Mallet	1.807	20,067
Mamborê	2.045	21,523

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Mandaguaçu	2.068	23,195
Mandaguari	2.064	22,861
Mandirituba	1.825	20,482
Manfrinópolis	2.022	20,838
Mangueirinha	2.028	20,413
Manoel Ribas	2.044	21,105
Marechal Cândido Rondon	1.989	21,593
Maria Helena	2.070	22,513
Marialva	2.057	22,799
Marilândia do Sul	2.062	22,140
Marilena	2.092	23,430
Mariluz	2.053	21,924
Maringá	2.064	23,115
Mariópolis	2.029	20,469
Maripá	2.042	21,641
Marmeleiro	2.016	20,715
Marquinho	2.041	20,836
Marumbi	2.058	22,248
Matelândia	2.018	21,185
Matinhos	1.687	21,361
Mato Rico	2.043	21,130
Mauá da Serra	2.058	21,804
Medianeira	2.026	21,272
Mercedes	2.040	21,671
Mirador	2.068	23,035
Miraselva	2.106	23,321
Missal	2.038	21,354
Moreira Sales	2.063	21,981
Morretes	1.720	20,777
Munhoz de Melo	2.087	23,306
Nossa Senhora das Graças	2.091	23,439
Nova Aliança do Ivaí	2.069	23,124
Nova América da Colina	2.078	22,563
Nova Aurora	2.042	21,540
Nova Cantu	2.039	21,242
Nova Esperança	2.077	23,247
Nova Esperança do Sudoeste	2.034	20,845
Nova Fátima	2.074	22,410
Nova Laranjeiras	2.035	20,894
Nova Londrina	2.091	23,408

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Nova Olímpia	2.077	22,714
Nova Prata do Iguaçu	2.026	20,956
Nova Santa Bárbara	2.064	22,132
Nova Santa Rosa	2.040	21,651
Nova Tebas	2.049	21,282
Novo Itacolomi	2.061	22,200
Ortigueira	2.037	21,469
Ourizona	2.054	22,936
Ouro Verde do Oeste	2.033	21,439
Paiçandu	2.055	22,984
Palmas	1.948	20,098
Palmeira	1.887	19,810
Palmital	2.040	20,995
Palotina	2.045	21,777
Paraíso do Norte	2.064	23,030
Paranacity	2.091	23,545
Paranaguá	1.710	21,476
Paranapoema	2.091	23,678
Paranavaí	2.082	23,386
Pato Bragado	1.935	21,560
Pato Branco	2.035	20,555
Paula Freitas	1.773	20,038
Paulo Frontin	1.772	20,052
Peabiru	2.055	22,079
Perobal	2.059	22,098
Pérola	2.057	22,127
Pérola d'Oeste	1.927	21,013
Piên	1.811	20,541
Pinhais	1.818	20,005
Pinhal de São Bento	2.028	20,895
Pinhalão	2.038	21,437
Pinhão	1.954	20,269
Piraí do Sul	1.971	20,308
Piraquara	1.800	20,200
Pitanga	2.038	21,003
Pitangueiras	2.095	23,152
Planaltina do Paraná	2.074	23,059
Planalto	2.026	21,016
Ponta Grossa	1.906	19,784
Pontal do Paraná	1.708	21,526

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Porecatu	2.088	23,511
Porto Amazonas	1.883	19,798
Porto Barreiro	2.031	20,616
Porto Rico	2.084	23,218
Porto Vitória	1.811	20,037
Prado Ferreira	2.107	23,270
Pranchita	1.952	20,986
Presidente Castelo Branco	2.074	23,237
Primeiro de Maio	2.106	23,282
Prudentópolis	1.944	20,384
Quarto Centenário	2.046	21,675
Quatiguá	2.076	21,960
Quatro Barras	1.775	20,362
Quatro Pontes	2.037	21,550
Quedas do Iguaçu	2.025	20,858
Querência do Norte	2.070	22,869
Quinta do Sol	2.057	22,274
Quitandinha	1.830	20,369
Ramilândia	2.029	21,316
Rancho Alegre	2.098	23,017
Rancho Alegre D'Oeste	2.047	21,688
Realeza	2.026	20,990
Rebouças	1.839	19,991
Renascença	2.026	20,658
Reserva	2.013	20,696
Reserva do Iguaçu	2.007	20,351
Ribeirão Claro	2.090	22,282
Ribeirão do Pinhal	2.071	22,278
Rio Azul	1.827	20,051
Rio Bom	2.063	22,168
Rio Bonito do Iguaçu	2.031	20,715
Rio Branco do Ivaí	2.055	21,209
Rio Branco do Sul	1.831	19,937
Rio Negro	1.808	20,409
Rolândia	2.091	23,002
Roncador	2.042	21,243
Rondon	2.066	22,749
Rosário do Ivaí	2.050	21,151
Sabáudia	2.082	23,060
Salgado Filho	2.022	20,868

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
Salto do Itararé	2.065	21,843
Salto do Lontra	2.033	20,876
Santa Amélia	2.084	22,548
Santa Cecília do Pavão	2.070	22,313
Santa Cruz de Monte Castelo	2.074	22,882
Santa Fé	2.087	23,360
Santa Helena	1.966	21,437
Santa Inês	2.091	23,616
Santa Isabel do Ivaí	2.076	22,922
Santa Izabel do Oeste	2.031	20,917
Santa Lúcia	2.023	21,078
Santa Maria do Oeste	2.034	20,807
Santa Mariana	2.098	22,821
Santa Mônica	2.075	22,960
Santa Tereza do Oeste	2.025	21,262
Santa Terezinha de Itaipu	2.027	21,278
Santana do Itararé	2.056	21,678
Santo Antônio da Platina	2.088	22,364
Santo Antônio do Caiuá	2.089	23,611
Santo Antônio do Paraíso	2.063	22,127
Santo Antônio do Sudoeste	2.000	20,954
Santo Inácio	2.090	23,581
São Carlos do Ivaí	2.058	23,016
São Jerônimo da Serra	2.047	21,962
São João	2.034	20,713
São João do Caiuá	2.092	23,511
São João do Ivaí	2.058	21,913
São João do Triunfo	1.850	19,935
São Jorge do Ivaí	2.055	22,922
São Jorge do Patrocínio	2.050	22,164
São Jorge d'Oeste	2.025	20,802
São José da Boa Vista	2.039	21,295
São José das Palmeiras	2.031	21,457
São José dos Pinhais	1.771	20,558
São Manoel do Paraná	2.059	22,947
São Mateus do Sul	1.795	20,038
São Miguel do Iguaçu	2.025	21,255
São Pedro do Iguaçu	2.028	21,358
São Pedro do Ivaí	2.057	22,198
São Pedro do Paraná	2.087	23,349
São Sebastião da Amoreira	2.074	22,427

(Continuação Tabela AP1)

Município	Irradiação Total (H_{TOT}) Anual Média em kWh/m².ano	Temperatura média anual em °C
São Tomé	2.056	22,811
Sapopema	2.031	21,708
Sarandi	2.060	22,935
Saudade do Iguaçu	2.035	20,670
Sengés	1.973	20,824
Serranópolis do Iguaçu	2.017	21,175
Sertaneja	2.106	23,147
Sertanópolis	2.097	23,027
Siqueira Campos	2.070	21,873
Sulina	2.036	20,698
Tamarana	2.050	21,900
Tamboara	2.071	23,183
Tapejara	2.068	22,511
Tapira	2.072	22,865
Teixeira Soares	1.911	19,896
Telêmaco Borba	2.007	21,053
Terra Boa	2.052	22,579
Terra Rica	2.091	23,503
Terra Roxa	2.041	21,834
Tibagi	1.985	20,247
Tijucas do Sul	1.777	20,770
Toledo	2.036	21,435
Tomazina	2.059	21,734
Três Barras do Paraná	2.026	20,941
Tunas do Paraná	1.815	20,465
Tuneiras do Oeste	2.065	22,135
Tupãssi	2.041	21,432
Turvo	2.005	20,617
Ubiratã	2.037	21,451
Umuarama	2.065	22,318
União da Vitória	1.809	20,057
Uniflor	2.086	23,354
Uraí	2.083	22,733
Ventania	2.016	21,042
Vera Cruz do Oeste	2.027	21,347
Verê	2.038	20,718
Virmond	2.027	20,643
Vitorino	2.028	20,605
Wenceslau Braz	2.051	21,466
Xambê	2.060	22,225

