

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DOUGLAS LEIBA MONTEIRO

**DIMENSIONAMENTO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA EM UMA
BORRACHARIA**

MEDIANEIRA

2023

DOUGLAS LEIBA MONTEIRO

**DIMENSIONAMENTO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA EM UMA
BORRACHARIA**

Dimensioning of a photovoltaic plant in a rubber shop

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação,
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Thiago Naufal Santelo

MEDIANEIRA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

DOUGLAS LEIBA MONTEIRO

**DIMENSIONAMENTO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA EM UMA
BORRACHARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação,
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 14/abril/2023

Thiago Naufal Santelo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Evandro André Konopatzki
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcos Fischborn
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2023

Dedico este trabalho à minha família, e a todos meus amigos que me ajudaram a chegar à conclusão do curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço a minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

Agradeço ao meu irmão gêmeo, Diego, que me apoiou psicologicamente e ativamente para a conclusão do meu trabalho.

O meu orientador, Prof^o. Dr Eng. Thiago Naufal que me orientou e ajudou com dedicação e companheirismo. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

A minha família por dar todo suporte e apoio para não desistir, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

A todos os meus amigos da universidade que me apoiaram e ajudaram nos estudos para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A minigeração fotovoltaica é um sistema de geração de energia elétrica em pequena escala utilizando painéis solares fotovoltaicos. Nesse sistema, a energia solar é convertida em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, no qual células fotovoltaicas nos painéis solares transformam a luz solar em corrente elétrica, os sistemas de minigeração fotovoltaica podem ser conectados à rede elétrica, permitindo o fornecimento de energia excedente para a rede ou operar de forma independente, alimentando diretamente a demanda local. Isso oferece benefícios econômicos, ambientais e energéticos para os usuários e para a sociedade como um todo. Esse estudo teve como foco projetar um sistema de energia solar, com 75 kWp, classificado de acordo com as normas atuais como minigeração, foi utilizado dados de irradiação global de software para o dimensionamento do sistema fotovoltaico. A região analisada para implantação do sistema apresentou condições adequadas de irradiação solar. O estudo descreveu a metodologia de dimensionamento de um sistema de minigeração distribuída, incluindo cálculos de potência, proteções e autotransformador, além dos requisitos para homologação junto à COPEL. A implantação do sistema geraria economia mensal significativa, com retorno do investimento em cerca de três anos, embora não seja capaz de cobrir totalmente a demanda devido a demanda contratada da unidade consumidora.

Palavras-Chave: geração fotovoltaica; energia solar; células solares.

ABSTRACT

Photovoltaic minigeneration is a small-scale electric power generation system using photovoltaic solar panels. In this system, solar energy is converted into electricity through the photovoltaic effect, in which photovoltaic cells in solar panels transform sunlight into electrical current. The grid or operate independently, directly feeding local demand. This offers economic, environmental and energy benefits to users and society as a whole. This study focused on designing a solar energy system, with 75 kWp, classified according to current standards as mini-generation, global irradiation data from software was used for sizing the photovoltaic system. The region analyzed for the implantation of the system presented adequate conditions of solar irradiation. The study described the dimensioning methodology for a distributed minigeneration system, including calculations for power, protections and autotransformer, in addition to the requirements for approval by COPEL. The implementation of the system would generate significant monthly savings, with return on investment in about three years, although it would not be able to fully cover the demand due to the contracted demand of the consumer unit.

Keywords: photovoltaic generation; solar energy; solar cells.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Potencial de geração de energia solar do Brasil.....	14
Figura 2 - Maior usina solar do mundo	23
Figura 3 - Maior usina solar do Brasil.....	24
Figura 4 - Funcionamento simplista SFVCR/ Grid-TIE.....	24
Figura 5 - Procedimento junto à concessionária de energia, instalação e conexão de sistemas fotovoltaicos GRID-TIE.....	29
Figura 6 - Porcentagem encargos Lei 14.300/2022	31
Figura 7 - Estados isentos ICMS para geração de energia SFVCR/ Grid-TIE	33
Figura 8 - Exemplo de fatura COPEL.....	40
Figura 9 - Geração estimada.....	47
Figura 10 - Inversor solar	48
Figura 11 - Dimensionamento proteção CC	50
Figura 12 - Dimensionamento proteção CA	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climáticos e irradiação solar no Brasil.....	15
Tabela 2 - Irradiação solar do banco de dados do CRESESB	43
Tabela 3 - Histórico de consumo	44
Tabela 4 - Dados da fatura de energia	44
Tabela 5 - Informações Técnicas do Sistema Fotovoltaico	45
Tabela 6 - Dados elétricos do módulo solar	48
Tabela 7 - Dados elétricos do inversor solar	48
Tabela 8 - Preço do Material Fotovoltaico.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGRAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre.
ACR	Ambiente de Contratação Regulada.
AIE	Agência Internacional de Energia.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
CA	Corrente Alternada.
CC	Corrente Contínua.
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica.
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social.
CONFAZ	Conselho Nacional da Política Fazendária - Ministério da Fazenda.
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas.
FV	Fotovoltaico.
Grid-TIE	Sistemas inteligentes conectados.
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration.</i>
OMM	Organização Meteorológica Mundial.
PF	Pessoa Física.
PJ	Pessoa Jurídica.
PIS	Programa de Integração Social.
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
PRI	Painel de Recursos Internacional.
PROGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica.
RN	Resolução Normativa.
CSP	Central solar termodinâmica concentrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	12
1.2	Objetivo geral.....	12
1.3	Objetivo específicos.....	12
1.4	Justificativa.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Energia solar.....	16
2.2	Insolação solar	17
2.3	Sistemas fotovoltaicos (SFV)	18
3	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE	21
3.1	Operação, recursos e ações anti-ilhamento	24
3.2	Mini e microgeração dentro da Resolução Normativa 482/2012	26
3.2.1	Isenção de tributações concedidas	29
3.2.1.1	ICMS	29
3.2.1.2	PIS E COFINS.....	30
3.2.1.3	Compensação de créditos por posto horário	31
3.2.2	Viabilidade de venda/geração de crédito por demanda contratada	32
3.2.2.1	Validade dos créditos de energia solar.....	32
3.2.2.2	Possibilidades de transferência dos créditos de energia.....	32
3.2.3	Medição de energia com relógio bi-direcional	33
3.3	Vantagens e Desvantagens do sistema do fotovoltaico - conectado à rede.....	33
4	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1	Dados sobre o Sistema Fotovoltaico.....	35
4.2	Dados sobre a radiação solar e unidade consumidora	35
4.3	Painel solar e Inversor solar.....	36
4.4	Dimensionamento do sistema fotovoltaico	37
5	RESULTADOS.....	41
5.1	Dimensionamento do sistema fotovoltaico	41
5.1.1	Irradiação Solar	41
5.1.2	Análise de consumo da unidade consumidora	41
5.1.3	Dimensionando o Sistema Fotovoltaico	43
5.1.3.1	Inversor solar.....	44
5.1.4	Dimensionamento das Proteções.....	45
5.2	Arranjo dos Painéis Solares	48
5.3	Documentos apresentados à copel	48
5.3.1	Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída.....	48
5.3.2	ART (Anotação de Responsabilidade Técnica).....	49
5.3.3	Projeto Unifilar	50

