



**MAURICIO BLOEMER
WELTON MACEDO**

PROJETO FOTOVOLTAICO:HOMOLOGAÇÃO COPEL

Foz do Iguaçu

2020

PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

**MAURICIO BLOEMER
WELTON MACEDO**

PROJETO FOTOVOLTAICO: HOMOLOGAÇÃO COPEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Universidade UNIAMÉRICA - Campus de Foz do Iguaçu, tendo a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

**Orientadora:
Prof.^a Dr.^a. Luciana Paro Scarin Freitas**

Foz do Iguaçu

2020

RESUMO

O trabalho apresenta um breve histórico de energia solar fotovoltaica, apresentando a potência instalada atualmente no mundo, e um detalhamento do mercado fotovoltaico brasileiro, com o mercado atual e prospecções futuras, apresenta normas vigentes que regularizam o mercado nacional. O estudo tem a perspectiva de instruir o leitor a disseminar um projeto fotovoltaico de acordo com as normas brasileiras no setor, regidas pela ANNEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), e pela concessionária local de energia que no caso do estado do Paraná (PR) é a COPEL (Companhia Paranaense de Energia).

Palavras-chave: Normas Copel, Energia Renovável, Fotovoltaico.

ABSTRACT

The work presents a brief history of photovoltaic solar energy, showing the installed power currently in the world, and details of the Brazilian photovoltaic market, with the current market and prospects, presents current rules that regulate the national market. The study has the perspective of instructing the reader to disseminate a photovoltaic project in accordance with Brazilian standards in the sector, governed by ANNEL (National Electric Energy Agency), and by the local energy concessionaire, which in the case of the state of Paraná (PR) is COPEL (Paranaense Energy Company.).

Keywords: Copel Standards, Renewable energy, Photovoltaic.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	6
2- ESTADO DA ARTE	10
2.1- Definição do Problema	10
2.2- Referências Bibliográficas sobre sistemas solares e modelos de instalação.10	
3- ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	13
3.1- Breve Histórico.....	13
3.2- Módulos Fotovoltáicos	14
3.3- Silício Monocristalinos.....	14
3.4- Silício Policristalinos.....	15
3.5- Silício Amorfo.....	15
4- Disposição de energia Solar no Mundo e no Brasil.....	16
4.1- Mercado Internacional.....	16
4.2- Mercado Nacional	19
5- HOMOLOGAÇÃO.....	20
5.1- Consumo anual de energia	20
6- Dimensionamento do sistema fotovoltaico.....	21
6.1- Escolha dos equipamentos.....	21
6.2- Irradiação.....	22
6.3- Perdas.....	22
6.3.1- Sombreamento.....	23
6.3.2- Poeira.....	23
6.3.3- Mismatch.....	23
6.3.4- Temperatura.....	24
6.3.5- Cabeamento de corrente contínua (C.C)	25
6.3.6- Cabeamento corrente alternada (C.A)	25
6.3.7- Perdas no Inversor	25
7- Aplicação de perdas no projeto.....	27
9-Disponibilidade dos painéis e potência do inversor a ser instalado.	27
9.1- Potência do inversor.....	28
10- Softwares auxiliares.....	28
10- Softwares auxiliares.....	28
11- Homologação.....	28

11.1- Referências Normativas.....	29
11.2- Legislação – Aneel.....	29
11.3- Normas Brasileiras.....	29
11.4- Normas Técnicas da Concessionária de Energia.....	29
12 – METODOLOGIA.....	32
13- CONCLUSÃO.....	33
14- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXO 1- DATASHEET PLACA SOLAR.....	35
ANEXO 2- Datasheet inversor.....	37
ANEXO 3- Diagrama de blocos.....	39
ANEXO 4- Diagrama Unifilar.....	40

1- INTRODUÇÃO

A energia solar é uma energia renovável obtida pela luz do sol, utilizada para o aquecimento de água (energia térmica) ou como fonte de energia elétrica. Assim como a energia eólica é uma das formas limpas de produção de energia que mais cresce no mundo segundo dados da CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito) 2019.

As placas solares responsáveis pela conversão da energia do sol se dividem em dois tipos, o primeiro tipo de placa solar são as placas solares que absorver a energia do sol e a transformam em calor, utilizando este calor geralmente para aquecer a água. Já o segundo tipo de placa solar é composto por células fotovoltaicas que convertem a energia solar em energia elétrica, são compostas por materiais semicondutores (em sua grande maioria o silício) que em contato com as partículas da luz do sol (fótons) provocam um deslocamento de elétrons gerando energia elétrica. O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1887 pelo físico alemão Heinrich R. Hertz (1857-1894). (Machado, C. T.; Miranda, F. S.)

Neste trabalho será aplicado um estudo no segundo tipo de placa solar que são as células fotovoltaicas, ou seja, conversão da radiação solar para energia elétrica. Atualmente diversas tecnologias são aplicadas a estes painéis fotovoltaicos para buscar uma maior eficiência, diversos materiais condutores são utilizados, o material que melhor obteve resultado até o momento são os painéis de silício monocristalino, silício policristalino e a do filme fino de silício possuem eficiência entre 15% a 18% na maioria das placas comercializadas (VILLALVA, 2015) mas já tendo no mercado placas que possuem eficiência superior a 22% e com estudos avançados para a fabricação de uma placa solar fotovoltaica com eficiência superior a 44% (Revista Meio Filtrante 2017), o que vem impulsionando a instalação deste gerador de energia, pois em 2009 a eficiência era de apenas 4% segundo ABSOLAR(Associação Brasileira de Energia solar Fotovoltaica) onde com esse índice de conversão se tornava quase que inviável a utilização desta fonte de energia .O Brasil se destaca como um dos principais países produtores de silício, tal é extraído do minério quartzo (VILLALVA, 2015).

Com essa grande evolução na eficiência das placas o mercado vem cada vez mais crescendo com a geração de energia através de células fotovoltaicas, por ser uma fonte limpa e inesgotável de energia. Segundo o estudo mais recente da Agência Internacional de Energia Renovável (*International Renewable Energy Agency* ou IRENA, na sigla em inglês), no final de 2018 havia no mundo uma potência instalada de 480,3 gigawatts (GW). Ainda neste estudo o IRENA analisou que a capacidade total de energia gerada através de fontes renováveis atingiu a marca de 2351 GW, cerca de um terço da capacidade total de geração de eletricidade instalada no mundo, sendo sua maior capacidade proveniente de energia hidroelétrica, cerca de 11722 GW. Mas com a atual evolução do mercado de acordo com a IRENA a geração de energia fotovoltaica estará líder na geração de energias com fontes renováveis. Os principais países com geração de energia fotovoltaica são: China – 175 GW, Japão – 55,5 GW, EUA – 49,6 GW, Alemanha – 45,9 GW, Índia – 26,8 GW.

O Brasil ainda não aparece como grande gerador de energia pois sua legislação regulamentando este tipo de geração de energia é recente, porém após 2012 quando a resolução Nº 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) entrou em vigor, onde prevê que uma pessoa física pode injetar eletricidade na rede brasileira, isto se a fonte de energia for proveniente de uma fonte de energia renovável. Após esta resolução o Brasil obteve um crescimento considerável ano a ano. Segundo a ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia solar fotovoltaica) (2018), em janeiro de 2018, o setor ultrapassou a marca histórica de 1 gigawatt (GW) operacionais no Brasil, posicionando o País dentro do prestigiado clube das 30 principais nações do mundo em produção de energia solar fotovoltaica. No ano de 2019 alcançou 2.056 MW de potência instalada, o equivalente a 1,2% de todo o parque gerador brasileiro, atualmente o setor conta com mais de 27 mil sistemas de geração distribuída solar fotovoltaica em telhados, fachadas e coberturas de residências, comércios, indústrias, propriedades rurais, somando mais de 246 megawatts (MW) de potência e mais de R\$ 1,6 bilhão em investimentos privados injetados na economia nacional. Entre os fatores que impulsionam o crescimento da microgeração e minigeração distribuída solar fotovoltaica pode-se citar a redução de mais de 75% no preço da energia solar fotovoltaica na última década e o aumento nas tarifas de energia elétrica e o grande aumento da eficiência de geração (ABSOLAR, 2018).

Hoje, o retorno do investimento financeiro em um sistema solar fotovoltaico no Brasil está entre 5 e 7 anos (ABSOLAR, 2018). Segundo dados do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito), no mercado internacional, o custo dos sistemas fotovoltaicos para o consumidor final varia de US\$ 8 / Wp (Watt pico) a US\$ 10 / Wp. Já no Brasil, esse valor é estimado em R\$ 10 / Wp, logo um sistema instalado de 1 KWp custaria R\$ 10.000,00, e pelo longo prazo de retorno não parece algo tão vantajoso, porém as placas, parte mais cara do sistema tem uma garantia de 25 anos o que torna o sistema um investimento com grande retorno financeiro, ao menos se falando do sistema *on-grid*, pois no sistema *off-grid* tem a questão do banco de baterias.

Os sistemas *off-grid* (fora da rede) são sistemas autônomos, desconectado da rede da concessionária como o próprio nome sugere, eles são usados geralmente onde as redes das concessionárias não abrangem, são aplicados geralmente em sítios ou em locais remotos, onde não há uma rede para conexão próximo do local da instalação, tornando assim viável este tipo de sistema desconectado da rede, em muitos destes lugares os sistemas fotovoltaicos estão substituindo geradores a diesel, pois estes geradores além de seu custo inicial de instalação há custos fixos de manutenção e diesel, além das desvantagens que ele traz como barulho e poluição, ao contrário de sistemas fotovoltaicos que geram energia de uma forma limpa e totalmente silenciosa (VILLALVA, 2015). O sistema *Off Grid* ainda atende a clientes que querem ter um sistema isolado para fugirem das taxas mensais cobradas pelas concessionárias, não tendo que lidar com aumentos tarifários aplicados todos os anos por elas. Os sistemas *off grid* são compostos por placas solares, bancos de baterias, inversor *off grid*, controlador de carga e um sistema de proteção (AC (corrente alternada) e DC (corrente contínua)). (PINHO, GALDINO, 2014).

Já o sistema *on-grid* se trata de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (*on-grid* ou *grid-tie*), este sistema trabalha de forma integrada com a rede elétrica, estes sistemas são utilizados geralmente para gerar a parcela total ou parcial de energia consumida pela residência, se for gerado energia a mais, o excedente gera um crédito de energia com a concessionária, isso tratando de um projeto residencial ou empresarial, pois em usinas fotovoltaicas são outras normativas e contratos que são aplicados. As categorias de geração de energia fotovoltaica *on-grid* segundo resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 (ANEEL, 2012). A primeira consiste

em uma microgeração de até 75kW; o segundo em um minigeração de 75kW até 5MW, e o último em usina, que consistem numa geração acima de 5MW. A taxaço e modelos de contrato fica a cargo de cada concessionária e sua região de abrangência. O sistema fotovoltaico *on-grid* é composto por placas fotovoltaicas, inversor *on-grid*, e um sistema de proteção (AC e DC).