ANEXO A - Folha de dados (*datasheets*) dos painéis fotovoltaicos utilizados

Sunmodule Plus

SW 285-300 MONO



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

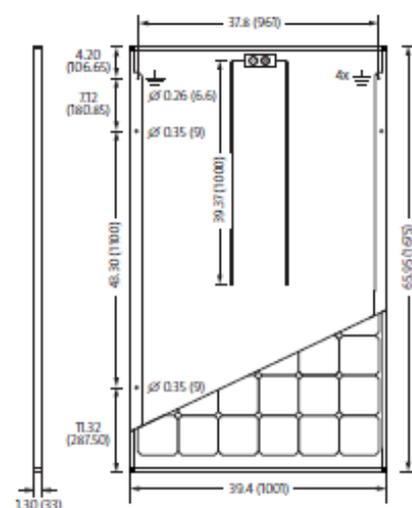
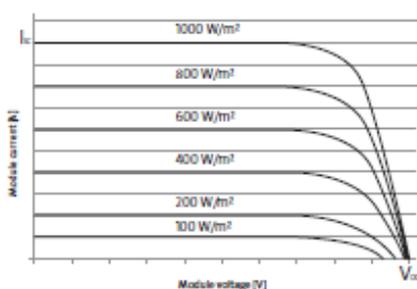
		SW 285	SW 290	SW 295	SW 300
Maximum power	P_{max}	285 Wp	290 Wp	295 Wp	300 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	39.7 V	39.9 V	40.0 V	40.1 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	31.3 V	31.4 V	31.5 V	31.6 V
Short circuit current	I_{sc}	9.84 A	9.97 A	10.10 A	10.23 A
Maximum power point current	I_{mpp}	9.20 A	9.33 A	9.45 A	9.57 A
Module efficiency	η_m	17.00 %	17.30 %	17.59 %	17.89 %

*STC: 1000 W/m², 25 °C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/M², NOCT, AM 1.5

		SW 285	SW 290	SW 295	SW 300
Maximum power	P_{max}	213.1 Wp	217.1 Wp	220.5 Wp	224.1 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	36.4 V	36.6 V	36.7 V	36.9 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	28.7 V	28.8 V	28.9 V	31.1 V
Short circuit current	I_{sc}	7.96 A	8.06 A	8.17 A	8.27 A
Maximum power point current	I_{mpp}	7.43 A	7.54 A	7.64 A	7.75 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25 °C: at 200 W/m², 100% of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.



All units provided are Imperial. SI units provided in parentheses.
SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60	Front	Low-iron tempered glass with ARC (EN 12150)
Cell type	Monocrystalline 5-busbar	Frame	Clear anodized aluminum
Cell dimensions	6.17 in x 6.17 in (156.75 x 156.75 mm)	Weight	39.7 lbs (18.0 kg)

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
$TC_{I_{sc}}$	0.04 % / °C
$TC_{V_{oc}}$	-0.30 % / °C
$TC_{P_{mpp}}$	-0.41 % / °C
Operating temp	-40 to +85 °C

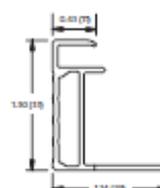
ADDITIONAL DATA

Power sorting	-0 Wp/+5 Wp
J-Box	IP65
Connector	PV wire per UL4703 with H4/LTX connectors
Module fire performance	(UL 1703) Type 1

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Maximum system voltage SC II / NEC	1000 V	
Maximum reverse current	25 A	
Number of bypass diodes	3	
Design loads*	Two rail system	113 psf downward, 64 psf upward
Design loads*	Three rail system	178 psf downward, 64 psf upward
Design loads*	Edge mounting	178 psf downward, 41 psf upward

*Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.



- Compatible with both "Top-Down" and "Bottom" mounting methods
- ⚡ Grounding Locations:
- 4 locations along the length of the module in the extended flange.

SW-01-7510US 161006

Figura AN1 - Datasheet 1 da tecnologia de silício monocristalino (m-Si)
Fonte: Solar World, 2017

PANDA 60 CELL SERIES 2

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)									
Module type	Y1000C-30b (xxx=P _{max})								
Power output	P _{max}	W	300	295	290	285	280	275	
Power output tolerances	ΔP _{max}	W	0 / +5						
Module efficiency	η _L	%	18.5	18.2	17.9	17.6	17.2	16.9	
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	32.7	32.4	32.0	31.6	31.3	30.9	
Current at P _{max}	I _{mp}	A	9.16	9.11	9.06	9.01	8.96	8.91	
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	40.1	39.9	39.6	39.4	39.1	38.8	
Short-circuit current	I _{sc}	A	9.66	9.62	9.58	9.54	9.50	9.47	

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 1.9% at 200W/m² according to EN 60904-3.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)								
Power output	P _{max}	W	220.8	217.2	213.5	209.8	206.1	202.4
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	30.3	29.9	29.6	29.2	28.9	28.5
Current at P _{max}	I _{mp}	A	7.30	7.26	7.22	7.18	7.14	7.10
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	37.2	37.0	36.7	36.5	36.3	36.0
Short-circuit current	I _{sc}	A	7.79	7.76	7.73	7.70	7.66	7.64

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P _{max}	γ	%/°C	-0.38
Temperature coefficient of V _{oc}	β _{oc}	%/°C	-0.30
Temperature coefficient of I _{sc}	α _{sc}	%/°C	0.04

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{oc}
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	white
Cell (quantity / material / dimensions / number of busbar)	60 / monocrystalline silicon / 156mm x 156mm / 3 or 4
Frame (material)	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	≥ IP65
Cable (length / cross-sectional area)	1000mm / 4mm ²
Plug connector (type / protection degree)	MC4 / IP67 or YTD8-1 / IP67 or Amphenol H4 / IP68

* Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.

* The data do not refer to a single module and they are not part of the offer, they only serve for comparison to different module types.

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000

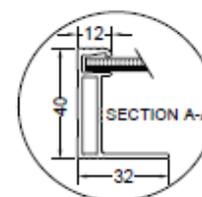
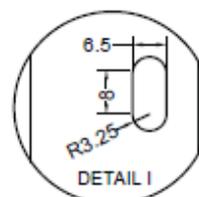
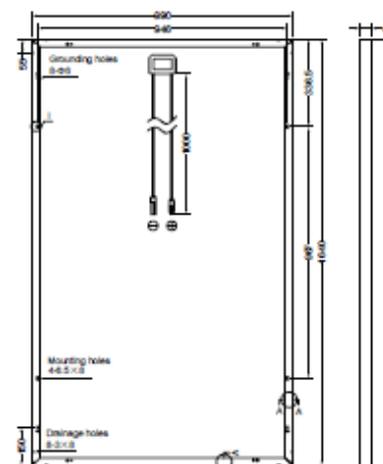
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	1640mm / 990mm / 40mm
Weight	18.5kg

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	26
Number of pallets per 40' container	28
Packaging box dimensions (L / W / H)	1700mm / 1160mm / 1165mm
Box weight	514kg

Unit: mm



Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing, and operating Yingli Solar modules.