5.3.4	Diagrama de Blocos	50
5.3.5	Memorial Descritivo	51
5.3.6	Registro do Inversor Solar	51
5.3.7	Retorno financeiro (Payback)	51
6	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICE A - Croqui disposição dos módulos fotovoltaicos na cobertura	61
	APÊNDICE B - Projeto Unifilar.....	63
	APÊNDICE C - Diagrama de Blocos	65
	ANEXO A - Datasheet Vertex DE21	67
	ANEXO B - Datasheet inversor solar Growatt Max100KTL3 MV.....	69
	ANEXO C - Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída	71
	ANEXO D - Termo de Responsabilidade Técnica	73

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas inteligentes de energia elétrica, que são mundialmente conhecidos pela sigla Grid-TIE, na vertente sustentável têm sido mais comumente conectados a Sistemas Fotovoltaicos (SFV); passando essa “junção” a ser chamada de “Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica inteligente de distribuição (SFVCR/ *Grid-TIE*)” (SANTOS, 2013; SANTANA-RODRIGUEZ *et al.*, 2013).

Os SFVCR/ *Grid-TIE*, nada mais são do que um “tipo” de equipamento inversor que permite a Corrente Contínua (CC) gerada nos painéis solares dos SFV seja convertida em Corrente Alternada (CA), podendo essa ser adaptada a: 1) gerar qualquer percentual de energia desejado, e 2) vender o excedente energético gerado a concessionária local. Tais atos permitem que o consumidor que dispõe de energia solar, deixe, em alguns momentos, de ser “cativo” no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) para ser “ofertivo” no Ambiente de Contratação Livre (ACL) (ANEEL, 2012a; ANEEL, 2012b; SANTOS, 2013).

Por isso os sistemas fotovoltaicos, que já seguem viáveis a serem utilizados em diversos municípios brasileiros, têm sido indicados como uma forma inteligente, sustentável e segura de distribuir energia elétrica por meio de ações interligadas entre todos os usuários da base energética nacional (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011; SANTOS, 2013; SANTANA-RODRIGUEZ *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2017; AVELLAR; 2018; ESFERA, 2020).

No entanto, ainda são pouco representativos no Brasil, principalmente, de serem esses pouco adotados nos domicílios do país. Para que isso seja alterado alguns atos tem de ser repensados no que diz respeito: 1) formação técnica de mais profissionais focados nas especificidades dos Sistemas Fotovoltaicos/Grid-TIE, e 2) ampliação junto aos profissionais já formados no segmento acerca das regulações e bases normativas vigentes no país ao uso pleno de referidos sistemas em domicílios. Tais atos (1 e 2) permitirão que existam profissionais que, assertivamente, conseguirão dimensionar nichos, os benefícios do emprego da energia fotovoltaica a cada caso/ realidade, o que acabará viabilizando que sejam esses sistemas mais comumente ofertados, instalados e utilizados nos domicílios brasileiros (TOLEDO, 2012; PINTO, 2013).

1.1 Objetivos

1.2 Objetivo geral

Fazer o dimensionamento de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em uma borracharia.

1.3 Objetivo específicos

- Realizar levantamento no local da área de instalação,
- Levantar histórico de consumo;
- Dimensionar materiais elétricos e equipamentos do projeto;
- Elaborar dimensionamento do sistema fotovoltaico;

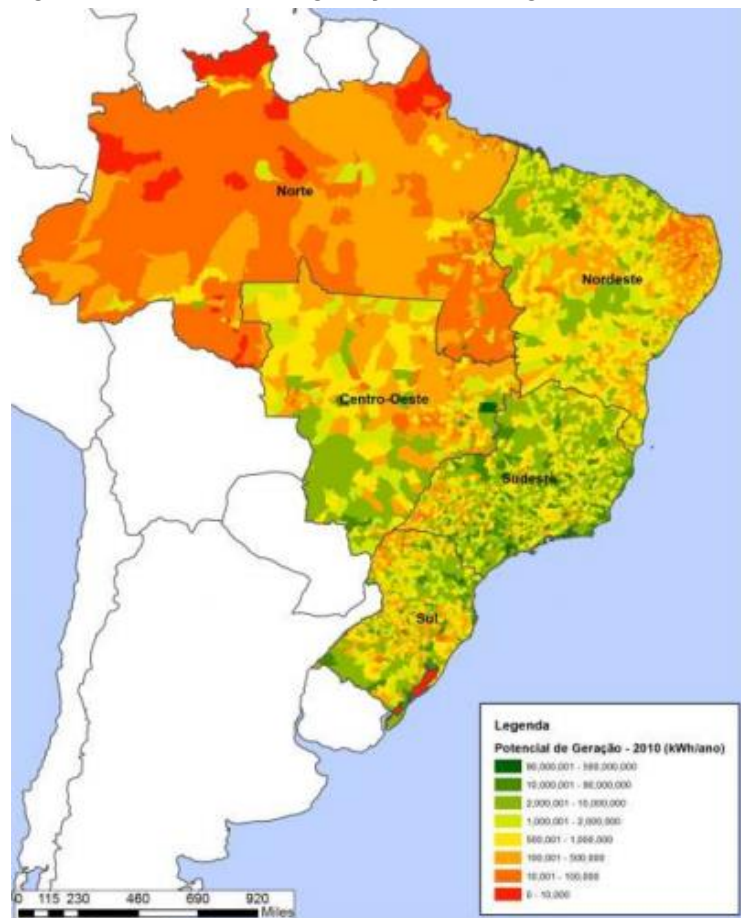
1.4 Justificativa

Fazer um projeto de energia solar em uma borracharia apresenta vantagens relevantes, tais como:

- Reduzir custos operacionais com energia elétrica.
- Minimizar a dependência de fontes de energia não renováveis.
- Utilizar a estrutura já existente no local, adequada para o investimento em energia solar.
- Aumentar o valor do imóvel.
- Suprir a demanda energética da unidade consumidora.
- Utilizar o excedente de energia gerada para abater em outra unidade consumidora.
- Contribuir para a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade.

A figura 1 mostra o potencial de geração de energia solar do Brasil que torna evidente a grande capacidade de geração fotovoltaica do país.

Figura 1 - Potencial de geração de energia solar do Brasil



Fonte: Cruz (2016, p. 118).