Neste trabalho será desenvolvido um projeto *on-grid* na região do Paraná (PR) no qual, o propósito é montar um guia de projeto com as normas aplicadas, sejam elas as normativas nacionais (ANEEL). As normativas aplicadas pela concessionária local que neste caso será a COPEL (Companhia Paranaense de Energia). O projeto visa apresentar um passo a passo mostrando as normas utilizadas e onde serão aplicadas, diagrama unifilar, documentos requeridos estabelecidos pela COPEL, uma análise de valores e comparativos entre equipamentos entre outros detalhes envolvidos neste projeto. O objetivo final de obter um projeto com todos os requisitos para que ele seja aprovado junto a concessionaria local.

2- ESTADO DA ARTE

2.1- Definição do Problema

A literatura na área de energia fotovoltaica é bem ampla com diversos artigos e livros publicados, foram desenvolvidas diversas pesquisas nesta área, porém os trabalhos encontrados sempre visam um estudo específico onde o projeto final para o cliente não é focado, a proposta deste trabalho que é desenvolver um projeto completo com aplicação de cálculos e normas necessárias para um projeto fotovoltaico, trazendo as Normas e cálculos de forma clara, onde uma pessoa leiga no assunto possa buscar informações, que estudantes de engenharia tenham um material onde as informações não estejam tão obsoletas.

2.2- Referências Bibliográficas sobre sistemas solares e modelos de instalação

O trabalho teve uma base em instalações já realizadas de sistemas fotovoltaicos e buscou normas técnicas para realizar o presente estudo, se buscou trazer as tecnologias mais recentes do mercado em sistemas solares fotovoltaicos, para que o rendimento do sistema em estudo seja o maior possível.

No artigo Influência da configuração urbana na geração fotovoltaica com sistemas integrados às fachadas de Laura Rendón Gaviria; Fernando Oscar Ruttkay Pereira; Martín Ordenes Mizgier foi realizado um estudo em centros urbanos com aplicação de painéis solares busca compreender o efeito de sombreamento causados por construções ao redor de onde os painéis fotovoltaicos foram instalados, através de programas computacionais, foi calculado o rendimento dos mesmos, assim podendo ver a viabilidade de instalações, compreendendo um novo método que pode ser desenvolvido que seriam instalações em fachadas onde a região de sombreamento em alguns casos seria menor. O trabalho apresenta os programas computacionais *plug-in* e *Rhinoceros* para a simulação de sombreamento e irradiação solar e respectivamente apresenta os cálculos de geração de energia.

No trabalho Energia fotovoltaica residencial: uma análise econômico financeira de viabilidade, desenvolvido por Valdir Serafim Junior, Álvaro Henrique Sbaraini, Cristiano Goulart, Juliane Vanderlinde Hort, Armin Feiden faz um estudo sobre a geração de energia por meio de utilização de recursos fósseis é reconhecidamente

danosa ao meio ambiente. então a alternativa de energia renováveis está expandindo no mundo inteiro. A energia Fotovoltaica apresenta um grande potencial de aproveitamento, exploração e produção, sendo ela de um modo mais simples que os outros meios de obtenção de eletricidade pois traz no seu uso benefícios na diminuição de custos com os sistemas de transmissão e distribuição. Por um lado, destacasse em uma série de benefícios ambientais, por outro um aumento na sensibilidade a questões climáticas, como dias nublados e no período noturno onde por consequência temos a diminuição na produção de energia, concluído este estudo, faz-se uma análise de viabilidade financeira, contendo dados de aplicação de capital em uma nova forma de energia renovável ou investir em poupança.

No artigo “Viabilidade de sistema de geração solar fotovoltaica” escrito durante EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica XI em 2019, Ana Carolina Dias de Albuquerque, Hugo Eiji Imai, Wesley Ortiz de Oliveira, Luciana C. S. H. Rezende, analisaram o mercado de energia fotovoltaica e o mercado de energia, o estudo apontou que o Brasil tem um aumento constante no consumo de energia elétrica, tal crescimento é maior que o aumento de sua produtividade de energia, sendo assim em alguns anos, se não forem criadas formas de geração haverá um colapso energético, a energia fotovoltaica neste cenário se torna um respiro ecológico de alta eficiência. E em um país onde se tem uma posição privilegiada em relação a exploração da luz solar. Tornasse um grande atrativo por sua viabilidade financeira, em comércio, residências e indústrias. Após a normativa da ANEEL de 2012 em sua resolução 482, tornou a homologação de certa maneira fácil e ágil.

No artigo Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão de Carolina T. Machado, Fabio S. Miranda traz que há vários tipos de placas disponíveis no mercado, na grande maioria, células de silício, das quais existem três tipos. Podem ser de silício cristalino (c-Si), que se subdividem em monocristalino e policristalino, ou podem ser de silício amorfo, cada uma com um potencial energético diferente. É possível encontrar células no mercado com eficiência de até 22,7%. As células de silício policristalino têm entre 11 e 14% de eficiência, enquanto as de silício amorfo têm entre 6 e 7%. Apesar das placas ainda não terem uma eficiência desejada, o Brasil dispõe de uma posição desejada em relação ao sol e vem com um forte investimento no setor, crescendo consideravelmente nesse tipo de geração de energia.

O artigo RETGIS: Uma ferramenta para avaliação do potencial de Geração Distribuída no Brasil – O caso da Energia Solar Fotovoltaica, desenvolvido no XV Congresso Brasileiro de Energia – CBE, At Rio de Janeiro, Brasil, por Raul Miranda, Rafael Soria, Pedro Rochedo, Larissa Nogueira, Alexandre Szklo, Roberto Schaeffer, apresenta uma proposta de criação de uma ferramenta de análise de geração distribuída, onde analisa todos os fatores que possibilitam ou não a instalação de uma fonte de geração de energia, com a avaliação das condições e barreiras institucionais existentes no Brasil, e o fornecimento de uma ferramenta computacional à EPE, para apoiar o desenvolvimento de cenários de entrada da geração distribuída de mini e micro escalas no Brasil, no longo prazo. As alternativas de geração distribuídas estudadas incluíram: microgeração a gás com máquinas térmicas (motores e turbinas) a partir do consumo de biogás, painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas de pequeno porte, e pilhas a combustível a gás natural.

A COPEL (Companhia Paranaense de Energia) é a companhia responsável pela distribuição de energia onde o projeto fotovoltaico será instalado, e apesar de todas as normas serem regidas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), as concessionárias têm liberdade para fazerem exigências de conteúdo de projeto, para que o nosso projeto atenda às exigências aplicadas pela COPEL as normativas locais (conforme vamos fazendo vamos completando) serão aplicadas.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997. O site da agência contém informações e normas de execução de projetos elétricos, tudo que deve conter em um projeto elétrico é regido pela ANEEL, incluindo projetos fotovoltaicos. As normas aplicadas em um projeto fotovoltaico são: (conforme vamos fazendo vamos completando)

CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito), que traz pesquisas relacionadas a fontes de energias renováveis, mais especificamente em energia solar e eólica, o site contém diversas informações como irradiação solar em regiões específicas do Brasil assim como a densidade dos ventos que acontecem em diversas regiões, apresenta períodos de chuva, horas de sol durante o decorrer de 1 ano que são informações primordiais para o cálculo de

geração de energia, além de apresentar informações sobre as mesmas, com pesquisas constantes nas áreas. Apresentam dados de mercado, resoluções para aplicação de projetos na área é um banco de dados muito completo.

O livro Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos organizado por João Tavares Pinho e Marco Antônio Galdino se trata de uma Literatura completa em energia solar, apresenta a história das placas solares desde as primeiras fabricadas até as mais recentes de 2014 quando o livro foi lançado, apresentam cálculos de irradiação solar, componentes de projetos fotovoltaicos, modelos de projetos, normas e padrões. Descreve com detalhes tudo que se refere a energia solar fotovoltaica.

ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica) é um site de referência no setor de energia solar, faz perspectivas de crescimento no setor, apresenta novos produtos, com sua eficiência, novas tecnologias que agregam ao setor, produtos já homologados pelo INMETRO, apresenta diversos artigos que envolve o setor, traz novas resoluções de normas técnicas, apresenta um parecer completo sobre o assunto.

3- Energia fotovoltaica

3.1- Breve histórico

O sol é a principal fonte de energia do planeta Terra, consegue emitir em apenas uma hora o equivalente a energia elétrica gasta no planeta durante um ano, porém a energia emitida pelo sol não é a principal fonte de energia elétrica utilizada no planeta terra, pois apesar da energia solar está exposta gratuitamente, sua conversão ainda é relativamente cara (Machado, C. T.; Miranda, F. S. 129 Rev. Virtual Quim. |Vol 7| |No. 1| |126-143), fazendo assim que a energia fotovoltaica seja responsável apenas 1,3% da geração de energia elétrica global e ter apenas 5% da capacidade de geração instalada segundo dados da IRENA (Agência Internacional para as Energias Renováveis). Este fato se deve principalmente ao valor empregado aos módulos fotovoltaicos. Em 1839 com o físico francês Edmond Becquerel, obteve resultados de captação de energia solar em energia elétrica, após observar que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar, a partir desta observação o efeito fotovoltaico se deu início.

A energia solar fotovoltaica mesmo sendo um assunto muito recente, obteve resultados de captação de energia solar convertida em energia elétrica em 1839 com o físico francês Edmond Becquerel, após observar que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar, a partir desta observação o efeito fotovoltaico se deu início. Machado, C. T.; Miranda, F. S. 129 Rev. Virtual Quim.

Em 1883, Charles Fritts, um inventor americano, construiu a primeira bateria solar feita com folhas de selênio. Apesar de ter uma eficiência de conversão elétrica de apenas 1%, seu dispositivo teve muita repercussão, pois as pessoas não acreditavam que se poderia gerar energia sem a queima de combustíveis.¹ A primeira célula solar preparada a base de silício foi desenvolvida por cientistas da Bell Labs em 1954, a célula possuía eficiência de 6%.^{1,2} Desde então, as pesquisas no ramo não pararam mais. Em 26 de abril de 1954 o The New York Times_ anunciou que as células fotovoltaicas de silício poderiam ser a possibilidade do futuro de aproveitamento de uma fonte de energia ilimitada, a radiação solar.

3.2- Módulos fotovoltaicos

As células fotovoltaicas responsáveis pela conversão da energia solar em energia elétrica passaram por grandes mudanças desde sua invenção como citada no texto 3.1, hoje a indústria em sua maioria utiliza células a base de silício para a fabricação dos módulos, no texto será citado as três principais células a base de silício.