Yingli Partners:

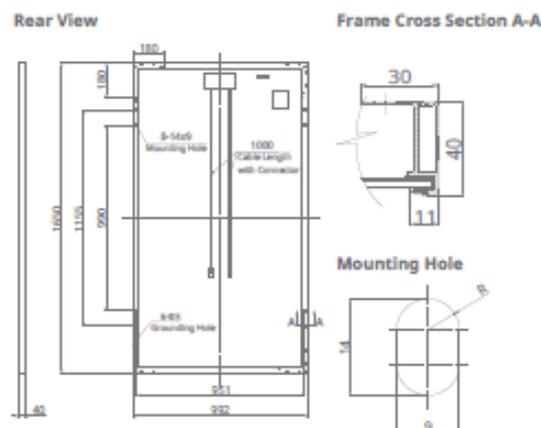
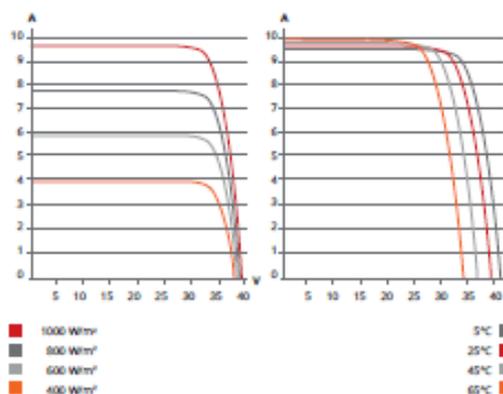
Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

service@yingli.com

Tel: +86-312-2188055

YINGLISOLAR.COM

Figura AN2 - Datasheet 2 da tecnologia de silício monocristalino (m-Si)
Fonte: Yingli Solar, 2017

ENGINEERING DRAWING (mm)**CS6K-295MS / I-V CURVES****ELECTRICAL DATA | STC***

CS6K	290MS	295MS	300MS	305MS
Nominal Max. Power (Pmax)	290 W	295 W	300 W	305 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	32.1 V	32.3 V	32.5 V	32.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.05 A	9.14 A	9.24 A	9.33 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39.3 V	39.5 V	39.7 V	39.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.67 A	9.75 A	9.83 A	9.91 A
Module Efficiency	17.72%	18.02%	18.33%	18.63%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of Irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C. Measurement uncertainty: ±3% (Pmax).

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm² (IEC), 12 AWG (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T4 series or MC4 series
Per Pallet	27 pieces, 538 kg (1186.1 lbs)
Per Container (40' HQ)	756 pieces

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6K	290MS	295MS	300MS	305MS
Nominal Max. Power (Pmax)	215 W	218 W	222 W	226 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	29.7 V	29.8 V	30.0 V	30.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.24 A	7.32 A	7.40 A	7.48 A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.8 V	37.0 V	37.2 V	37.4 V
Short Circuit Current (Isc)	7.81 A	7.87 A	7.93 A	8.00 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), Irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Excellent performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 97.5 % for irradiances between 200 W/m² and 1000 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The aforesaid datasheet only provides the general information on Canadian Solar products and, due to the on-going innovation and improvement, please always contact your local Canadian Solar sales representative for the updated information on specifications, key features and certification requirements of Canadian Solar products in your region.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.39 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42 ± 2 °C

PARTNER SECTION**CANADIAN SOLAR INC.**

c/o Canadian Solar Australia 1 Pty Ltd. Aug. 2017. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V5.551_AU

Figura AN3 - Datasheet 2 da tecnologia de silício monocristalino (m-Si)
Fonte: Canadian Solar, 2017

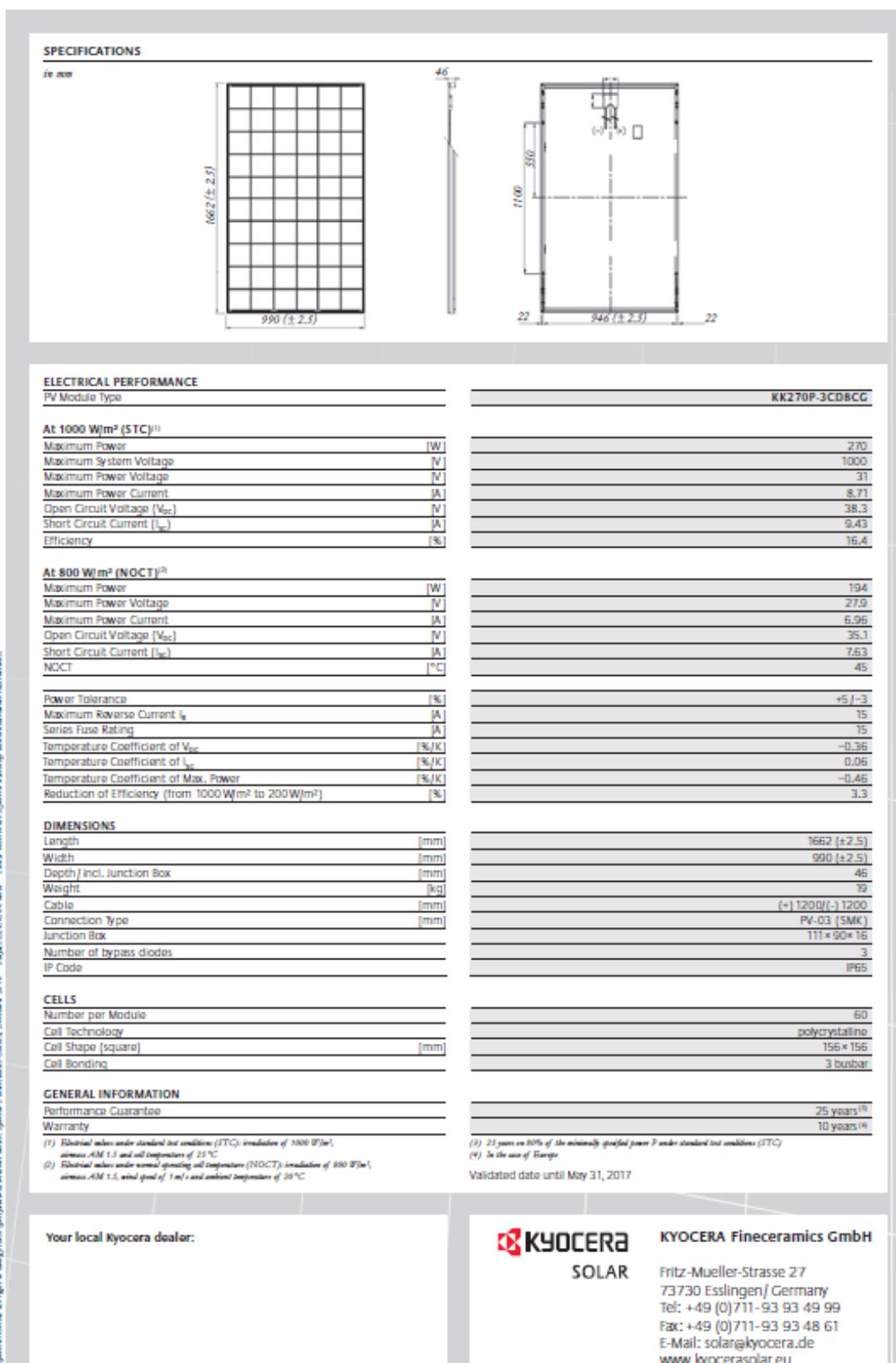


Figura AN4 - Datasheet 1 da tecnologia de silício policristalino (p-Si)
 Fonte: Kyocera Solar, 2017



JS SOLAR

6" poly
60 cells
JS 240W-270W

JS SOLAR

ELECTRIC CHARACTERISTICS (STC*)

TYPE	JS	240P	250P	255P	260P	265P	270P
Nominal Power(Pmax)	[W]	240	250	255	260	265	270
Voltage at Pmax(Vmp)	[V]	30,10	30,48	30,66	30,82	31,60	31,90
Current at Pmax(Imp)	[A]	7,96	8,24	8,31	8,39	8,40	8,49
Open Circuit Voltage(Voc)	[V]	36,60	36,80	36,90	37,00	37,10	37,90
Short Circuit Current(Isc)	[A]	8,70	8,85	8,93	9,00	9,10	9,27
Power Tolerance	[%]	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3
Maximum System Voltage	IEC EN:1000V / UL: 600V / UL:1000V						
Module Efficiency	[%]	14,75%	15,37%	15,62%	15,93%	16,90%	17,21%

STC* (Standard Test Conditions): Irradiance 1000w/m², Module Temperature 25°C, Air Mass 1,5
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/-3%

ELECTRICAL PERFORMANCE AT (NOCT)