Tabela 1, a seguir alocada, dispõe de dados climáticos, aferidos por Cruz (2016), a respeito da irradiação solar diária e da temperatura média do ar, dados dispostos em referida tabela tem como base achados da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Tabela 1 - Dados climáticos e irradiação solar no Brasil

Cidades representativas	Latitude (°)	Longitude (°)	Irradiação solar diária - horizontal (KWh/m ² /d)	Irradiação solar diária - Inclinação (KWh/m ² /d)	Temperatura do ar (°C)
Belo Horizonte	-19,85	-43,95	4,34	4,47	22,33
Belém	-1,38	-48,48	5,05	5,02	26,68
Boa vista	2,83	-60,7	5,00	4,85	28,34
Bom Jesus da Lapa	-13,25	-43,44	5,73	5,84	25,47
Brasília	-15,79	-47,88	5,34	5,53	23,81
Campo Grande	-20,47	-54,67	5,1	5,24	24,51
Cuiabá	-15,65	-56,1	5,09	5,16	26,91
Curitiba	-25,52	-49,17	4,31	4,43	17,51
Florianópolis	-27,67	-48,55	4,24	4,36	20,999
Fortaleza	-3,78	-38,53	5,84	5,78	27,41
Jacareacanga	-6,27	-57,66	4,75	4,77	26,93
Manaus	-3,15	-59,98	4,61	4,59	27,24
Petrolina	-9,38	-40,51	5,72	5,7	25,89
Porto Nacional	-10,72	-48,58	5,03	5,11	25,59
Porto Velho	-8,77	-63,92	4,56	4,59	26,43
Recife	-8,07	-34,85	5,89	5,78	27,52
Rio de Janeiro	-22,92	-43,17	4,49	4,65	23,72
Salvador	-13,02	-38,52	5,27	5,17	24,84
Santa Maria	-29,69	-53,83	4,54	4,67	19,86
São Paulo	-23,62	-46,65	3,96	4,05	20,05
Média			4,94	4,99	24,60

Fonte: Cruz (2016, p. 51).

É importante ressaltar que o sistema solar conectado à rede deve ser constituído, basicamente, por um arranjo de vários componentes, incluindo: a) painéis solares, para captar a irradiação solar e transformar em eletricidade; b) inversores solares que transformam Corrente Contínua (CC) em Corrente Alternada (CA); c) unidade de condicionamento de energia, e d) equipamento de ligação à rede.

Não se pode abster ao fato de que um SFVCR/ Grid-TIE: 1) ao contrário dos sistemas independentes, raramente se utilizam de bateria para armazenar energia, uma vez que toda energia excedente no sistema é cedida à rede pública; 2) podem dispor problemas com a regulação de tensão, “prejudicando” fluxos

intermitentes/oscilatórios que acabam por comprometer reguladores e dessensibilizar relés, comprometendo a segurança e a qualidade da energia, e 3) A base nacional possui custos elevados de manutenção de rede.

Desse modo, tem-se que o estudo se justificou por trazer, direta ou indiretamente, benefícios variados a base social, científica e produtiva, visto a fomentação que o mesmo ofertou / ofertará sobre o tema, junto a estudantes, profissionais da área e interessados nesse contexto, ao ampliar em meio aos mesmos entendimentos sobre a sustentabilidade e geração de energia limpa e renovável.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Energia solar

A terra da superfície do planeta, os oceanos e a atmosfera absorvem a radiação/ energia solar, e isso levanta sua temperatura. O ar quente contendo água evaporada dos oceanos sobe, fazendo a circulação atmosférica ou convecção. Quando o ar atinge uma altitude elevada, onde a temperatura é baixa, o vapor de água se condensa em nuvens, que chove na superfície da Terra, completando o ciclo da água. O calor latente de condensação da água amplifica convecção, produzindo fenômenos atmosféricos, tais como vento, ciclones e anti-ciclones. A luz solar absorvida pelos oceanos e as massas de terra mantém a superfície a uma temperatura média de 14 °C. Por fotossíntese plantas verdes convertem energia solar em energia química, que produz alimentos, madeira e biomassa a partir de combustíveis fósseis que são derivados (MENDEZ-MUÑIZ; CUERVO GARCIA, 2012).

A irradiação solar total absorvida pela atmosfera, oceanos e massas de terra é de aproximadamente 3.850.000 EJ/ ano. A quantidade dessa energia que atinge a superfície do planeta é tão grande que no ano é cerca de duas vezes mais, a energia que será obtida a referente aos recursos não-renovável do planeta, tais como carvão, petróleo, gás natural e urânio extraído (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

O potencial de energia que pode ser utilizado por humanos é diferente da quantidade presente próximo da superfície do planeta, pois fatores como a geografia, variação de tempo, a cobertura de nuvens e a superfície disponível para os seres humanos limita a quantidade que se pode adquirir, ela pode ser aproveitada em diferentes níveis, principalmente dependendo da distância do equador. A cobertura de nuvens pode afetar o potencial de captação, porque as nuvens bloqueiam a luz recebida do sol e reduzem a luz disponível para as placas solares. Em áreas da Terra que são bastante nebulosas, como as cidades do Sudão, Dakar, Bangladesh e Salt Lake City o aumento da cobertura de nuvens pode limitar a eficácia das células solares (ADALBO, 2012).

Ainda segundo Adalbo (2012), se pode indicar que aproximadamente 30% da insolação solar recebida no planeta Terra é refletida de volta ao espaço, enquanto o restante é absorvido pelas nuvens, oceanos e as massas de terra. Referido autor ainda destaca que a maioria das pessoas ao redor do mundo vivem em áreas com

níveis de insolação de 150 a 300 watts por metro quadrado ou 3,5 a 7,0 kWh/ m² por dia.

Essa energia solar pode ser aproveitada em uma variedade de tecnologias que estão em constante evolução, tais como aquecimento solar, energia fotovoltaica, fotossíntese artificial, entre outras (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Segundo Banyeres (2012) essa energia é uma importante fonte de energia renovável e suas tecnologias são amplamente caracterizadas como solar passivo ou solar ativo, dependendo da forma como eles capturam, convertem ou distribuem, sendo essas descritas como:

- Técnicas solares ativas – as mesmas incluem o uso de sistemas fotovoltaicos, energia solar concentrada e aquecimento solar de água para aproveitar a energia.
- Técnicas solares passivas – as mesmas incluem a orientação de um edifício para o sol, a seleção de materiais com favoráveis massas térmicas, propriedades ou luz de dispersão e o projeto de espaços onde existirá circulação natural de ar.

No Brasil desde 2011, a AIE afirma que o desenvolvimento de tecnologias de energia voltadas a melhor aproveitar a insolação solar traria benefícios enormes, a médio e longo prazo, para todo o planeta, tais como: 1) aumentar a segurança energética dos países através de dependência de um recurso endógeno inesgotável; 2) melhorar a sustentabilidade; 3) redução da poluição; 4) redução de custos de mitigação do aquecimento global, e 5) redução da utilização de combustíveis fósseis (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

2.2 Insolação solar

Insolação solar é a quantidade total de radiação/ energia solar recebida em uma determinada área de superfície terrestre durante um determinado espaço de tempo. A insolação solar também pode ser expressa como: 1) Irradiação horária - se

gravado durante uma hora, e 2) Irradiação diária - se gravado durante um dia. (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A unidade recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) é a megajoules por metro quadrado (MJ/m^2) ou joule por milímetro quadrado (J/mm^2) (ADALBO, 2012).