3.3- Silício monocristalino

As células de silício monocristalino, sem dúvidas é uma das mais utilizadas, seu processo de fabricação é considerado básico, e sua eficiência em determinados modelos de fabricação podem chegar a 18%, algo muito satisfatório considerando custo benefício. PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

O processo de fabricação da célula se dá início com a extração do cristal de dióxido de silício. Após a extração se inicia a purificação do material onde o mesmo é desoxidado em grandes fornos, elevando o material a uma alta temperatura (cerca de 1000 graus), atingindo um grau de pureza entre 98% a 99%, o que é considerado aceitável para a matriz energética considerando o custo do processo, porém para a

utilização deste silício como célula fotovoltaica ele precisa atingir um grau de pureza de 99,9999%, então ele é exposto a um segundo processo, conhecido como "processo *Czochralski*", que faz uma dopagem do silício inserindo geralmente boro (geralmente do tipo P), que faz com que o silício atinja as qualificações desejáveis. O processo se finaliza inserindo impurezas ao material (geralmente do tipo N) para que a movimentação dos elétrons, gerando a conversão, este processo ocorre com as células sendo levadas ao forno novamente e exposta a altas temperaturas. PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

3.4- Silício Policristalino

As células de silício policristalinos passa pelos mesmos processos de fabricação que as células monocristalino porém com um menor rigor. Ao longo dos anos, sua eficiência máxima 12,5% em escalas industriais. PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

3.5 Silício Amorfo

As células de silício amorfo são diferentes das outras estruturas cristalinas, apresenta um alto grau de desordem na estrutura dos átomos. Produz grandes vantagens na utilização de células fotovoltaicas, tanto nas propriedades elétricas quanto no seu processo de fabricação. Apresenta uma boa faixa de radiação solar e sua fabricação difere de diversos tipos de substratos. Esse material é muito bom para o desenvolvimento dos painéis fotovoltaicos pelo seu processo de fabricação ser simples e barato, e seu baixo consumo de energia na produção. Mas também apresenta suas desvantagens sua capacidade de absorção de energia é bem menor comparada as outras estruturas, e também sua vida útil é menor aumentando assim suas rotinas de manutenções. A figura 1 exhibe a comparação dos módulos fotovoltaicos. PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

Figura 1: comparação dos módulos fotovoltaicos

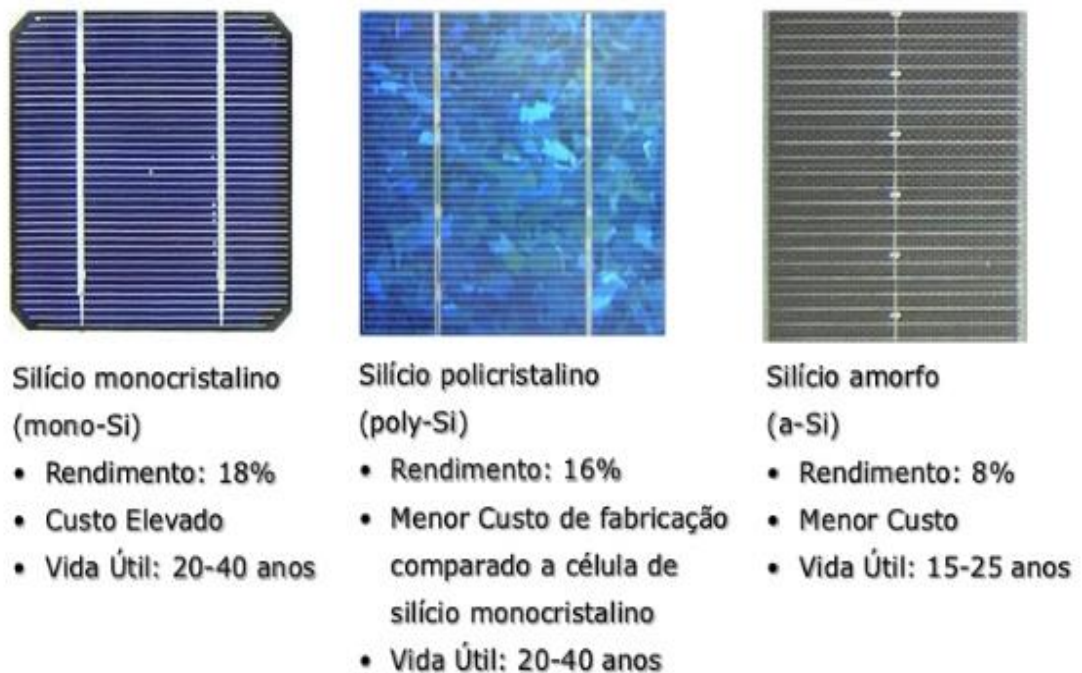


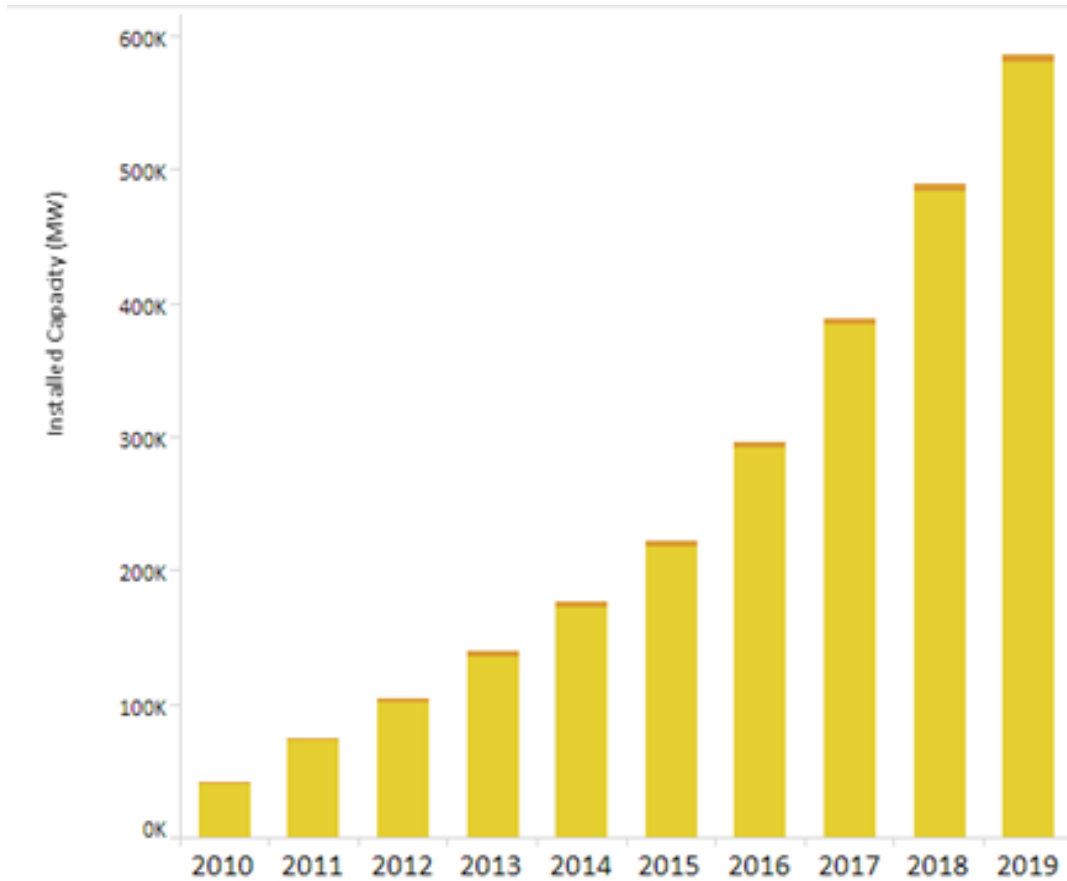
Figura retirada do livro Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.

4- Disposição de energia Solar no Mundo e no Brasil

4.1- Mercado Internacional

Com a busca por novas fontes de energia e uma geração de energia mais limpa, a energia solar vem ganhando destaque, segundo dados da IRENA, em um estudo realizado em 2018 mostrou que até 2040 a energia fotovoltaica será líder na geração de energia mundial, mesmo sendo atualmente responsável por apenas 1,3% da geração mundial de energia e ter apenas 5% de sua capacidade instalada. O crescimento da energia solar vem superando expectativas, impulsionados por ações globais para preservar o meio ambiente, juntamente com ações governamentais e a queda constante de valor por quilowatt instalado o mercado cresce a cada ano. na figura 1 podemos observar o crescimento no mercado.

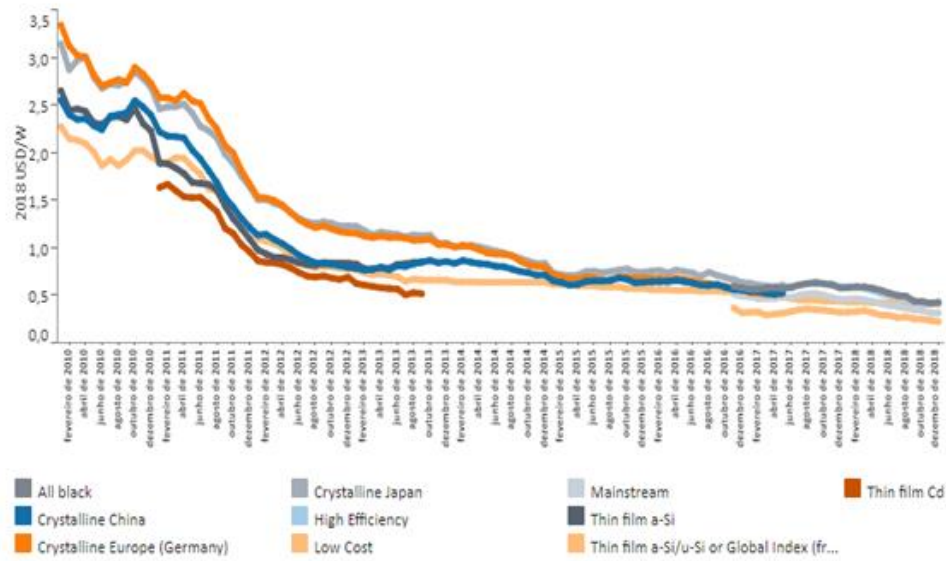
Figura 1: Potência instalada no mundo



Fonte: IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável)

Esta potência energética em grande parte se deu ao valor dos equipamentos cada vez se tornar mais viável, na figura 2 podemos analisar a queda no valor por watt instalado no decorrer dos anos.