TYPE	JS	240P	250P	255P	260P	265P	270P
Power Output (Pmax)	[W]	175	183	187	191	193	197
Voltage at Pmax(Vmp)	[V]	27,1	27,7	28,0	28,3	28,2	28,6
Current at Pmax(Imp)	[A]	6,46	6,62	6,70	6,78	6,82	6,86
Open Circuit Voltage(Voc)	[V]	34,5	34,8	34,9	35,1	35,5	35,6
Short Circuit Current(Isc)	[A]	6,93	7,04	7,10	7,15	7,26	7,27

NOCT: Irradiance 800w/m², Module Temperature 45±2°C, Wind Speed 1m/s
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/-3%

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

TYPE	JS240W-270W
NOCT*	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0,45%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0,32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0,06%/°C
Maximum Series Fuse Rating	15A
Operating Temperature	-40 to 85°C
Storage Temperature	-40 to 60°C

OPTIONS AVAILABLE

Transparent	Frameless
-------------	-----------

SPECIFICATIONS

Dimension A*B*C (mm)	1640*992*40
Weight(kg)	20
Glass Type and Thickness	3,2mm , tempered glass / AR coating glass
Cable Length (mm)	1000
Type of Connector	MC4 or compatible connectors

Figura AN6 - Datasheet 3 da tecnologia de silício policristalino (p-Si)

Fonte: JS Solar, 2017

ASP PRODUCTS INTRODUCTION

Guarantee	
Power Output	25 years power output guarantee for 90% of nominal output during first 10 years and 80% over 25 years.
materials and workmanship	10 years
Temperature Coefficients	
Pm=-0.214%/°C	Voc=-0.321%/°C Isc=0.060%/°C

Tested under STC:1000W/m²,AM1.5, 25°C

STANDARD THIN FILM MODULE

ASP-S1



Product Specification

Module Dimension	Weight
L1200*W600*D6.8mm	11.8kg

ASP-S1

Specification	ASP-S1-77	ASP-S1-80	ASP-S1-85
Nominal Power (Pm)	77W	80W	85W
Open Circuit Voltage (Voc)	117V	118.9V	120.5V
Short Circuit Current (Isc)	0.96A	0.95A	0.98A
Voltage at Max. Power(Vm)	91.6V	94.1V	96.6V
Current at Max. Power (Im)	0.85A	0.85A	0.88A

UV Certified: ASP-S1-75 ASP-S1-77 UL Certified: ASP-S1-80 ASP-S1-85

ASP-S2

ASP-S2



Specification	ASP-S2-80	ASP-S2-85
Nominal Power (Pm)	80W	85W
Open Circuit Voltage (Voc)	58.8V	60.2V
Short Circuit Current (Isc)	1.90A	1.97A
Voltage at Max. Power(Vm)	47.4V	48.3V
Current at Max. Power (Im)	1.68A	1.76A

UL Certified: ASP-S2-80 ASP-S2-85

ASP-S4



ASP-S4

Specification	ASP-S4-77
Nominal Power (Pm)	77W
Open Circuit Voltage (Voc)	28V
Short Circuit Current (Isc)	3.91A
Voltage at Max. Power(Vm)	21V
Current at Max. Power (Im)	3.66A

Tested under STC:1000W/m²,AM1.5, 25°C

www.advsolarpower.com 06

Figura AN7 - Datasheet 1 da tecnologia de telureto de cádmio (CdTe)
Fonte: ENF Solar, 2017

Electrical Specifications

MODEL NUMBERS AND RATINGS AT STC ¹ *						
Nominal Values		FS-377	FS-380	FS-382	FS-385	FS-387
Nominal Power(+/-5%)	$P_{MPP}(W)$	77.5	80.0	82.5	85.0	87.5
Voltage at P_{MAX}	$V_{MPP}(V)$	48.3	48.5	48.3	48.5	49.2
Current at P_{MAX}	$I_{MPP}(A)$	1.61	1.65	1.71	1.76	1.78
Open Circuit Voltage	$V_{OC}(V)$	60.7	60.8	60.8	61.0	61.7
Short Circuit Current	$I_{SC}(A)$	1.84	1.88	1.94	1.98	1.98
Maximum System Voltage	$V_{SYS}(V)$	1000 (600 UL ²)				
Temperature Coefficient of P_{MPP}	$T_k(P_{MPP})$	-0.25%/°C				
Temperature Coefficient of V_{OC} , high temp (>25°C)	$T_k(V_{OC, high temp})$	-0.27%/°C				
Temperature Coefficient of V_{OC} , low temp (-40°C to +25°C)	$T_k(V_{OC, low temp})$	-0.20%/°C				
Temperature Coefficient of I_{SC}	$T_k(I_{SC})$	+0.04%/°C				
Limiting Reverse Current	$I_R(A)$	3.5				
Maximum Series Fuse	$I_{CF}(A)$	3.5				

MODEL NUMBERS AND RATINGS AT 800W/m ² , NOCT ³ 45°C, AM 1.5 ⁴						
Nominal Values		FS-377	FS-380	FS-382	FS-385	FS-387
Nominal Power(+/-5%)	$P_{MPP}(W)$	58.1	60.0	61.9	63.8	65.6
Voltage at P_{MAX}	$V_{MPP}(V)$	45.3	45.5	45.3	45.5	46.2
Current at P_{MAX}	$I_{MPP}(A)$	1.29	1.32	1.37	1.41	1.42
Open Circuit Voltage	$V_{OC}(V)$	56.5	56.5	56.5	56.7	57.4
Short Circuit Current	$I_{SC}(A)$	1.51	1.54	1.59	1.62	1.62

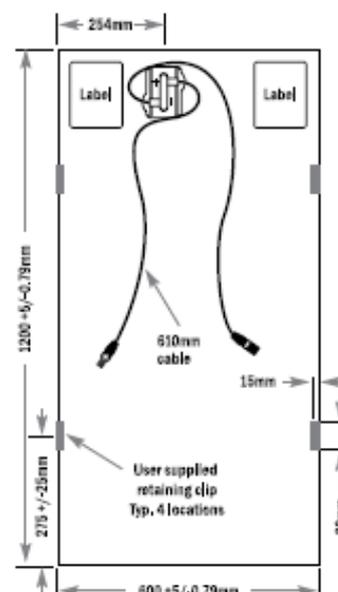
Reliability and Safety

Tested by leading international institutes and certified for reliability and safety.

- Certified to IEC 61646
- Certified to IEC 61730
- CE Marking
- Safety Class II @ 1000 V
- UL 1703 and ULC 1703 Listed (Class C Fire Rating)
- Eligible CSI PV Module
- FSEC Certification



Mechanical Drawing



*All ratings +/-10%, unless specified otherwise. Specifications are subject to change.

¹Standard Test Conditions (STC) 1000W/m², AM 1.5, 25°C

²Required to maintain UL compliance

³Nominal Operating Cell Temperature: Module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C air temperature, 1m/s wind speed.

About First Solar

First Solar is a leading manufacturer of photovoltaic (PV) solar modules, and a premier provider of solar solutions. By continually driving down manufacturing costs, First Solar is delivering an economically and environmentally viable alternative to peaking fossil-fuel generation. From raw material sourcing through end-of-life collection and recycling, First Solar is focused on creating value-driven renewable energy solutions that protect and enhance the environment.