Uma unidade de medida alternativa é a Langley (1 caloria termoquímica por centímetro quadrado ou $41.840\text{ J}/\text{m}^2$). Profissionais no ramo, podem usar a unidade de watt-hora por metro quadrado (Wh/m^2). Se esta energia é dividida pelo tempo de gravação em horas, isto é, em seguida, uma densidade de energia chamado irradiância, expresso em Wh/m^2 . Nessa vertente cabe ser destacado que a insolação direta é a energia de irradiância média de um determinado ponto da Terra com um elemento de superfície perpendicular aos raios do Sol, excluindo insolação difusa.

No entanto, Banyeres (2012), dita que, em seu entendimento, a insolação direta é igual à constante solar menos as perdas atmosféricas, devido à absorção e dispersão. Assim, enquanto a constante solar varia com a distância Terra-Sol e ciclos solares, as perdas dependem da: hora do dia (comprimento do caminho da luz através da atmosfera, dependendo do ângulo de elevação solar); cobertura de nuvens; umidade conteúdo, e de demais impurezas.

No decorrer de um ano, a radiação solar média que chega na parte superior da atmosfera terrestre, em qualquer ponto no tempo, é de aproximadamente $1366\text{ Wh}/\text{m}^2$. O poder radiante é distribuído no espectro eletromagnético, embora a maior parte do poder esteja na luz visível da porção do espectro. Os raios do sol são atenuados conforme passam através da atmosfera, reduzindo a irradiância na superfície da Terra a cerca de $1000\text{ Wh}/\text{m}^2$ para uma superfície perpendicular aos raios do sol ao nível do mar em um dia claro (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Desse modo, ao calcular a saída de, por exemplo, um Sistema Fotovoltaico (SFV), o ângulo do sol em relação ao painel tem de ser tido em conta (distância zênite), bem como a insolação.

2.3 Sistemas fotovoltaicos (SFV)

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez por Alexandre-Edmond Becquerel, em 1839; estando esse termo relacionado ao modo de funcionamento imparcial de um fotodiodo na qual a corrente, através do dispositivo, é inteiramente transduzido, devido à energia luminosa captada, dispendo geração. (MENDEZ-MUÑIZ; CUERVO GARCIA, 2012).

Na contemporaneidade a energia fotovoltaica é considerada como uma das fontes mais comuns de energia limpa e renovável empregada em base domiciliares do mundo.

Nesse contexto, não se pode deixar de notar que a quarta maior fonte de energia limpa e renovável no mundo é a energia fotovoltaica (ficando atrás da energia hidráulica, eólica, maremotriz e geotérmica, nessa ordem), em 2014, a capacidade de geração aumentou para 177 gigawatts (GW), o que equivale a 2% da demanda global de eletricidade.

Sistemas fotovoltaicos vêm aumentando devido à ações como: 1) Geração sem poluição, o mesmo é sustentável; 2) com o mesmo é possível obter gerações personalizadas de acordo com a necessidade do usuário, e 3) os SFV podem ser pequenos, voltados para bases residenciais, ou grandes, voltados para usinas na geração de várias dezenas de kilowatts (VILLALVA; GAZOLI, 2012; CAMARGO *et al.*, 2016).

Um sistema de geração solar tem a finalidade de captar energia solar e transformar em energia elétrica, através das células solares presentes nas placas fotovoltaicas, posteriormente utiliza-se um inversor solar para transformar a Corrente Contínua (CC) para Corrente Alternada (CA), bem como a montagem, cabos e outros acessórios elétricos (MENDEZ-MUÑIZ; CUERVO GARCIA, 2012).

Vale ressaltar que, desde 2015, tem sido observado um crescimento exponencial do ramo fotovoltaico, em 2016 a capacidade de geração era cerca de 200 GW, o que representava um aumento de 40 vezes do que a capacidade instalada de 2006 (CAMARGO *et al.*, 2016). Atualmente esse número, em escala global é de 1424 e 2003 kWh/kWp (SOLAR, 2022a).

Santos (2013) evidencia que tivemos grande aumento de sistemas fotovoltaicos em casas domiciliares, devido a quatro pontos:

1. Sustentabilidade – a população se preocupou com meio ambiente e

favoreceu e estimulou o uso de fontes alternativas de energia que fez com o que a solar tivesse grandes avanços;

2. Avanços tecnológicos – contribuindo com produção em massa e diminuindo os custos para aquisição do sistema, tornando mais acessível para os clientes;
3. Vantagem financeira – payback do investimento a médio prazo e ganho financeiro a longo prazo, além de uma vida útil de aproximadamente 30 anos;
4. Aumento da segurança e da fidedignidade – com o avanço de sistemas solares implementados em residências e indústrias, tivemos grande aumento na confiabilidade, eficiência e segurança.

Segundo Santos (2013), conforme os itens supra citados 1, 2 e 3, se consolidaram no mercado, vários países, inclusive o Brasil, passaram a disponibilizar incentivos (ligados ao cunho financeiro e/ou tributável) às organizações e/ou unidades residenciais que se utilizavam do sistema fotovoltaico, o que acarretou e aqueceu a busca por implementar tal sistema. Por isso, a AIE tem grandes expectativas e acredita na evolução para que seja a maior fonte de produção de energia elétrica do mundo até 2050; sendo que dessa mais de 16% da demanda global de energia advenha de sistema conectados à rede de distribuição (SFVCR/ Grid-TIE) 2 (VILLALVA; GAZOLI, 2012; SANTOS, 2013; CAMARGO et al., 2016).

3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE

A solar, pode ser classificada de dois “tipos”: 1) conectadas à rede (SFVCR/ Grid-TIE), e 2) os desconectados da rede (SFVDR, *off-grid* ou *stand-alone*). (VILLALVA; GAZOLI, 2014).

No que diz respeito ao SFVCR/ Grid-TIE é verdadeiro dizer que esse é um sistema gerador de eletricidade que segue ligado à rede (Grid-TIE) pública, sendo o mesmo constituído, basicamente, por painéis solares, um ou vários inversores e equipamento de ligação à rede.

É interessante ressaltar que o sistema pode variar de um pequeno sistema de telhado a atender uma residência ou pequeno comércio até um grande sistema alocado em usinas solares, estando esses voltados a atender demanda pública (OĞZ; ÖZSOY, 2015; LOPEZ-SANTOS *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2017).

Figura 2 - Maior usina solar do mundo



Fonte: Solar (2022a, p. 1).

Figura 2 apresenta maior usina solar do mundo, instalada próximo a Rosamond na Califórnia e inaugurada em junho de 2015. A mesma foi projetada para 579.000kWp (579MWp); e possui 1.700.000 painéis fotovoltaicos os quais ocupam uma área no deserto de aproximadamente 13km² (SOLAR, 2022).