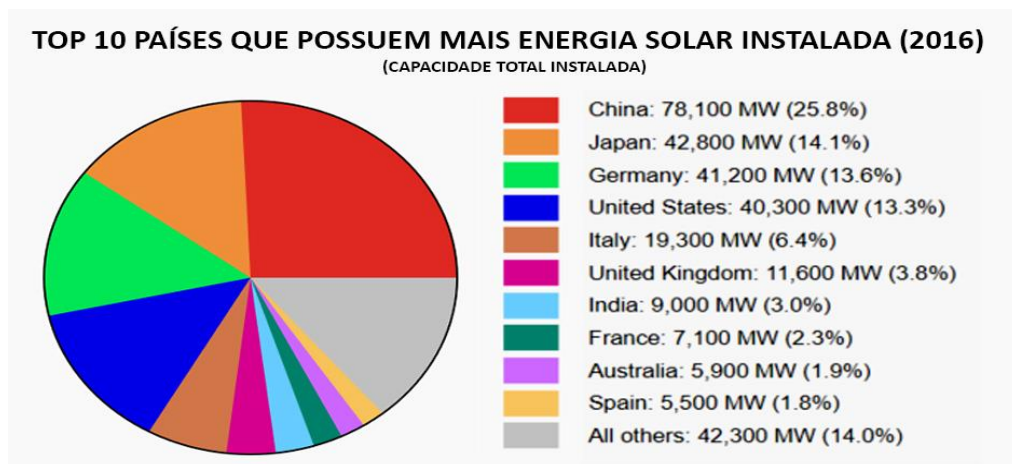
Figura 2: Valor por watt instalado.



Fonte: IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável)

Os países pioneiros no setor são os EUA e o Japão, no entanto hoje não são os líderes mundiais na geração fotovoltaica, a Europa liderava até 2016, porém com grande investimento no setor por parte da China, a Ásia se tornou líder na geração de energia fotovoltaica como mostra o gráfico da figura 3.

figura 3: 10 países com maior capacidade de energia fotovoltaica instalada.



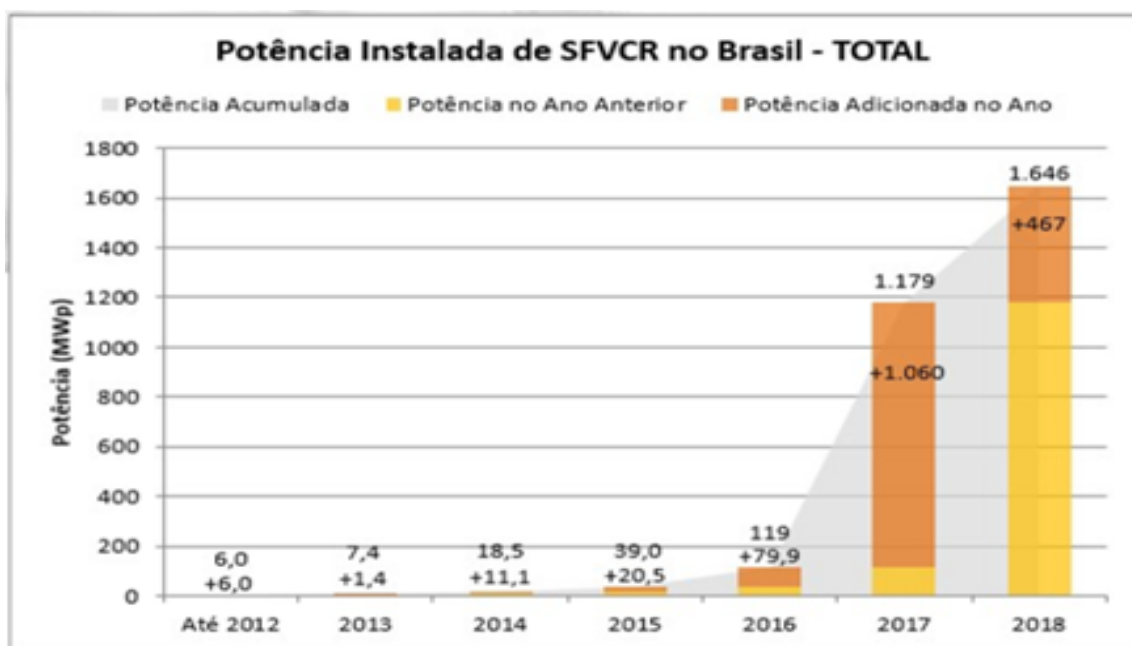
Fonte: IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável)

4.2- Mercado Nacional

O Brasil iniciou sua caminhada no setor de energia solar em 2012. Desde a aprovação da Resolução nº 482 da ANEEL em dezembro de 2012 (citado no 5.2), onde as normas permitem que os sistemas fotovoltaicos podem ser conectados à rede elétrica, dando maior viabilidade de utilização para o usuário final. Machado, C. T.; Miranda, F. S. 129 Rev. Virtual Quim. |Vol 7| |No. 1|.

Após a resolução e com todas as vantagens que o sistema apresentou o Brasil iniciou a caminhada e nos últimos anos teve um crescimento expressivo, em 2018 já estava entre os 30 países com maior geração fotovoltaica segundo a ABSOLAR, e nos estudos de perspectivas no crescimento feito pelo congresso *Smart energy* em 2030 o Brasil deve aparecer entre os 5 primeiros países. A figura 4 apresenta a evolução de geração no Brasil após 2012.

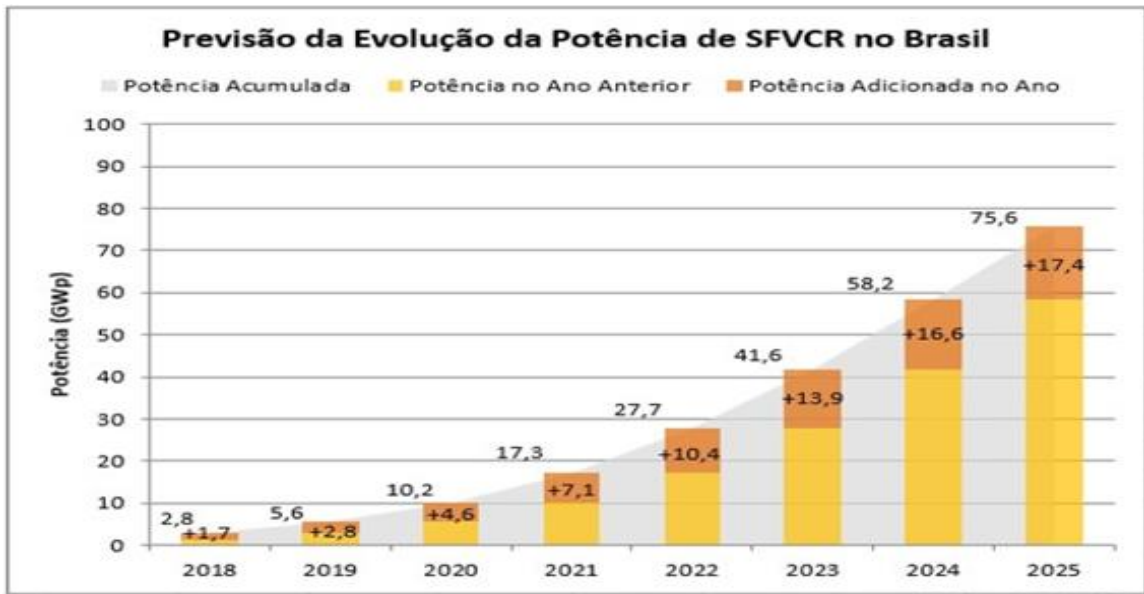
figura 4: Sistemas conectados à rede no Brasil.



Fonte: congresso *Smart energy* 2018 PÁRANA (Dados ANEEL)

O crescimento no Brasil traz grandes perspectivas por obter um posicionamento estratégico com grandes vantagens para o setor fotovoltaico, tendo uma média de 5 horas de sol no dia, se torna um potencial este tipo de sistema de

geração. Com tudo isso se fez uma expectativa de crescimento no setor até 2025 apresentada na figura 5.



Fonte: congresso *Smart energy* 2018 PÁRANA (Dados ANEEL), dados compilados pelos autores do trabalho, e elaborando uma perspectiva.

5- Homologação

Após um breve histórico da energia fotovoltaica no mundo e no Brasil, inicia-se um projeto On grid com o objetivo de homologação na concessionária local, se tratando de uma cidade dentro do estado do Paraná, a concessionária local é a COPEL, o projeto se iniciará com a análise de consumo, posteriormente os cálculos necessários, perdas dentre outros, já em uma segunda etapa, o projeto de homologação apresentando as normas vigentes aplicadas no projeto para que o mesmo seja aprovado.

5.1- Consumo anual de energia

A residência escolhida para a análise de carga e projeto de instalação apresenta o consumo exibido mês a mês pela tabela 1.

Figura 1: Tabela de consumo da residencia X.

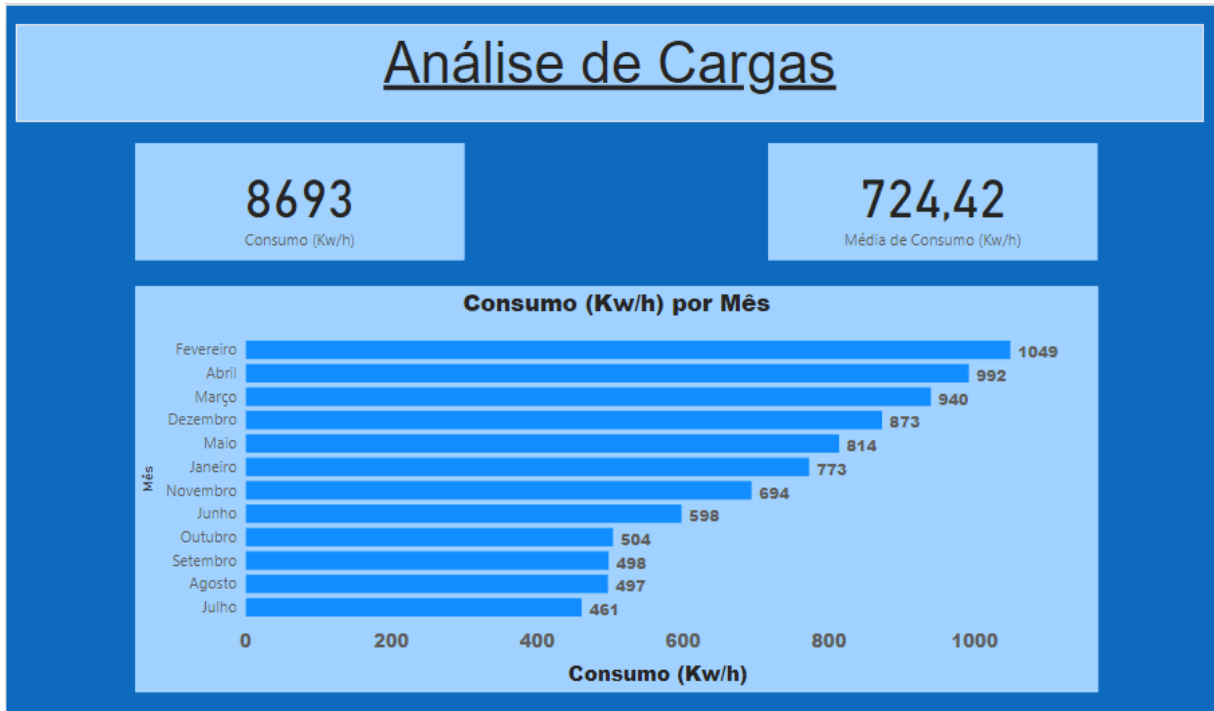


Figura 6: Gráfico gerado através de programa computacional BIM, através de valores de uma fatura de energia fictícia.

6- Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Após a análise da fatura, fazendo uma média mensal de consumo, inicia-se o dimensionamento de projeto, o mesmo por ser on grid pode ser dimensionado para suprir 100% ou menos, ou se o cliente tiver interesse em transferir o excedente pode ser gerado até mais que 100%, mas no presente caso será dimensionado para 100% da fatura com retrospecto de fatura do ano anterior.

6.1- Escolha dos equipamentos.

O primeiro passo do dimensionamento é a escolha da placa solar, para obter sua potência de geração, para o projeto em análise foi escolhido uma placa canadian de 400w do modelo HiKu (SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE/CS3W-390|395|400|405P polycrystalline), modelo escolhido por suas características técnicas dispostas em seu datasheet disposto no anexo 1.

6.2- Irradiação.

A irradiação presente na localidade onde as placas serão instaladas também determina muito a sua produção, as horas de sol presente no decorrer do ano determinam se certa região vai ter uma produção maior ou menor, para esta determinação utiliza-se de dados que se encontram em sites especializados, no Brasil temos o CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito), que consiste em um site que apresenta a irradiação mês a mês, uma média anual, apenas colocando as coordenadas geográficas, outro site que contém este banco de dados é GLOBAL SOLAR ATLAS, que consiste em uma base de dados mundial da radiação presente por uma coordenada geográfica, porém é possível inserir o posicionamento e inclinação do telhado, dando o irradiação presente real, pois a inclinação define muito sobre a geração do sistema, por oferecer esta ferramenta, neste projeto será utilizado o GLOBAL SOLAR ATLAS, pois sua precisão é maior para obtenção de horas sol presente no sistema.

Considerando a localização da presente instalação que se encontram nas coordenadas com latitude de -25.53 e longitude -54.53 indicadas pelo google maps (aplicativo GPS Global Positioning System, que em português significa “Sistema de Posicionamento Global”) que indica o posicionamento de uma residência em Foz do Iguaçu, indica uma irradiação diária de 5,404 kWh/m por dia em uma inclinação ideal (que no presente caso seria 24° para o norte, porém aplicando as condições de telhado e sua posição que está 23° inclinado para o sul e com uma inclinação de telhado que possui uma inclinação de 19° para a instalação dos painéis temos a presente irradiação de 5,342 kWh/m a qual será aplicada nos cálculos de produção.

6.3- Perdas.

Para o cálculo de geração também é indispensável o cálculo de perdas, no caso dos sistemas fotovoltaicos há diversos fatores que geram estas perdas, os fatores são considerados cliente a cliente analisando cada caso em específico podendo assim se obter um cálculo de geração muito aproximado do cliente, um estudo apresentado no livro MANUAL DE ENERGIA FOTOVOLTAICA 2014 cap.6 deu como base algumas porcentagens de perdas, baseando-se neste estudo com as porcentagens apresentadas e levando em consideração o projeto de instalação é

apresentado as perdas geradas no sistema fotovoltaico, e comparando com o modelo do projeto se tem as perdas possíveis.

Os fatores de perdas são apresentados de diversas maneiras, abaixo serão apresentados os fatores relevantes apresentados no livro MANUAL DE ENERGIA FOTOVOLTAICA 2014 cap.6 para que um cálculo de produção, para que se possa chegar a uma potência mais fidedigna à realidade do projeto.

6.3.1- Sombreamento

O sombreamento é o impacto da sombra nos painéis fotovoltaicos, a sombra impede a luminosidade de incidir nas células do módulo fotovoltaico, sem luminosidade, não existe irradiação solar e sem irradiação, não existe produção de energia. O sistema fotovoltaico deve ser instalado em locais sem sombreamento, deve-se observar se no local há árvores na altura ou acima do local onde os módulos serão instalados e se existem prédios ao redor que possam interferir ao longo do dia. este fator de perda tem uma variação de 1% a 5%, dependendo da presença de sombreamento, lembrando que o sombreamento das nuvens não é aplicado.

6.3.2- Poeira

A poeira conhecida como sujeirabilidade também não é um fator de perda imediato, porém com o tempo começa a gerar perdas no sistema, porém é um fator muito variável, variando de acordo com a inclinação do telhado, local da instalação e principalmente a manutenção feita no sistema, com qual frequência será feita a limpeza dos módulos. A variação que se usa normalmente é entre 1 e 5%, onde, quanto menor o fator, menos há possibilidade de poeira.

6.3.3- Mismatch

Nos projetos talvez esse fator de perda seja um dos maiores desafios, o mismatch nada mais é do que a diferença entre a quantidade de energia gerada por dois ou mais módulos fotovoltaicos. explicando de uma forma mais clara, ele ocorre

quando temos módulos conectados na mesma série, ou também no mesmo mppt, com as seguintes características:

- Diferentes características construtivas;
- Pontos da instalação com sombreamento parcial;
- Módulos posicionados em diferentes orientações e inclinações;
- Strings com números de módulos diferentes em um mesmo MPPT.

Na intenção de reduzir estas perdas, nos projetos são aplicadas as recomendações acima, as perdas neste fator variam de fator de perda por mismatch entre 1 a 5%.

6.3.4- Temperatura

Para a surpresa de muitas pessoas, a temperatura elevada causa perdas de eficiência no módulo, fazendo com que o sistema produza menos que o esperado, e este é fator externo que provavelmente mais irá impactar na produção de energia do Sistema Fotovoltaico, é a Temperatura. Ao contrário do que muitos pensam o calor não gera energia solar fotovoltaica. É claro que, na maioria dos casos, o calor está associado à incidência de Sol. Mas temperaturas altas são agentes de perda na geração do Sistema Fotovoltaico. O fator de perda pode ser calculado da seguinte maneira:

$$T_{inst.} = T_{amb} + (T_{amb} - T_{ref})$$

Onde:

$T_{inst.}$: É a diferença entre a temperatura real e a temperatura de referência.

T_{amb} = temperatura ambiente considerada para a operação real no ambiente (vista no mapa acima) de instalação dos módulos fotovoltaicos.

T_{ref} = temperatura de referência para testes de laboratório dos módulos fotovoltaicos, determinado em 25° C.

Para obter-se o valor da diferença entre a potência-pico em condições de laboratório e a estimativa de potência-pico em condições reais de operação, utilizamos a seguinte equação:

$$C_{temp} = {}^{\circ}\text{C}_{mod} * T_{inst}$$

Onde:

Ctemp = coeficiente de correção de temperatura para estimativa de geração

°Cmod = coeficiente de temperatura da potência-pico do módulo fotovoltaico, obtido de seu datasheet.

6.3.5- Cabeamento de corrente contínua (C.C)

Durante a condução da energia em corrente contínua existem perdas causadas pela resistência do cabeamento, onde o valor deste fator de perda vai variar de acordo com a distância dos módulos à string-box do projeto, pois quanto maior a distância, maiores são as perdas. Os valores usuais variam entre 1 a 7%.

6.3.6- Cabeamento corrente alternada (C.A)

Assim como as perdas no cabeamento de corrente contínua, a parte de corrente alternada também possui suas peculiaridades que precisam ser consideradas. Estas também variam de acordo com a distância e condições de instalação. Os valores de perda usuais variam entre 1 a 7%.

6.3.7- Perdas no Inversor

Como em toda conversão de energia, o sistema fotovoltaico tem perdas no inversor de frequência, que variam de 1% a 7%, este fator se encontra no datasheet do produto

7- Aplicação de perdas no projeto

Todos os fatores acima irão variar de acordo com as instalações. Cada projeto é único e deve ser tratado assim. Para ter sempre um valor confiável, é sempre importante uma visita técnica no local e ser verificado todos os fatores que poderão impactar na geração do sistema fotovoltaico e, assim, não haver surpresas indesejadas. As bases dos fatores de perdas foram retiradas do MANUAL DE ENERGIA FOTOVOLTAICA 2014 cap.6 e foi feita uma análise de forma exploratória

para a variação das perdas. Lembrando que para o bom funcionamento do sistema fotovoltaico é primordial a sua manutenção. Após um breve conhecimento sobre os fatores de perdas presente em um sistema fotovoltaico, apresenta-se os números estimados para o projeto a ser instalado, apresentando as análises feitas no local.

Sombreamento

O sombreamento será mínimo por uma parede da casa vizinha que vai gerar um pequeno sombreamento ao fim da tarde consideramos uma perda de 1,5%.

Sujeira

Já no aspecto de perdas por sujeira consideramos uma perda de 2% por ser uma rua com movimento considerável e que tem diversos fatores que geram poeira (construções ao entorno da instalação)

Mismatch

No mismatch a perda considerada foi de 2,5% por ainda não se ter os arranjos da instalação.

Temperatura

Em temperatura temos um clima com uma diferença considerável nos testes com dias muito quentes gerando grandes perdas, sendo assim a perda considerada foi de 6%, Em Foz do Iguaçu existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. De acordo com Köppen e Geiger o clima é classificado como Cfa. Em Foz do Iguaçu a temperatura média é 21.6 °C.

Fazer o cálculo

Perda perto de 9%

Cabeamento de corrente contínua (C.C)

Nos cabeios de rede C.C. por se considerar uma distância pequena (aproximadamente 12 metros o arranjo mais distante) a perda foi considerada em 1%.

Cabeamento corrente alternada (C.A)

Já no caso do cabeamento A.C a distância é maior (aproximadamente 20 metros) e a perda considerada é de 1,5%.

Perdas no Inversor

A eficiência do inversor a ser usado é de 96% apresentado em seu datasheet disposto no anexo 2, então na conversão temos uma perda de 4%.

Com a soma de todas as perdas se totaliza 18,5%.

8- Cálculo de dimensionamento

$$Potência\ Total = \frac{Energia\ de\ Geração}{Tempo\ de\ exposição\ x\ rendimento}$$

$$Potência\ Total = \frac{24,14Kwh/dia}{4,78\ x\ 0,8}$$

$$Potência\ Total = 6,31\ PAINÉIS$$

9-Disponibilidade dos painéis e potência do inversor a ser instalado

Tendo em vista que a disponibilidade deu entre 6 e 7 painéis a opção foi por instalar 7 painéis de 400w.