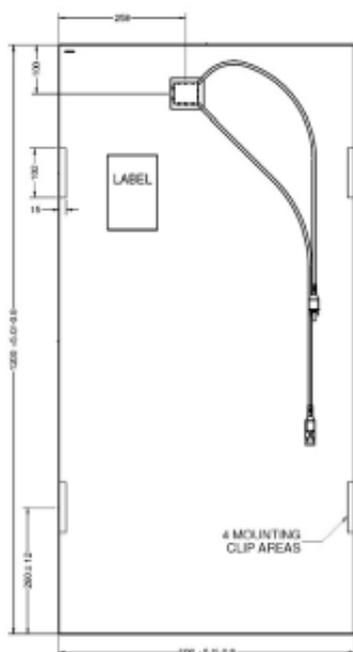
The First Solar logo, First Solar™, and all products denoted with * are registered trademarks, and those denoted with a ™ are trademarks of First Solar, Inc. FS Series 3 PV Module PD-3-401-03 NA AUG 2011 | © Copyright 2011, First Solar, Inc.

www.firstsolar.com

Figura AN8 - Datasheet 2 da tecnologia de telureto de cádmio (CdTe)
Fonte: First Solar, 2017

fact sheet

Physical Characteristics



Electrical Specifications†

Typical Performance at STC (1000 W/m² AM 1.5, 25°C)

Model Numbers		GE-CdTe78	GE-CdTe80	GE-CdTe83
Nominal Efficiency	(%)	10.8	11.1	11.5
Nominal Power (+/- 5%)	P _{mpp} (W)	77.5	80.0	82.5
Voltage at P _{max}	V _{mpp} (V)	72.4	73.5	75.0
Current at P _{max}	I _{mpp} (A)	1.07	1.09	1.10
Open Circuit Voltage	V _{oc} (V)	94.0	95.0	95.0
Short Circuit Current	I _{sc} (A)	1.23	1.24	1.25
Maximum System Voltage	V _{sys} (V)	600 (UL) / 1000 (IEC)		
Temp. Coefficient of P _{mpp}	T _k (P _{mpp})	-0.25%/°C		
Temp. Coefficient of V _{oc}	T _k (V _{oc})	-0.29%/°C		
Temp. Coefficient of I _{sc}	T _k (I _{sc})	+0.04%/°C		
Limiting Reverse Current	I _R (A)	2 A		
Maximum Source Circuit Fuse	I _{cr} (A)	2 A		

Typical Performance at NOCT (800 W/m² AM 1.5, 45°C)

Model Numbers		GE-CdTe78	GE-CdTe80	GE-CdTe83
Nominal Power (+/- 5%)	P _{mpp} (W)	58.1	60.0	61.9
Voltage at P _{max}	V _{mpp} (V)	67.9	68.9	70.3
Current at P _{max}	I _{mpp} (A)	0.86	0.88	0.90
Open Circuit Voltage	V _{oc} (V)	87.4	88.3	88.3
Short Circuit Current	I _{sc} (A)	1.01	1.02	1.03

Mechanical Specifications†

Length	1200 mm (47.2 in)
Width	600 mm (23.6 in)
Thickness	7.5 mm (0.30 in)
Weight	13 kg (28.7 lb)
Front Glass	3.2 mm (0.13 in) Heat Strengthened Glass
Back Glass	4.0 mm (0.16 in) Tempered Glass
Frame	None
Cell Type	CdS/CdTe, 116 Active Cells
Cell Orientation	Parallel to the 600 mm Dimension
Bypass Diode	None
Cable Length	610 mm (24 in)
Connectors	MC4 Compatible
Encapsulation	EVA with Edge Seal

† Unless otherwise specified, all ratings +/-1.0%.
Specifications are preliminary and subject to change.



Contact your local GE Representative for assistance
or for additional information

Copyright © 2010 General Electric Company. All rights reserved.
GSA 30101 (10/2010)

Figura AN9 - Datasheet 3 da tecnologia de telureto de cádmio (CdTe)
Fonte: ENF Solar, 2017

ASF Electrical Specifications

Electrical data below represents stabilized values at Standard Test Conditions (STC)
Irradiance at the module level of 1,000W/m² with spectrum AM1.5 at cell temperature of 25°C

Model	ASF100	ASF90
Maximum power [W]	100	90
Maximum power voltage [V]	77	73
Maximum power current [A]	1.29	1.24
Open circuit voltage [V]	99	98
Short circuit current [A]	1.65	1.59

- Maximum power may vary by ±5% and other electrical data may vary by ±10%.

ASF Mechanical Specifications

Dimension [mm]	L 1,414 × W 1,114 × T 35
Weight [Kg]	20.3
Connector	MC4 equivalent
Cable length [mm]	1,000
Cable size [mm ²]	2.5

ASF Temperature Coefficients

Maximum power [W]	- 0.20%/ °C
Maximum power voltage [V]	- 0.32%/ °C
Maximum power current [A]	+0.14%/ °C
Open circuit voltage [V]	- 0.33%/ °C
Short circuit current [A]	+0.09%/ °C

ASF Environmental Specifications

Maximum system voltage [V]	1,000
Operating module temperature	-40°C to +85°C
Typical operation temperature	approx. 20°C to 25°C
Maximum load	2,400N/m ² or 245 Kg/m ²

Quality Assurance

All products are strictly designed and manufactured according to IEC 61648 & 61730 in our ISO 9001 certified factory.

- **Guaranteed free from defects:**
Free from defects in materials and workmanship for 5 years;
- **Guaranteed to maintain power:**
Maintain more than 90% of maximum power for 10 years;
Maintain more than 80% of maximum power for 25 years.

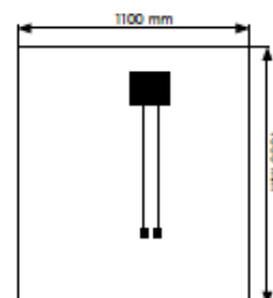
Figura AN10 - *Datasheet* 1 da tecnologia de silício amorfo (a-Si)
Fonte: ENF Solar, 2017

Module series SUNone® SA

Technical specifications SUNone®

			SA 90	SA 95	SA 100	SA 105	SA 110
Nominal power ($\pm 5\%$)	P_{max}	[W _p]	90	95	100	105	110
Rated current	I_{MPP}	[A]	0.91	0.94	1.00	1.03	1.06
Rated voltage	V_{MPP}	[V]	102	103	103	103	104
Short circuit current	I_{sc}	[A]	1.15	1.20	1.24	1.27	1.30
Open circuit voltage	V_{oc}	[V]	137	137	138	138	139

Peak power under test conditions (STC: 1000 W/m², 25°C, spectrum AM 1,5)



Technical specifications SUNone®

			SA 90	SA 95	SA 100	SA 105	SA 110
Nominal power	P_{max}	[W _p]	67	72	78	80	83
Rated current	I_{MPP}	[A]	0.73	0.75	0.80	0.82	0.85
Rated voltage	V_{MPP}	[V]	95.0	96.0	97.0	97.0	98
Short circuit current	I_{sc}	[A]	0.94	0.98	1.03	1.05	1.08
Open circuit voltage	V_{oc}	[V]	127	127	129	129	130

Rated value with nominal operating cell temperature (NOCT: 800 W/m², 45 \pm 2°C, spectrum AM 1,5)

Properties for system design

Protection class			II	Temperature coefficient I_{sc}	α	[%/K]	+ 0.04
System voltage	V_{sys}	[V]	1000	Temperature coefficient V_{oc}	β	[%/K]	- 0.34
Reverse current	I_r	[A]	2.0	Temperature coefficient P_{max}	γ	[%/K]	- 0.22

Mechanical properties

Front covering	3.2 mm Float-Glas	Protection class	junction box IP 65
Back covering	3.2 mm ESG	Cable connection	Multi Contact MC3 or compatible
Type of cell	a-Si thin film	Weight	24 kg
Dimensions	1300 x 1100 x 7 (21.2 with j-box) mm	HL-test	2400 Pa

Over the years SUNSET Solar has set high benchmarks with its high quality standards.

Continuous tests guarantee a consistently high level of quality. Every module undergoes visual, mechanical, and electrical inspections. This is recognisable by means of the original SUNSET label, the serial number, and the SUNSET guarantee:

- 5 years product warranty
- 10 years linear performance warranty for a power output of 90%
- 25 years linear performance warranty for a power output of 80%
- Detailed warranty conditions and additional information can be found in our warranty terms
- Certified according to IEC 61646 and IEC 61730 KL A



• Qualified IEC 61646
• IEC 61730
• PV module
• PV module

SUNSET Energietechnik GmbH
 • Industriestraße 8-32 • D-91325 Adelsdorf
 • Telefon 09195.9494-0 • Telefax 09195.9494-290
 • E-Mail: support@sunset-solar.com

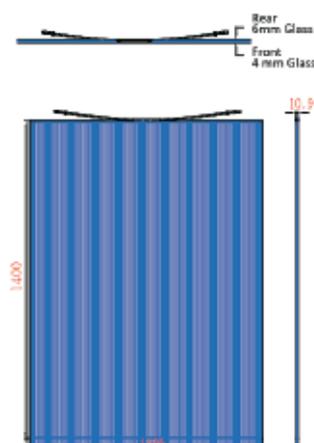
Partner:

Specifications subject to technical changes.