Figura 3 - Maior usina solar do Brasil



Fonte: Solar (2022a, p. 1).

Figura 3 apresenta a maior usina solar do Brasil, construída para fins de comércio, pesquisa e desenvolvimento pela Tractebel; a mesma está localizada na cidade de Tubarão – SC, detém 19.424 painéis fotovoltaicos e potência total de 3.000kWp (3MWp) (SOLAR, 2022).

Dentro de tal temática é pertinente ressaltar que diversos pesquisadores indicam que sistemas pequenos, voltados a atender domicílios e/ou pequenos comércios, vem se tornando, cada dia, mais ativos no mercado em face, especialmente, de duas ações: 1) redução dos custos dos mesmos, elevando seu acesso a população em geral e 2) possibilidade de com esses ser possível transferir a energia excedente produzida a concessionária (Grid-TIE) detendo lucro (créditos em kwh).

Figura 4 - Funcionamento simplista SFVCR/ Grid-TIE

A. A energia chega ao painel

Nesta etapa ocorre a mágica. Os raios solares do sol, são refletidos nas células fotovoltaicas, e transformados em energia elétrica corrente contínua;

B. A energia chega ao painel

Em um segundo momento a energia elétrica corrente contínua é transformada em corrente alternada (compatível com a rede elétrica) pelo inversor;

C. Conexão

Nesta etapa ocorre a conexão do inversor, no quadro geral da residência;



D. Tudo Pronto

Agora os equipamentos elétricos da residência podem usufruir de energia fotovoltaica, altamente sustentável;

E. Devolução

Caso a energia gerada seja maior que o consumo no mesmo momento, ela é injetada na rede de concessionária. Com isso, a unidade consumidora acumulará créditos para serem utilizados nas próximas faturas.

Fonte: EJSolar (2022, p. 1).

Vale destacar que quase 99% dos sistemas Europeus e 90% dos sistemas Americanos são conectados à rede; já no Brasil, somente cerca 5% de todos os sistemas de energia solar são conectados à rede, o que indica a existência de um amplo mercado a ser nesse segmento explorado no país (MENDEZ-MUÑIZ; CUERVO, 2012; VELÁSQUEZ-VÁSQUES *et al.*, 2012; CAMARGO *et al.*, 2016; BRASIL, 2022).

A energia elétrica gerada junto às instalações de consumidores, como os SFVCR/ Grid-TIE que geram energia a partir da luz solar. Esse tipo de geração tem evoluído consideravelmente nos últimos anos. O crescimento foi de 316% nos últimos dois anos, chegando a 8.550 MW ao final de 2021. Isso representa cerca de 5% de toda a capacidade instalada atual de geração de energia elétrica do país (BRASIL, 2022, p. 1).

Deve ser destacado que, ao contrário dos sistemas de energia independentes (desconectados da rede SFVDR), um sistema solar conectado à rede não possui uma bateria no sistema, tendo visto que esses, como já mencionado, buscam “vender” a produção que não foi utilizada para as concessionárias locais, tendo, via *feedback* dessa venda, retorno/ abatimento monetário.

O *feedback* da SFVCR/ Grid-TIE é feito através de um medidor eletrônico que monitora a energia elétrica transferida. A potência FV pode ser inferior ao consumo médio, caso em que o consumidor continuará a comprar energia da rede elétrica, porém, em menor quantidade do que anteriormente. Se a potência FV exceder, substancialmente, o consumo médio, a energia produzida excedente será muito superior à demanda; nesse caso, seu excesso pode gerar receita com a venda da “sobra” de energia elétrica a rede. Dependendo do acordo com a empresa local de energia da rede, o consumidor só precisa pagar o custo da eletricidade consumida menos o valor da eletricidade gerada. Este será um número negativo se mais eletricidade for gerada do que consumida (CAMARGO *et al.*, 2016, p. 41).

É ainda interessante enfatizar que um sistema doméstico conectado à rede, pode recuperar o valor nesse investido em 0,4 a 1,5 anos, seguindo esse a produzir energia limpa e renovável por cerca de 30 anos (SANTOS, 2013).

Dentro de tal contexto, vale ressaltar que no Brasil esse “tempo” de retorno médio do valor investido é de cerca de 3 a 5 anos, visto que, segundo a Resolução Normativa (RN) 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a potência máxima que se pode instalar dentro da regulamentação, caso as operações,

recursos e ações anti-ilhamento da rede estejam adequados, é de 5.000kWp, o que acaba limitando a produção de energia para venda.

3.1 Operação, recursos e ações anti-ilhamento

Sistemas solares de uso residenciais que detêm capacidade geradora superior a 10 quilowatts podem ser conectados à rede, sendo muito interessante ao cliente gerador, tendo visto que, como já indicado anteriormente, quando o sistema detém um acúmulo excedente de energia gerada pode esse excesso ser “vendido” automaticamente a rede de distribuição da concessionária local, “alimentando” outros usuários energéticos também conectados a referida rede, gerando assim receita ao cliente.

Quando a potência fotovoltaica gerada pelo sistema conectado a rede é inferior ao consumo médio da residência, o consumidor segue comprando energia da rede, porém em menor quantidade, o que reduz, drasticamente, sua conta de energia, sendo por isso o mesmo ainda muito positivo de ser empregado.

É pertinente destacar que a conexão do sistema fotovoltaico a rede só pode ser feita através de um contrato de interconexão entre consumidor e a concessionária, onde seguem detalhados os vários padrões, em especial de segurança, que deve ser seguidos na conexão.

Dentro de tal temática, segundo Marchesan (2016), em sistemas fotovoltaicos conectados a rede ou Grid-TIE, a energia solar captada por painéis solares fotovoltaicos deve ser condicionada ou processada para uso por meio de um inversor conectado que deve ser conectado à rede. A função do inversor de energia fotovoltaico fundamentalmente é:

- Alterar a tensão de entrada de CC de tensão fotovoltaica (FV) para a tensão CA.
- Ficar entre o painel solar e a rede, observando a energia de cada um deles, “nivelando” assim a entrada e saída da mesma.

- Pode ser uma grande unidade autónoma ou uma coleção de pequenas unidades inversoras, cada uma fisicamente conectada a painéis solares individuais.
- Monitorar a tensão da rede a fim de manter essa operando dentro da normalidade.
- Sincronizar a forma de onda da rede, produzindo uma tensão um pouco mais alta que a própria grade, para que a energia flue suavemente para fora do painel solar evitando o ilhamento energético nesse.
- Desconectar a geração da rede da concessionária caso seja encontrado um defeito na rede, seguindo assim o acordado nas regras de segurança anti-ilhamento.

Ao que tange o anti-ilhamento, é pertinente destacar que no sistemas conectados a rede ou Grid-TIE tais ações são entendidas como sendo o conjunto de condições na qual um gerador distribuído continua a alimentar uma localização, mesmo que a energia elétrica da rede pública não esteja mais presente.