9.1- Potência do inversor

Potência do inversor= N° de painéis x potência dos painéis.

Potência do inversor=7x400

Potência do inversor=2800w

A potência do inversor seria no mínimo de 2800Kwp, porém não tendo disponibilidade desta potência no mercado foi optado por um inversor FRONIUS de 3Kw para a instalação, tendo suas características disposta no seu datasheet em anexo 2.

10- Softwares auxiliares.

Outra maneira de cálculo existente são as ferramentas disponíveis no mercado, neste projeto não será aplicado estas ferramentas pois o intuito deste trabalho é o projeto de homologação na concessionária, porém o mercado oferece ferramentas de grande aplicação com uma precisão muito grande, uma destas ferramentas é o PVSyst. O PVSyst é um software para auxílio no dimensionamento e projeto de SFV's (sistemas fotovoltaicos) com recursos de simulação, cálculo, emissão de relatório e documentação técnica de sistemas fotovoltaicos de qualquer porte.

Esse software serve como de apoio ao profissional de Energia Solar Fotovoltaica em questões complexas como cálculo de perdas por sombreamento, depreciação dos equipamentos, sujeira nos módulos, qualidade da energia que circula na rede elétrica, análise financeira sob diferentes cenários, produção estimada de energia considerando a eficiência individual de cada equipamento do sistema e vários outros recursos. tendo também o PVsol que oferece os mesmos recursos, entre outros.

11- Homologação

Para a homologação de projetos, independente da área, alguns critérios devem ser seguidos, na parte de engenharia, estes requisitos são trazidos através de normas, para a instalação de sistemas fotovoltaicos as seguintes normas devem ser atendidas. Abaixo são apresentadas as referências normativas exigidas no presente momento para a homologação de projeto na concessionária COPEL.

11.1- Referências Normativas

A ANEEL tem resoluções indispensáveis para projetos fotovoltaicos, as normas aplicadas neste tipo de projeto estão dispostas abaixo:

11.2- Legislação – Aneel

Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010 - Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica;

Resolução Normativa Nº 482 e 517 e 687 - Acesso de microgeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica;

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

A Norma Brasileira traz NBR referente a instalações elétricas aplicadas a projetos fotovoltaicos.

11.3- Normas Brasileiras

NBR 5410- Instalações Elétricas de Baixa Tensão;

As concessionárias locais têm o direito de exigir os projetos de acordo com normas específicas, normativas individuais, aplicadas pela mesma, mas as normas a serem aplicadas nos sistemas fotovoltaicos são um senso comum.

11.4- Normas Técnicas da Concessionária de Energia

- Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão de Uso Individual;
- Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão de Uso Coletivo;

- Conexão de Microgeração e Minigeração ao Sistema de Distribuição em Baixa Tensão.

Além das normas a serem seguidas de forma individual, a documentação exigida também é de forma individual, cabendo a cada concessionária exigir a documentação. A COPEL, concessionária de acesso ao projeto apresentado, exige os seguintes documentos:

1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração.

A concessionária permite que a ART seja emitida por um técnico em sistemas com carga máxima de 10Kw acima disso apenas engenheiros com graduação na área ou afins assine a mesma.

2. Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção (inversor, se for o caso) Medição e memorial descritivo da instalação.

O projeto é exigido de acordo com cada concessionária, a COPEL exige apenas o diagrama unifilar mostrando como está disposta a instalação, neste projeto aplicamos um diagrama unifilar e um diagrama de blocos apresentado no anexo 3 e 4.

3. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.

O certificado de conformidade é um documento onde são preenchidos todos os dados dos inversores, para verificação de conformidade, pois tem que estar homologado junto a ANEEL.

4. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg,

Documento disposto no site da ANEEL, onde todos os dados do cliente e do sistema são dispostos, utilizado para um controle da agência reguladora.

5. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012.

Documento necessário apenas para unidades de geração de energia solar que irão fazer compensação em outras unidades não geradoras. (No presente caso, não será aplicado).

6. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver).

Documento necessário apenas para unidades de geração de energia solar que irão fazer compensação em outras unidades não geradoras. (No presente caso, não será aplicado).

Todos os documentos citados acima se encontram no site da COPEL (NTC 901100 copel.com), a NTC (norma técnica COPEL) disponibiliza todos os documentos necessários para a entrada de projetos, incluindo geração distribuída que abrange energia solar, atendendo todas as normas que a mesma traz, com a apresentação de documentos de forma online, o projeto é aprovado. A concessionária tem o prazo de 40 dias para a avaliação e a resposta é dada através de email.

12 - METODOLOGIA

O processo utilizado é uma busca documental visando todos os passos que são necessários para que se tenha um projeto fotovoltaico do seu início ao fim, apresentando as normas obrigatórias para a sua homologação junto à concessionária local, visando também mostrar alguns dos programas que são utilizados para a obtenção de um bom projeto, como a medição de radiação solar, a simulação da colocação das placas fotovoltaicas, a inclinação das placas entre outros softwares que são utilizados no dia a dia de projetistas solares.

Fazendo um levantamento junto de um cliente real, de como são feitos todos os cálculos do sistema, de como dimensionar, a escolha dos equipamentos para a instalação como o inversor, as placas e condutores elétricos. Também de como fazer a escolha do melhor local para a instalação do sistema.

A documentação apresentada busca uma aprovação na COPEL, mas traz dicas aplicáveis a outros projetos, buscando apresentar de forma simples e objetiva as normas necessárias, com a aplicação de cada norma.

13- CONCLUSÃO

Espera-se que o material proposto nesta pesquisa possa contribuir como um documento de fonte de pesquisa para acadêmicos, e futuros profissionais na área de energia fotovoltaica. O estudo visa as normas técnicas da ANEEL, resoluções que possibilitem a aprovação de um projeto, visa também as normativas da concessionária COPEL, que atende o estado do Paraná, onde o estudo será aplicado, faz um detalhamento de cálculos utilizados, irradiação presente na região, melhor posicionamento de placas, onde buscar as informações para o desenvolvimento do projeto, com o propósito de apresentar cada normativa com sua aplicação prática no projeto, visando no final um projeto com homologação na presente concessionária.

14- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GAVIRIA, Laura Rendón; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; MIZGIER Martín Ordenes. **Influência da configuração urbana na geração fotovoltaica com sistemas integrados às fachadas**. Scielo.

Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000400002&lang=pt> Acesso em: 08 de junho de 2020

ALBUQUERQUE, Ana Carolina Dias de; IMAI, Hugo Eiji; OLIVEIRA, Wesley Ortiz de; REZENDE, Luciana C. S. H. Rezende. **Viabilidade de sistema de geração solar fotovoltaica**. Repositório Digital Unicesumar: Disponível em <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3336>> Acesso em : 08 de junho de 2020.

MACHADO, Carolina T; MIRANDA, Fabio S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. *Revista Virtual de Química*. <<http://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/664>> Acesso em 08 de junho de 2020

MIRANDA, Raul; SORIA, Rafael; ROCHEDO, Pedro; NOGUEIRA, Larissa; SZKKLO, Alexandre; SCHAEFFER, Roberto. **RETGIS: Uma ferramenta para avaliação do potencial de Geração Distribuída no Brasil – O caso da Energia Solar Fotovoltaica**. *Researchgate*. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/306057428_RETGIS_Uma_ferramenta_para_avaliacao_do_potencial_de_Geracao_Distribuida_no_Brasil_-_O_caso_da_Energia_Solar_Fotovoltaica> Acesso em 08 de junho de 2020

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcweb/>> Acesso em 08 de junho de 2020.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <<http://aneel.gov.br/>> Acesso em 08 de junho de 2020.


CRESESB- Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php>> Acesso em 08 de junho de 2020.


PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Publicações CRESESB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf> Acesso em 08 de junho de 2020.

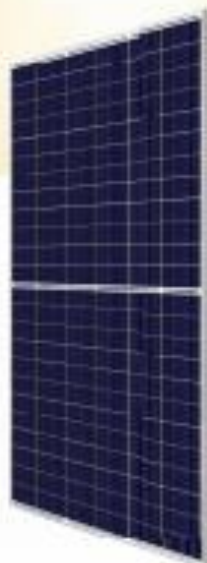
ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica). Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/index.php>> Acesso em 08 de junho de 2020

SERAFIM JUNIOR, V.; SBARAINI, A. H.; GOULART, C.; HORT, J. V.; FEIDEN, A. **Energia fotovoltaica residencial: uma análise econômico financeira de viabilidade**. *Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR*, Umarama, v. 19, n. 2, p. 273290. Disponível em: <<https://www.revistas.unipar.br/index.php/empresarial/article/view/6868>> Acesso em: 08 de junho de 2020

ANEXO 1- Datasheet placa solar














HiKu

SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE
395 W ~ 420 W
 CS3W-395 | 400 | 405 | 410 | 415 | 420P

MORE POWER

-  24 % higher power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 2.7 % lower system cost
-  Low NMDT: 42 ± 3 °C
Low temperature coefficient (P_{max}): -0.35 % / °C
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  Lower internal current, lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa*

25

years linear power output warranty*

12

years enhanced product warranty on materials and workmanship*






*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
 ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / KS / INMETRO
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CSC (csm 315)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 GD2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: IEC
 UNE 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-a-way

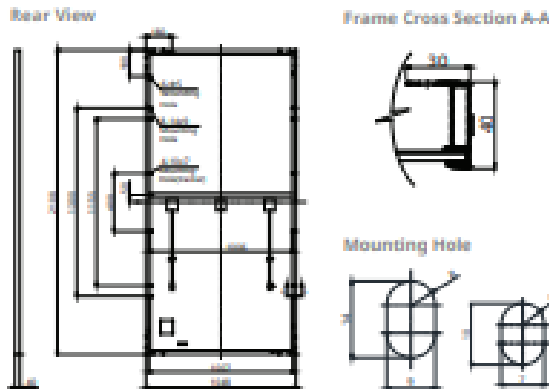
* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

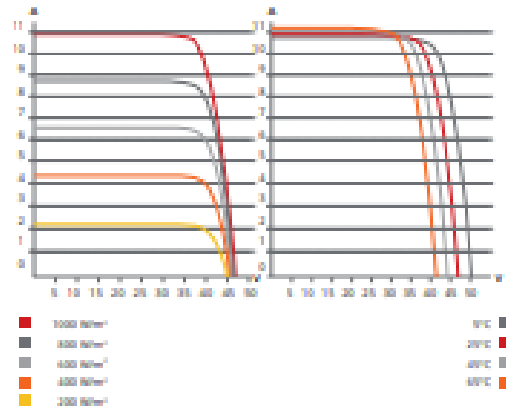
* For detail information, please refer to Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.
 545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3W-400P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	305P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V	39.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A	10.64 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V	48.0 V
Short Circuit Current (Isc)	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A	11.26 A
Module Efficiency	17.9%	18.1%	18.3%	18.6%	18.8%	19.0%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3W	305P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	294 W	298 W	302 W	305 W	309 W	313 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.8 V	36.0 V	36.2 V	36.4 V	36.6 V	36.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.21 A	8.27 A	8.33 A	8.39 A	8.45 A	8.51 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.1 V	44.3 V	44.5 V	44.7 V	44.9 V	45.1 V
Short Circuit Current (Isc)	8.73 A	8.79 A	8.86 A	8.92 A	8.99 A	9.08 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.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.36 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.28 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	-42 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at anytime without further notice.