Figura AN11 - Datasheet 2 da tecnologia de silício amorfo (a-Si)
Fonte: ENF Solar, 2017

VNP-TF

110-130 SOLAR PHOTOVOLTAIC THIN FILM



PRODUCT OVERVIEW

- Vorks Energy's modules are optimally manufactured and adjusted to meet the needs of the current market; scientifically designed module dimension makes the installation simple and easy.
- Our continuous efforts in quality assurance system and certifications shows Vorks Energy's products demonstrate our commitment to product quality and customer requirements

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Output Power	110 W	115 W	120 W	125 W	130 W
Max. Power Voltage	119.6 V	119.8 V	120 V	123.8 V	125 V
Max. Power Current	0.92 A	0.96 A	1 A	1.01 A	1.04 A
Open Circuit Voltage	167.8	168.4	169	171	171
Short Circuit Current	1.05 A	1.08 A	1.1 A	1.12 A	1.14 A

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimension [mm]	1400* 1100* 10.9 mm
Weight	40 kg

OPTICAL SPECIFICATIONS

Visible	transmitted 10%
	reflected 6.6%
Total Solar Energy	transmitted 8.9%
	reflected 15.9%
UV	transmitted 0.04%

TEMPERATURE DATA

Nominal Power	-0.28% / °C
Open Circuit Voltage	-0.32% / °C
Short Circuit Current	0.07% / °C

THERMAL SPECIFICATIONS

Shading Coefficient	Vertical	0.32
U-Value (Exterior to interior)	Vertical	5.59W/m2K
U-Value (Interior to Exterior)	Vertical	5.59W/m2K

- Data above represent stabilized values at Standard Test Conditions (STC) [Irradiance: 100W/m², Spectrum: AM1.5, Cell temperature: 25°C (77°F)].
- All electrical ratings bear with a tolerance of ±10% unless specified otherwise.
- Power warranty:
Maintain more than 90% of minimum rated power for 10 years
Maintain more than 85% of minimum rated power for 25 years

Vorks Energy Private Limited

Add: The Concourse, A-2A, Sector - 63, Noida - 201301, Uttar Pradesh, India
Tel: +91-98100-40837 Email: solar@vorks.com
www.vorks.com



Specifications subject to technical changes Recycle

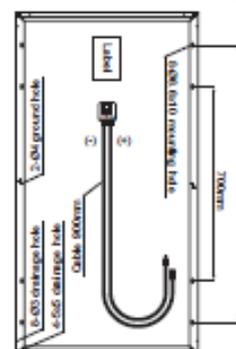
Figura AN12 - Datasheet 3 da tecnologia de silício amorfo (a-Si)
Fonte: Vorks Energy, 2017



Mechanical Specification

Dimensions	1234mm x 652mm x 35mm (48.6 Inches x 25.7 Inches x 1.38 Inches)
Weight	12.9 kg (28.44lbs)
Cell type	CIGS thin film
Front cover	3.2mm tempered glass with ARC
Cell substrates	1.8mm ultra-thin soda lime glass
Back cover	Al back sheet
Encapsulant	EVA
Frame	Anodized Al frame (black) with L-Key mounting
Junction Box	IP67 rated with bypass diode
Connectors	MC4 compatible
Cable length	900mm (35.4 Inches)

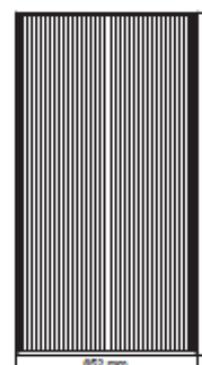
Module Drawing



Electrical Specification

Power performance at STC (STC: 1000W/m², 25°C/77°F, AM 1.5)*

Module Models	CdF-	1000A1	1050A1	1100A1	1160A1	1200A1
Nominal power	P _{MPPT} [W]	100	105	110	115	120
Power tolerance	[W]	0~+5	0~+5	0~+5	0~+5	0~+5
Open circuit voltage	V _{OC} [V]	75.2	75.3	75.4	75.5	75.6
Short circuit current	I _{SC} [A]	2.16	2.18	2.20	2.21	2.23
Voltage at P _{MPPT}	V _{MPPT} [V]	54.7	55.6	56.5	57.4	58.3
Current at P _{MPPT}	I _{MPPT} [A]	1.82	1.88	1.94	2.00	2.05
Module efficiency	[%]	≥ 12.4	≥ 13.1	≥ 13.7	≥ 14.3	≥ 14.9



Power performance at NOCT (NOCT: 800W/m², 20°C/68°F, AM 1.5)*

Module Models	CdF-	1000A1	1050A1	1100A1	1160A1	1200A1
Nominal power	P _{MPPT} [W]	77.1	81.0	84.9	88.7	95.2
Open circuit voltage	V _{OC} [V]	72.3	72.5	72.6	72.6	72.7
Short circuit current	I _{SC} [A]	1.73	1.75	1.76	1.77	1.79
Voltage at P _{MPPT}	V _{MPPT} [V]	51.7	52.8	54.0	55.2	56.4
Current at P _{MPPT}	I _{MPPT} [A]	1.49	1.53	1.57	1.60	1.68

*All STC characteristics are measured after pre-treatment of 43kWh/m² light soaking. Measurement uncertainty: (P_{MPPT}: +5%/-3% ; I_{SC}, V_{OC}, I_{MPPT}, V_{MPPT}: ±10%)

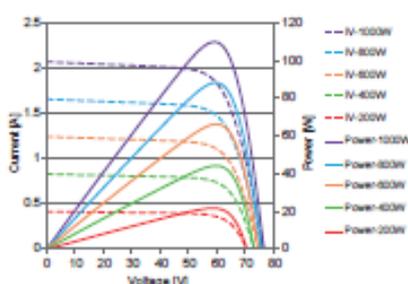
Temperature coefficients

NOCT	TC I _{SC} (α)	TC V _{OC} (β)	TC P _{MPPT} (δ)
46°C	+0.01%/°C	-0.31%/°C	-0.23%/°C

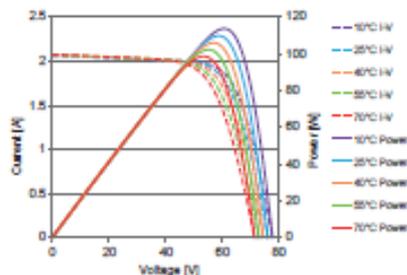
Properties for solar system construction design

Max. system voltage (V _{max})	Max. series overcurrent protective devices	Mechanical load	Safety class	Fire rating	Operating temperature
1000V	SA	2400Pa	II	Class C(IEC)	-40 ~ 85°C

I-V curves at various irradiation



I-V curves at various temperature



*This datasheet is for informational purposes only. No rights can be derived from the information contained herein.

Figura AN13 - Datasheet 1 da tecnologia de disseleneto de cobre índio (CIS)
Fonte: Eterbright, 2017