...[...]... devido ao aumento das fontes de energia renováveis, a Geração Distribuída (GD) assumiu um papel importante nos sistemas de distribuição e subtransmissão. No entanto, condições anormais de operação podem fazer com que a GD seja desconectada do sistema principal e permaneça conectada a uma parte menor do sistema, alimentando apenas suas cargas locais. Esta condição de operação é conhecida como ilhamento da GD (MARCHESAN, 2016, p. 6).

Deve ser enfatizado que o ilhamento pode ser deveras perigoso para os usuários e, em especial, para os trabalhadores do segmento energético, que podem se acidentar gravemente com a eletricidade ao disporem ações/ obras em sistemas ilhados, os quais, mesmo sem energia elétrica da rede pública seguem energizados devidos aos geradores fotovoltaicos. Tais acidentes podem ser evitados por geradores distribuídos, os quais detectam o ilhamento e param, de imediato, de produzir energia, gerando ações anti-ilhamento (MARCHESAN, 2016).

Em caso de um blecaute na rede, no Grid-TIE, os painéis solares continuarão a fornecer energia enquanto o sol estiver brilhando. Nesse caso, a linha de energia da residência próximo ao gerador fotovoltaico se torna uma “ilha” com energia cercada

por um “mar” de linhas não energizadas; Sendo essa uma outra razão de segurança que explica o por que dos inversores solares serem projetados a fornecer energia à rede serem obrigados a ter circuitos anti-ilhamento automáticos neles (CAMARGO *et al.*, 2016).

Existem dois tipos de técnicas de controle anti-ilhamento:

1. Passivo – nesse a tensão e/ ou a mudança de frequência durante a falha da rede é medida e um *feedback* positivo é empregado para empurrar a tensão e/ ou a frequência mais longe de seu valor nominal. Frequência ou tensão podem não mudar se a carga combina muito bem com a saída do inversor ou a carga tem um fator de qualidade muito alto (reativo à relação de potência real), existindo no local alguma Zona de Não Detecção (ZND) (MARCHESAN, 2016).
2. Ativo - nesse: o método emprega a injeção de algum erro na frequência ou tensão. Quando a grade falha, o erro se acumula e empurra a tensão e/ ou a frequência além da faixa aceitável (MARCHESAN, 2016).

Não se pode abster ao fato que alguns sistemas fotovoltaicos conectados a rede podem também dispor de ilhamento intencional, onde o gerador se desconecta da rede, forçando o gerador distribuído a alimentar o circuito local; ato esse que, normalmente, é empregado como um “tipo” de sistema de *backup* de energia para edificações que vendem energia para a concessionária.

3.2 Mini e microgeração dentro da Resolução Normativa 482/2012

Segundo a Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, o acesso à micro e minigeração de energia é regulado pelo sistema de compensação de energia. No Ambiente de Contratação Regulada (ACR), os consumidores cativos têm permissão para fornecer o excedente de energia às concessionárias, gerando créditos que podem ser utilizados posteriormente (ANEEL, 2012a).

De acordo com a definição, o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) é composto pelos consumidores cativos, nos quais a energia é adquirida pelas distribuidoras por meio de leilões, com preços estabelecidos pela ANEEL. Os consumidores cativos são aqueles que só podem adquirir energia elétrica da concessionária responsável pela distribuição em sua região, sendo esse o modelo mais comum para residências e pequenas empresas. Por outro lado, o Ambiente de Contratação Livre (ACL) é conhecido como o Mercado Livre de Energia, onde os consumidores negociam diretamente com as geradoras ou comercializadoras as condições de compra de energia elétrica (ANEEL, 2012a).

Figura 5: Esquema simplificado do procedimento junto à concessionária de energia, conforme RN 482/12.

Figura 5 - Procedimento junto à concessionária de energia, instalação e conexão de sistemas fotovoltaicos GRID-TIE



Fonte: ANEEL (2022, p. 1).

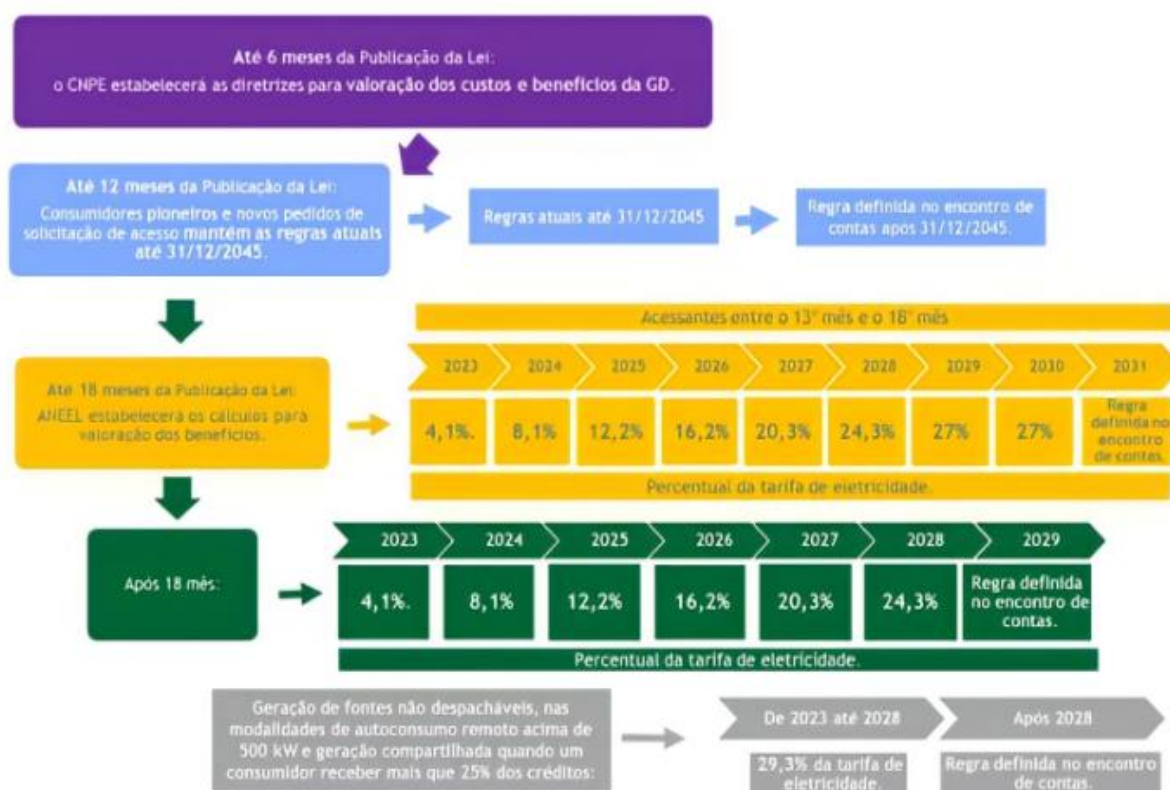
Quase todos os domicílios e comércios no Brasil compram sua energia das distribuidoras, se os proprietários de imóveis ou comércios decidirem instalar sistemas fotovoltaicos conectados à rede da distribuidora, os proprietários podem aderir ao sistema de créditos da RN 482/12 e passar a comprar e também vender energia elétrica excedente do seu sistema fotovoltaico as concessionárias locais.