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.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ANEXO 2- Datasheet inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS PRIMO

FRONIUS
SHIFTING THE LIMITS

 / Plug/Inverter monitoring system
  / Wireless monitoring
  / Open data communication
  / Smart Grid Ready
  / Arc Fault Circuit Interrupter

The transformerless Fronius Primo is the ideal compact single-phase inverter for residential and small-scale commercial applications with power categories from 3.8 to 8.2 kW. In accordance with ESA rules for residential applications, the Fronius Primo can operate efficiently at a maximum input voltage of 600 V. And for increased efficiency and additional cost savings for commercial applications, the Fronius Primo can operate at the maximum input voltage of 1,000 V. Industry-leading features now come standard with the Fronius Primo, including: dual maximum power point tracking, arc fault protection, integrated wireless monitoring and SunSpec Modbus interfaces for seamless monitoring and datalogging via Fronius' online and mobile platform, Fronius Solarweb.

TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO

GENERAL DATA	FRONIUS PRIMO 3.8 - 8.2	FRONIUS PRIMO 10.0-15.0
Dimensions (width x height x depth)	448 x 247 x 8.1 in. / 12.9 x 62.7 x 20.6 cm	28.1 x 24.1 x 8.9 in. / 71.1 x 61.2 x 22.6 cm
Weight	47.9 lb / 21.8 kg	52.7 lb / 23.9 kg
Degree of protection	NEMA 4X	
Night-time consumption	≤ 1 W	
Inverter topology	Transformerless	
Griding	Controlled forced ventilation, variable speed fan	
Installation	Indoor and outdoor installation	
Outdoor operating temperature range	49 to 111.3°F / 10 to 45°C	40 to 140°F / 10 to 60°C
Protection level	IP 65 (2)	
DC connection terminals	2x DC+, 2x DC-, 1 and 2x DC- earth terminals for solid copper and aluminum (standard) / 2x earthed copper and aluminum	2x DC+, 2x DC-, 2 and 2x DC- earth terminals for copper (solid) (standard) / 2x earthed copper and aluminum (solid) (standard)
AC connection terminals	None terminals T2 - 4.0/00	
Remote Diode Monitoring	Optional (ABB/CZC4 accessory)	
Certificates and compliance with standards	IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 60384-14, IEC 60384-15, IEC 60384-16, IEC 60384-17, IEC 60384-18, IEC 60384-19, IEC 60384-20, IEC 60384-21, IEC 60384-22, IEC 60384-23, IEC 60384-24, IEC 60384-25, IEC 60384-26, IEC 60384-27, IEC 60384-28, IEC 60384-29, IEC 60384-30, IEC 60384-31, IEC 60384-32, IEC 60384-33, IEC 60384-34, IEC 60384-35, IEC 60384-36, IEC 60384-37, IEC 60384-38, IEC 60384-39, IEC 60384-40, IEC 60384-41, IEC 60384-42, IEC 60384-43, IEC 60384-44, IEC 60384-45, IEC 60384-46, IEC 60384-47, IEC 60384-48, IEC 60384-49, IEC 60384-50, IEC 60384-51, IEC 60384-52, IEC 60384-53, IEC 60384-54, IEC 60384-55, IEC 60384-56, IEC 60384-57, IEC 60384-58, IEC 60384-59, IEC 60384-60, IEC 60384-61, IEC 60384-62, IEC 60384-63, IEC 60384-64, IEC 60384-65, IEC 60384-66, IEC 60384-67, IEC 60384-68, IEC 60384-69, IEC 60384-70, IEC 60384-71, IEC 60384-72, IEC 60384-73, IEC 60384-74, IEC 60384-75, IEC 60384-76, IEC 60384-77, IEC 60384-78, IEC 60384-79, IEC 60384-80, IEC 60384-81, IEC 60384-82, IEC 60384-83, IEC 60384-84, IEC 60384-85, IEC 60384-86, IEC 60384-87, IEC 60384-88, IEC 60384-89, IEC 60384-90, IEC 60384-91, IEC 60384-92, IEC 60384-93, IEC 60384-94, IEC 60384-95, IEC 60384-96, IEC 60384-97, IEC 60384-98, IEC 60384-99, IEC 60384-100	IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 60384-14, IEC 60384-15, IEC 60384-16, IEC 60384-17, IEC 60384-18, IEC 60384-19, IEC 60384-20, IEC 60384-21, IEC 60384-22, IEC 60384-23, IEC 60384-24, IEC 60384-25, IEC 60384-26, IEC 60384-27, IEC 60384-28, IEC 60384-29, IEC 60384-30, IEC 60384-31, IEC 60384-32, IEC 60384-33, IEC 60384-34, IEC 60384-35, IEC 60384-36, IEC 60384-37, IEC 60384-38, IEC 60384-39, IEC 60384-40, IEC 60384-41, IEC 60384-42, IEC 60384-43, IEC 60384-44, IEC 60384-45, IEC 60384-46, IEC 60384-47, IEC 60384-48, IEC 60384-49, IEC 60384-50, IEC 60384-51, IEC 60384-52, IEC 60384-53, IEC 60384-54, IEC 60384-55, IEC 60384-56, IEC 60384-57, IEC 60384-58, IEC 60384-59, IEC 60384-60, IEC 60384-61, IEC 60384-62, IEC 60384-63, IEC 60384-64, IEC 60384-65, IEC 60384-66, IEC 60384-67, IEC 60384-68, IEC 60384-69, IEC 60384-70, IEC 60384-71, IEC 60384-72, IEC 60384-73, IEC 60384-74, IEC 60384-75, IEC 60384-76, IEC 60384-77, IEC 60384-78, IEC 60384-79, IEC 60384-80, IEC 60384-81, IEC 60384-82, IEC 60384-83, IEC 60384-84, IEC 60384-85, IEC 60384-86, IEC 60384-87, IEC 60384-88, IEC 60384-89, IEC 60384-90, IEC 60384-91, IEC 60384-92, IEC 60384-93, IEC 60384-94, IEC 60384-95, IEC 60384-96, IEC 60384-97, IEC 60384-98, IEC 60384-99, IEC 60384-100

PROTECTIVE DEVICES

	STANDARD WITH ALL PRIMO MODELS
AFCI	Yes
Ground Fault Protection with Isolation Monitor	Yes
DC disconnect	Yes
DC reverse polarity protection	Yes

INTERFACES

INTERFACES	AVAILABILITY	AVAILABLE WITH ALL FRONIUS PRIMO MODELS
USB (1 socket)	Standard	Datalogging and inverter update via USB
RS485 (2 sockets)	Standard	Fronius Solar Web Interface (optional)
Wi-Fi (Ethernet/Serial/Datalogging and software)	Optional	Wireless standard 802.11 b/g/n, Fronius Solarweb, SunSpec Modbus TCP (ACM), SunSpec Modbus RTU
Relays or 3 digital inputs/outputs	Optional	External relay contacts

*The term Wi-Fi is a registered trademark of the Wi-Fi Alliance.

TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO 3.0-1 TO 8.2-1

INPUT DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.0-1	PRIMO 8.2-1	
Max. permitted PV power (kWp)	3.7 kW	7.3 kW	9.0 kW	11.4 kW	12.1 kW	
Max. usable input current (MPPT 1/MPPT 2)	18 A / 18 A	23 A / 23 A	18 A / 18 A	23 A / 23 A	18 A / 18 A	
Total max. DC current	36 A					
Max. admissible input current (MPPT 1/MPPT 2)	27 A					
Operating voltage range	80 V - 1,000 V					
Max. input voltage	1,000 V					
Nominal input voltage	440 V	620 V	420 V	620 V	420 V	
Admissible conductor size DC	AWG 14 - AWG 4					
MPP voltage range	100 - 800 V	240 - 800 V	240 - 800 V	250 - 800 V	270 - 800 V	
Number of MPPT	2					
OUTPUT DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.0-1	PRIMO 8.2-1	
Max. output power	240 V 300 V	1,600 W 1,600 W	1,000 W 1,000 W	4,000 W 4,000 W	7,400 W 7,400 W	8,200 W 7,600 W
Max. output fault current / Duration	240 V	181 A Peak / 150 ms	181 A Peak / 150 ms	181 A Peak / 150 ms	181 A Peak / 150 ms	181 A Peak / 150 ms
Max. continuous output current	240 V	15.8 A	20.8 A	20.8 A	32.7 A	34.2 A
Recommended GCFD/AC breaker size	240 V	20 A	30 A	30 A	40 A	41 A
	300 V	21 A	30 A	40 A	50 A	50 A
Max. efficiency (Site version)	97.9 %					
CEC efficiency (Site version)	240 V	98.3 %	98.3 %	98.3 %	97.0 %	97.0 %
Admissible conductor size AC	AWG 14 - AWG 6					
Grid connection	208 / 240 V					
Frequency	60 Hz					
Total harmonic distortion	< 3.0 %					
Power factor (cos φ _{grid})	0.99 - 1.00 (typ.)					

TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO 10.0-1 TO 15.0-1

INPUT DATA	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.0-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1
Max. permitted PV power (kWp)	11.00 kW	17.10 kW	18.70 kW	23.00 kW
Max. usable input current (MPPT 1/MPPT 2)	31.8 A / 18.0 A			
Total max. DC current	51 A			
Max. admissible input current (MPPT 1/MPPT 2)	49.5 A / 27.0 A			
Operating voltage range	80 V - 1,000 V			
Max. input voltage	1,000 V			
Nominal input voltage	440 V	640 V	640 V	640 V
Admissible conductor size DC	AWG 14 - AWG 6 copper direct, AWG 8 aluminum direct, AWG 4 - AWG 2 copper or aluminum with optional input combiner			
MPP Voltage Range	220 - 800 V	240 - 800 V	260 - 800 V	320 - 800 V
Number of MPPT	2			
OUTPUT DATA	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.0-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1
Max. output power	240 V 300 V	9,991 W 11,490 W	12,000 W 12,000 W	15,000 W 15,700 W
Max. output fault current / Duration	240 V	916 A Peak / 4.00 ms	916 A Peak / 4.00 ms	916 A Peak / 4.00 ms
Max. continuous output current	240 V	41.6 A	47.0 A	52.3 A
Recommended GCFD/AC breaker size	240 V	45.1 A	51.8 A	60.1 A
	300 V	46 A	70 A	80 A
Max. efficiency (Site version)	97.9 %			
CEC efficiency (Site version)	240 V	98.3 %	98.3 %	96.7 %
Admissible conductor size AC	AWG 10 - AWG 2 copper (solid / stranded) / four stranded, AWG 6 - AWG 2 copper (solid / stranded)			
Grid connection	208 / 240 V			
Frequency	60 Hz			
Total harmonic distortion	< 3.0 %			
Power factor (cos φ _{grid})	0.99 - 1.00 (typ.)			