LINION L
LAMINATE MODULE



Module	LINION 90 L	LINION 95 L	LINION 100 L
Electrical characteristics at 1000 W/m², 25 °C; AM1.5			
Rated power P _{max}	90.0 W	95.0 W	100 W
Tolerance [P _{max}]	+5/-0 W	+5/-0 W	+5/-0 W
Module efficiency	11.1 %	11.7 %	12.3 %
Rated voltage ¹⁾ U _{mp}	56.2 V	57.2 V	58.2 V
Rated current ¹⁾ I _{mp}	1.64 A	1.67 A	1.70 A
Open circuit voltage ²⁾ U _{oc}	72.2 V	73.1 V	74.0 V
Short circuit current ³⁾ I _{sc}	1.80 A	1.82 A	1.83 A
Maximum system voltage	IEC 61730	1000 V	1000 V
	UL 1703	600 V	600 V
Reverse current rating	3 A	3 A	3 A
Max. no. of modules connected in series per string +10% to L, 1000 V, -10 °C (IEC) (600 V, 14 °F (UL))	11 (UL: 6)	11 (UL: 6)	11 (UL: 6)
Maximum no. of modules in parallel ⁴⁾	Individual strings connected to a blocking diode in (+) and 3A fuse in (-).		
Electrical characteristics at 800 W/m², NOCT; AM1.5			
Power ⁵⁾ P _{max}	65.2 W	67.8 W	70.5 W
Voltage ⁵⁾ U _{mp}	49.6 V	50.8 V	51.9 V
Current ⁵⁾ I _{mp}	1.31 A	1.34 A	1.36 A
Open circuit voltage ²⁾ U _{oc}	64.7 V	65.9 V	67.1 V
Short circuit current ³⁾ I _{sc}	1.44 A	1.45 A	1.47 A
Electrical characteristics at 200 W/m², 25 °C; AM1.5			
Maximum absolute reduction of efficiency	0.8 %	0.8 %	0.8 %
Thermal behavior			
Working temperature (NOCT)	49 °C [120 °F]	49 °C [120 °F]	49 °C [120 °F]
Power temperature coefficient T _c [P _{max}]	-0.45 %/K	-0.43 %/K	-0.41 %/K
Voltage temperature coefficient T _c [U _{oc}]	-0.35 %/K	-0.33 %/K	-0.31 %/K
Current temperature coefficient T _c [I _{sc}]	+0.01 %/K	+0.01 %/K	+0.01 %/K
Operating conditions			
Temperature range	-40 °C to +85 °C [-40 °F to 185 °F]		
Maximum mechanical load ⁶⁾	IEC 61730	2400 Pa; 245 kg/m ²	
	UL 1703	1600 Pa; 33 lbf/ft ²	
Maximum torsion	1.2°		
IP code (to IEC 60529)	IP65		
Protection class (to IEC 61140)	II		
Application class (to IEC 61730)	A		
Fire rating (to IEC 61730)	C		

Note

¹⁾ Tolerance of the electrical parameters ± 10%
²⁾ Limited. See explanation in the Electrical Configuration section in the installation instructions for Soltecture PV modules.
³⁾ See Soltecture GmbH's independent manufacturer warranty for Linion PV modules (last revised October 2011).
 The modules are not suitable for mobile or maritime applications. Please note that if the Linion PV modules are stored in dark spaces for long periods, they must then be exposed to sufficient solar radiation to attain their rated output. Please refer to our user information at www.soltecture.com/download-centre. As we continually optimize our solar modules, related data pertinent to these changes will be cited in the technical data sheet. All information applies exclusively to modules produced during the most recent product revision. The modules are certified for use in the following countries: EU countries, Switzerland, Norway, Turkey, Liechtenstein, Israel, Lebanon, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Serbia. (09/2010)
 For technical questions, please contact us at service@soltecture.de

Dimensions

Height/Width/Thickness	1250 / 650 / 7 mm [49.2 / 25.6 / 0.28 in]
Thickness with junction box	23 mm [0.91 in]
Weight	12.6 kg [27.8 lbs]

Additional data

Maximum string fuse	3 A [e.g. Socomac 60PV0003]
Included bypass diode	1 x Dionec BY550-1000
Connection cable	2 x 1000 mm [39.4 in] / 4 mm ² [AWG 11]
Plug connector	Y-SOL 4
Cell type	CHSe thin-film
Front glass	3 mm [0.12 in] tempered safety glass
Rear glass	3 mm [0.12 in] float glass
Encapsulation	EVA

Certificates and warranties

TÜV certificates:
 IEC 61646, IEC 61730
 Manufactured in the EU
 CE-marking

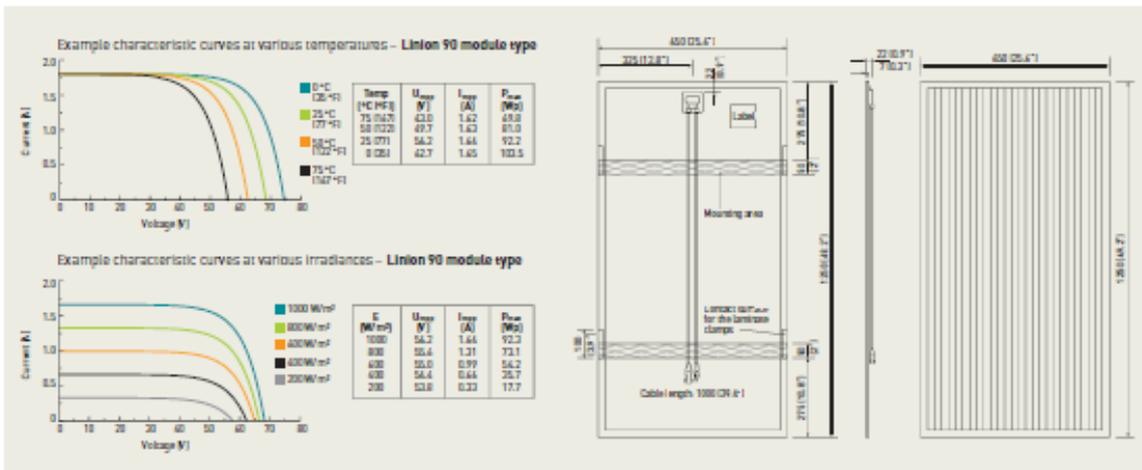


- Qualified, IEC EN 61646
- Safety tested, IEC 61730
- Periodic inspection



Further information at
www.tuv.com ID: 000033202 and
www.soltecture.com/download-centre

Independent product warranty	10 years [for Linion L modules] ⁷⁾
Independent output warranty	25 years [for Linion L modules] ⁸⁾



LINION L-EN-REV 12
 Soltecture GmbH
 Groß-Berliner Damm 149
 D-12487 Berlin
 Tel.: +49 (0)30 46 77 77 - 0 info@soltecture.de
 Fax: +49 (0)30 46 77 77 - 400 www.soltecture.com

Your Soltecture Partner:

Figura AN14 - Datasheet 2 da tecnologia de disselneto de cobre índio (CIS)
 Fonte: ENF Solar, 2017

TECHNICAL CHARACTERISTICS

DESCRIPTION

Copper Indium Gallium Diselenide thin film flexible solar module designed to be fitted to approved roofing panels. The modules are delivered with front mounted junction boxes with IP67 rated terminal housing assembly and quick connect terminals.

ELECTRICAL PERFORMANCE AT STC,

		F13F115B1	F13F120B1
Nominal Power	P_{max} [W]	115	120
Operative Efficiency	η [%]	15.0%	15.7%
Power Output Tolerance	[W]	+5/-0	+5/-0
Maximum Power Voltage	V_{mp} [V]	30.5	31.1
Maximum Power Current	I_{mp} [A]	3.83	3.89
Open Circuit Voltage	V_{oc} [V]	38.6	39.1
Short Circuit Current	[A]	4.33	4.34
Maximum Series Fuse Rating	[A]		10

*Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m², 25°C cell temperature, AM 1.5 spectrum



THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	[°C]	48
Temperature Coefficient of P_{max}	[%/°C]	-0.40
Temperature Coefficient of V_{oc}	[%/°C]	-0.36
Temperature Coefficient of I_{sc}	[%/°C]	0.003

PHYSICAL AND MECHANICAL SPECIFICATIONS

Length	2609 mm
Width	358 mm
Thickness, Maximum at J-Box, Module	17 mm, 2.5mm
Weight (Module without adhesive)	2.0 kg
Weight (Module with adhesive)	2.7 kg
Weight/Area (Module without adhesive)	2.0 kg/m ²
Weight/Area (Module with adhesive)	2.9 kg/m ²
Junction Box Type	IP68
Cell Type	Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS)
Certification	IEC 61730, 61646
Warranty**	5 year workmanship; 10/25 year power output

** Please see full warranty for details

- Market leading high efficiency Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS) solar photovoltaic (PV) cells that are applied to roofs and walls during the manufacturing of the building materials.
- Photovoltaic Integrated Roof Components - PV cells are directly encapsulated onto premium pre-painted steel/aluminum based or single ply membrane (TPO) roofs in highly controlled factory environment to create a combined PV roof system.
- Flexible Peel and Stick modules - PV cells are encapsulated onto a plastic backing sheet with specialist adhesive for supply to either metal component manufacturers (for application in factory) or installers (for application in the field).
- High performance solar module system for the building envelope, which can be applied to new roofs, during the building process, or retrospectively as an add-on.