Em tal vertente é vital destacar que, tal como destaca Group (2022), em 06/01/2022 entrou em vigor a Lei nº 14.300 a qual, dentre outros atos prevê um

período de transição de projetos de sistemas fotovoltaicos conectados a rede solicitados em até 07/01/2023 ficarão válidos as faces das regras atuais de compensação previstas na RN 482/2012, seguindo integrados a essa até 31/12/2045. O sistema Grid-TIE que disporem a adesão após 07/01/2023 deverão, em um prazo escalonado se enquadrarem em custos tarifários relativos à remuneração dos serviços e dos ativos de distribuição e ao valor de manutenção e operação do serviço de distribuição, nos termos:

- a partir de 2023 = 15%.
- a partir de 2024 = 30%.
- a partir de 2025 = 45%.
- a partir de 2026 = 60%.
- a partir de 2027 = 75%.
- a partir de 2028 = 90%.

Figura 6 – Porcentagem encargos Lei 14.300/2022



Fonte: Aldo (2022, p. 1)

Para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede acima de 500 kW recairá, até 2028, a incidência de 100% dos custos envoltos a Pesquisa, ao Desenvolvimento, a Eficiência Energética e taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica; 100% do custo de distribuição e 40% do custo de transmissão. A partir de 2029 referidos sistemas Grid-TIE também estarão sujeitos às regras tarifárias vigentes pela ANEEL (BRASIL, 2022; GRUP, 2022).

Existem diversos aspectos na RN 482/12, sistema de crédito, que ajudam o proprietário a escolher em conectar ou não o seu sistema fotovoltaico à rede; algumas das informações entendidas como sendo mais contundentes a tal “julgamento” estão a seguir, apresentadas em presente estudo.

3.2.1 Isenção de tributações concedidas

3.2.1.1 ICMS

Em 22 de abril de 2015 através do ajuste do Sistema Nacional Integrado de Informações Econômico – Fiscais (SINIEF) o Conselho Nacional da Política Fazendária – Ministério da Fazenda (CONFAZ), revogou o Convênio que orientava o tributo de energia injetada na rede, permitindo que cada Estado da federação decida os tributos da energia fotovoltaico injetada diretamente na rede inteligente (Grid-TIE).

Até maio de 2018 os Estados brasileiros possuíam isenção de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para energia solar, incluindo os antes avessos a essa Amazonas, Paraná e Santa Catarina.

...[...]... Todos os 26 estados mais o Distrito Federal possuem isenção de ICMS para energia solar (micro ou minigeração), mediante as diretrizes do Convênio ICMS, 16/2015, de autoria do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz). No entanto, o estado do Paraná, optou por oferecer o benefício de forma parcial e por um prazo limitado de 48 meses, podendo revogar a decisão antes disso. Isso acontece pois, embora a adesão de um estado ao convênio ICMS, 16/2015 lhe conceda o direito de isentar essa tributação sobre a energia elétrica produzida pelo consumidor, está só passa a valer após o governo desse estado emitir a sua legislação específica...[...]... (SOLAR, 2022b, p. 1).

Figura 7 - Estados isentos ICMS para geração de energia SFVCR/ Grid-TIE



Fonte: SOLAR (2022b, p. 1).

Para os Estados que ainda não isentaram o imposto de ICMS vai incidir sobre os créditos reduzindo a quantidade acumulada ao pagamento do fornecedor:

3.2.1.2 PIS E COFINS

No Brasil, a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a energia solar, pode ter isenção de PIS e COFINS, de acordo com a Lei nº 10.637/2002 e a Lei nº 10.833/2003.

A isenção de PIS e COFINS para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis se aplica apenas à pessoa jurídica que explore a atividade de geração de

energia elétrica, com base em fontes renováveis, e que esteja habilitada a operar pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

É importante ressaltar que a isenção de PIS e COFINS não se aplica às atividades de comércio, instalação e manutenção de sistemas de energia solar fotovoltaica. Nesse caso, as alíquotas de PIS e COFINS são de 0,65% e 3%, respectivamente, para empresas enquadradas no regime do Lucro Presumido. Para empresas enquadradas no Simples Nacional, as alíquotas de PIS e COFINS são definidas de acordo com as tabelas do regime.

Cabe ressaltar que o sistema tributário brasileiro é complexo e pode ser bastante desafiador para as empresas. Portanto, é recomendável que as empresas contem com a assessoria de profissionais especializados em contabilidade e tributos para garantir o cumprimento das obrigações fiscais e evitar problemas com o fisco.

3.2.1.3 Compensação de créditos por posto horário

O consumidor de grande porte, provavelmente, paga a energia consumida por “posto horário” (tarifa de pico e fora de pico); ou seja, paga mais para consumir energia no horário de pico.

Neste caso, os créditos de energia são compensados com uma fórmula simples: exemplo: O consumidor paga 5 vezes mais pela energia consumida no horário de pico, precisará esse gerar 5 vezes mais créditos fora de pico a deter de benefícios.

Assim, alguns consultores de energia fotovoltaica tem indicado a consumidores de grande porte a necessidade desses disporem de: 1) negociação junto a distribuidora de energia, a tentar levar seu cálculo de consumo a uma tabela onde o valor cobrado seja imutável a todas as faixas de pico/ horário, e 2) conseguir, junto a empresa que venha instalar seu sistema de Grid-TIE, que a energia gerada pelo sistema não seja vendida e sim armazenada em baterias a ser em póstuma utilizada pelo consumidor em períodos em que a tabela seja mais elevada. Não se pode abster, mesmo que tal ato leve o consumidor a não vender energia excedente a concessionária esse deterá ganhos financeiros, vide a redução de custos alcançados com a nulidade de compra de energia.

3.2.2 Viabilidade de venda/geração de crédito por demanda contratada

Grandes clientes que necessitam de uma demanda de energia maior, como as indústrias, a resolução 482/2012 da ANEEL determina que sistemas fotovoltaicos, conectados ou não à rede, tem obrigação de entregar potência máxima de geração similar a demanda contratada pelo cliente, tendo visto que tal cliente fica vetado a venda da energia excedente à rede. Ou seja, se o consumidor possui uma demanda de 800kW seu gerador de energia fotovoltaico não deve ultrapassar potência maior que 800kWp de injeção na rede da concessionária.

Pequenos clientes consumidores (residências e comerciais), a RN 482/2012 da ANEEL diz que potência maior que a demanda de energia pode ser vendida/repassadas à rede da distribuidora. Os consumidores carecem de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de no máximo 5.000kWp, que representa o máximo permitido para vender, ou acumular créditos nas concessionárias locais.