ANEXO 3- Diagrama Unifilar
Figura 1

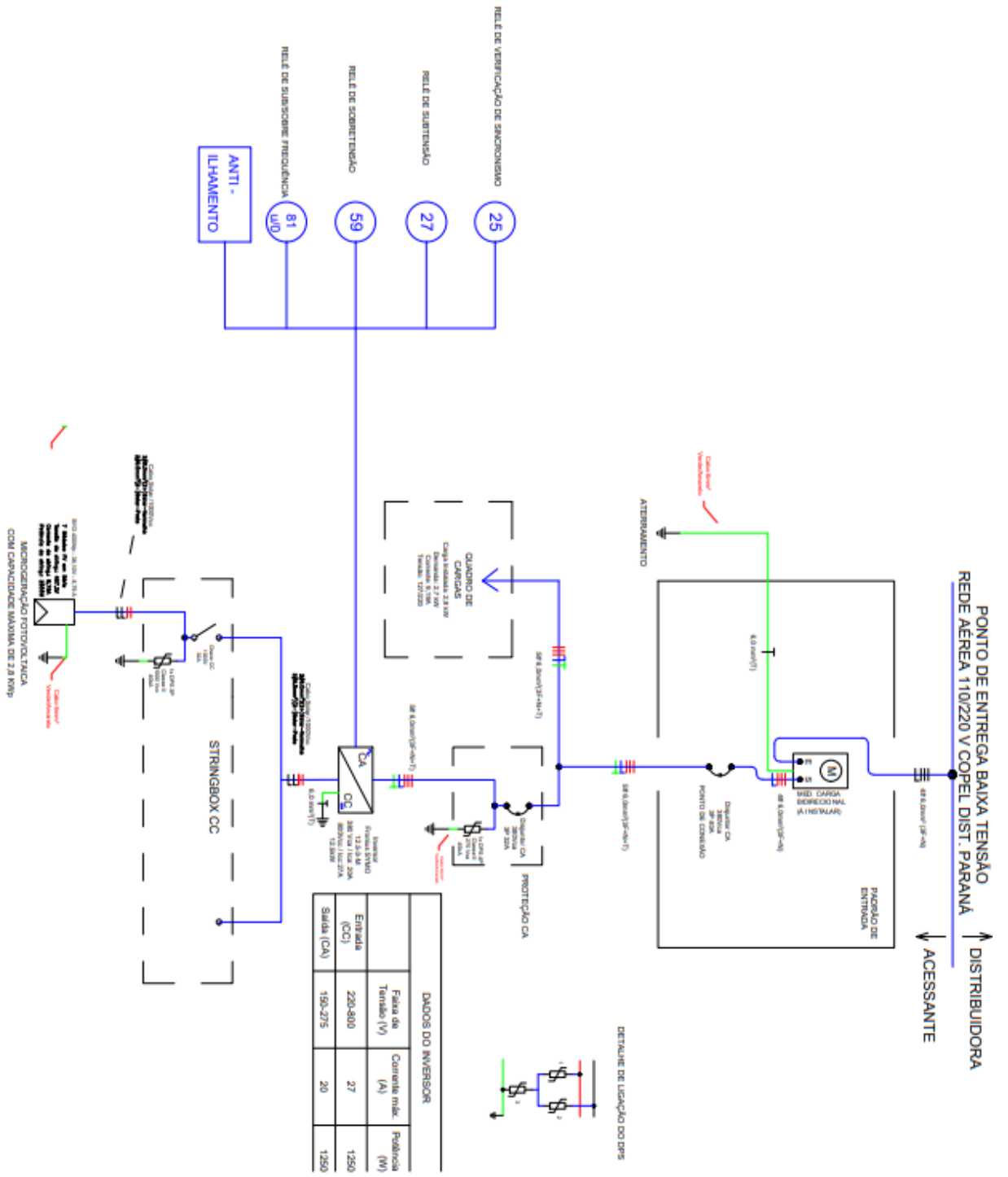
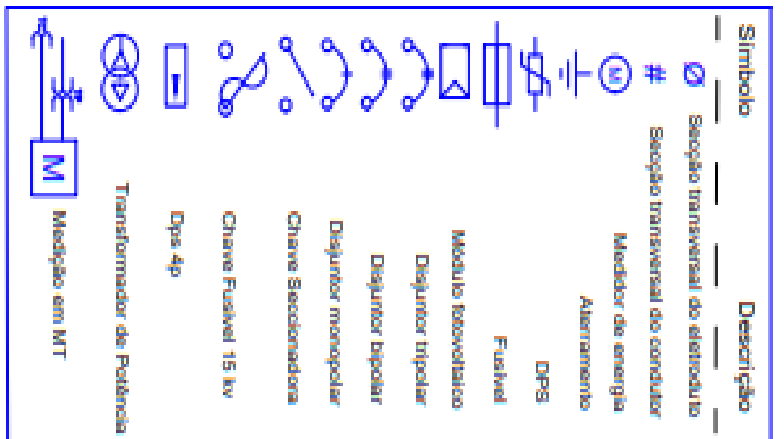
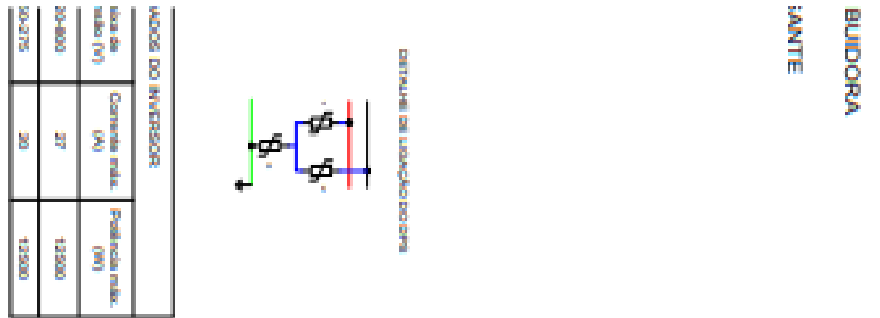


Figura 2



NOTA: O SISTEMA ESTÁ COMPLETAMENTE EQUIPOTENCIADO

Figura 1

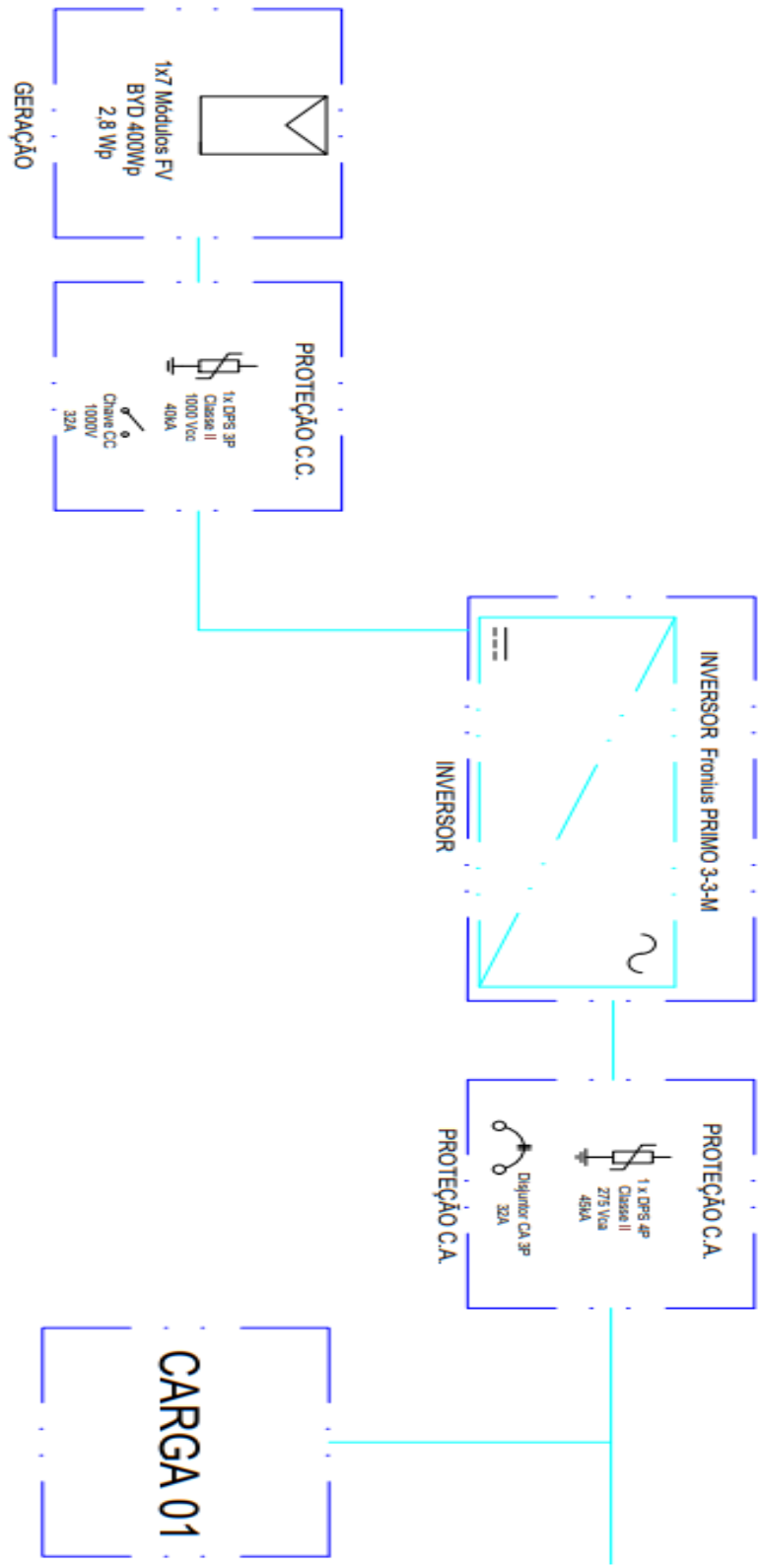


Figura 2