businessGreen
TECHNOLOGY AWARDS 2016

WINNER

Powered by
MiaSolé
A Hanergy Company



IEC 61730
IEC 61730
Regular Production
Surveillance

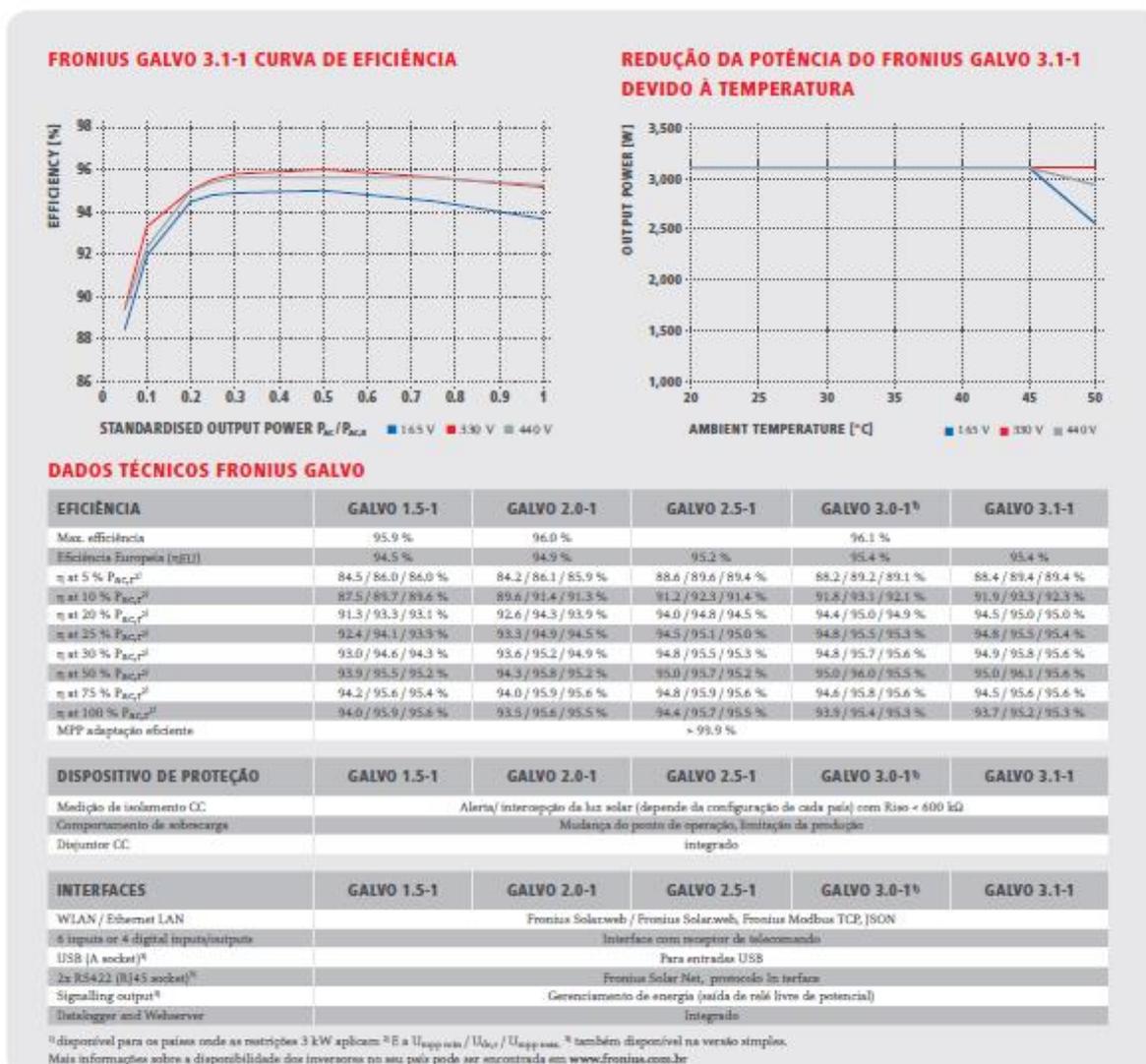
BIPVco, PV Accelerator Building, Shotton Works, Deeside CH5 2NH
Phone: 01244 892022, Email: sales@bipvco.com

www.bipvco.com



BIPVco reserves the right to modify these specifications without notice. © BIPVco 2017

Figura AN15 - Datasheet 3 da tecnologia de disseleneto de cobre índio (CIS)
Fonte: BIPVco, 2017



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible – our more than 850 active patents are testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

v02 Feb 2014 EN

Filial R.S
R. Inspetor Valdeemar F. Arruda,
309, Cinquentenário
Caxias do Sul
CEP 95012-640 - RS

Filial SP Interior
R. Padre Francisco Van
Der Maas, 12-25
Jd. Contorno - Bauru
CEP 17047-020

Filial MG
Rua L1, 213
Arvoredo
Contagem - MG
CEP. 32311-188
Tel +55 31 3472-6000

Home Office AM
+55 92 8249-1415

Fronius do Brasil Comércio
Indústria e Serviços Ltda

Filial PR/SC
Rua John Lennon, 225
Afonso Pena, São José
dos Pinhais - PR
CEP. 83050-380
Tel +55 41 3283-6217

Escritório central
Av. Dr. Ulysses Guimarães, 3389
Vila Nogueira, Diadema, SP
CEP: 09990-080
Telefone +55 11 3563-3800
vendas.solar@fronius.com
www.fronius.com.br

Figura AN16 - Datasheet Inversor com transformador
Fonte: Fronius, 2017



INVERSORES ECOS
Desenvolvidos e fabricados no Brasil.

ecoSolys

Características Técnicas				
Dados de Entrada	Ecos 1000 220V	Ecos 2000	Ecos 5000	
Potência fotovoltaica nominal	1000W	2000W	5000W	
Tensão CC de partida	45V	45V	45V	
Máxima tensão CC	200V	340V	400V	
Corrente CC máxima	10A	10A	2X10A	
Faixa de operação MPPT	60-180V	125-320V	125-400V	
Quantidade de MPPT	1	1	2	
Conector CC	Tipo MC4			
Dados de Saída	Ecos 1000 220V	Ecos 2000	Ecos 5000	
Potência nominal de saída	1000 W	2000 W	5000 W	
Máxima potência CA	1100W	2200W	5500W	
Tensão nominal de saída	220V	220V	220V	
Corrente nominal de saída	4,7 A	9,0 A	23,0 A	
Frequência nominal de saída	60Hz	60Hz	60Hz	
Fator de potência	1	1	>0,97	
Eficiência	93%	96,6%	97,5%	
THD	<0,5%	<0,5%	<0,5%	
Faixa de operação CA	57,5-62Hz ; 176-242Vca			
Fator de potência	1	1	0,95 ind. ...0,95cap.	
Conexão CA	Monofásica / bifásica			
Dados Gerais	Ecos 1000 220V	Ecos 2000	Ecos 5000	
Dimensões (l x a x p)	315X295X150 mm	315X345X150 mm	245x485x150 mm	
Peso Líquido	8,3kg	9,3kg	13kg	
Temperatura de operação	-20-55 C	-20-55 C	-20-55 C	
Montagem	Fixação na parede - acompanha suporte			
Grau de proteção	IP56			
Topologia	Sem transformador			
Garantia	5 anos - consulte os termos de garantia			
Normas Brasileiras	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116			
Concessão INMETRO	004042/2016	005575/2016	em processo	
Dispositivos de Proteção				
Anti-râspamento				
Sobre/sub tensão				
Sobre/sub corrente				
Sobre/sub frequência				
Proteção contra sobrecarga				
Controle de potência ativa em sobrefrequência				
Proteção contra injeção de componente CC				
Proteção de temperatura				
Proteção contra inversão de polaridade				
Religamento automático fora de fase				

Figura AN17 - *Datasheet* Inversor sem transformador
Fonte: EcoSolys, 2017