3.2.2.1 Validade dos créditos de energia solar

Os créditos de energia solar são gerados a partir da produção de energia elétrica excedente de uma instalação solar fotovoltaica conectada à rede elétrica. Esses créditos são usados para compensar o consumo de energia elétrica em momentos em que a produção de energia solar é insuficiente, como durante a noite ou em dias nublados.

A validade dos créditos de energia solar pode variar de acordo com as regras estabelecidas pela concessionária de energia elétrica responsável pelo fornecimento de energia na região em que a instalação solar está localizada. Em geral, os créditos têm validade de cinco anos, contado a partir do momento em que foram gerados.

3.2.2.2 Possibilidades de transferência dos créditos de energia

Os créditos de energia gerados por uma instalação de energia solar podem ser transferidos de acordo com as regras estabelecidas pela regulamentação da ANEEL

(Agência Nacional de Energia Elétrica) e pela concessionária de energia elétrica responsável pelo fornecimento de energia na região em que a instalação solar está localizada.

As regras de transferência de créditos de energia podem variar de acordo com a modalidade de conexão da instalação solar à rede elétrica. No caso de instalações conectadas na modalidade de "geração distribuída", que é a modalidade mais comum, os créditos podem ser transferidos para outras unidades consumidoras que estejam localizadas na mesma área de concessão da distribuidora de energia elétrica, desde que sejam de titularidade do mesmo CPF ou CNPJ.

Além disso, é possível que os créditos sejam transferidos a terceiros, mediante contrato específico de compra e venda, desde que sejam respeitadas as normas estabelecidas pela ANEEL e pela distribuidora de energia elétrica. É importante ressaltar que as regras de transferência de créditos de energia podem variar de acordo com a regulamentação em vigor em cada região.

3.2.3 Medição de energia com relógio bi-direcional

O Relógio bi-direcional é o instrumento aplicável a dispor *feedback* da medição do que foi consumido da rede *versus* o que foi gerado em excesso e nessa injetado.

Os custos referentes à instalação do relógio bi-direcional, necessário para se obter créditos de energia com o sistema fotovoltaico conectado à rede, segundo a RN 482/2012 da ANEEL, são de responsabilidade do interessado, ou seja, do consumidor cativo, porém, após ser o relógio bi-direcional instalado e adequado no sistema de medição, é de responsabilidade da concessionária de energia (distribuidora) a manutenção bem como operação, incluindo custos eventuais ligados a adequação e/ou substituição do mesmo.

3.3 Vantagens e Desvantagens do sistema do fotovoltaico conectado à rede

Segundo Santana-Rodriguez *et al.* (2013) e Lima *et al.* (2017), os principais interesses de sistemas solares conectados à rede para consumidores são:

- Geração de créditos através da geração de energia elétrica excedente.
- Custo baixo, pequeno valor de operação e manutenção, em relação a outros tipos de geração.
- A conexão do sistema fotovoltaico conectado a rede possui uma taxa de perdas de energia menor que sistemas fotovoltaicos off-grid com armazenamento em bateria.

Para Oğz I e Özsoy (2015), Lopez-Santos *et al.* (2017) e Lima *et al.* (2017), as principais desvantagens da utilização do sistema solar conectados à rede para consumidores são

- Problema com a regulação de tensão; a eletricidade injetada na rede aumenta a tensão acima dos $\pm 5\%$ aceitáveis para qualidade de energia.
- Alto custo de investimento inicial.
- Em algumas localidades a rede não suporta a injeção de energia na rede.
- Problemas com desgastes dos reguladores de tensão, devido à necessidade de ajuste frequente pela característica intermitente da geração.
- Problemas com desarmes por interferência e dessensibilização de relés.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Dados sobre o Sistema Fotovoltaico

Para se fazer o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, dois pontos são extremamente importantes para o projeto; a potência contratada e a área a ser instalada, uma vez que o disjuntor geral do padrão de entrada limita o sistema, tanto para unidade do grupo A quanto para o grupo B de tarifação. O sistema instalado deve ser sempre menor ou igual a demanda contratada, que também é outro fator limitante no grupo A. Os requisitos necessários para o dimensionamento são:

- a) Levantar os dados sobre a radiação solar do local;
- b) Levantar os dados na fatura de consumo e demanda da unidade consumidora;
- c) Painel solar e Inversor solar;
- d) Dimensionar Strings e proteções
- e) Dimensionar Proteções CC e CA

4.2 Dados sobre a radiação solar e unidade consumidora

Para realizar o projeto de instalação de módulos fotovoltaicos, é necessário seguir alguns passos. O primeiro deles consiste em definir o local onde os módulos serão instalados e, em seguida, realizar o levantamento da coordenada geográfica do local, coletando a latitude e longitude. O próximo passo é consultar o banco de dados do CRESESB, conhecido como Potencial Solar - SunData, que pode ser acessado no site da instituição. O banco de dados apresenta três resultados próximos à localização escolhida, sendo recomendado utilizar o resultado que apresenta a maior média. Com esses dados em mãos, é possível obter a informação da irradiação solar no plano horizontal, que será utilizada para realizar o projeto.

Um dos principais objetivos da instalação de sistemas de micro ou minigeração em indústrias ou residências é a economia de energia elétrica. Para garantir essa economia, é fundamental realizar um estudo do consumo de energia elétrica do local, obtendo informações sobre o consumo médio e as características do consumo.

Para coletar o histórico de consumo mensal, é necessário consultar a conta de energia elétrica da indústria, que disponibiliza o histórico dos últimos doze meses na fatura. Já para obter informações sobre a característica de consumo, é preciso entender o funcionamento da indústria ou instalar um registrador de grandezas elétricas para registrar o consumo do local ao longo do tempo.

Dessa forma, ao realizar o estudo do consumo de energia elétrica, é possível identificar o potencial de economia e determinar o tamanho do sistema de geração que será necessário para atender às demandas do local. Analisando a Tabela 2, podemos identificar essas informações.

4.3 Painel solar e Inversor solar

O equipamento responsável pela conversão da irradiação solar em energia elétrica é fundamental para o sistema de geração fotovoltaica. A escolha do módulo é um fator crucial que pode influenciar na eficiência do sistema, no tamanho físico da usina e no preço final do projeto.

Para elaborar a usina fotovoltaica, é necessário realizar um estudo comparativo da potência individual de cada módulo, levando em consideração que módulos com maior potência exigem menos unidades para se atingir a potência desejada. Em situações em que o espaço da usina é restrito, a utilização de módulos de maior potência é mais conveniente.

Por outro lado, módulos de menor potência são mais comuns no mercado e podem ser adquiridos por um valor ligeiramente inferior em relação aos módulos de maior potência. O custo de um painel fotovoltaico é calculado levando em conta o custo por Watt-pico (R\$/Wp).

Assim, a escolha do módulo fotovoltaico mais adequado é uma etapa importante do processo de instalação do sistema de geração, visto que pode impactar diretamente na eficiência, no tamanho da usina e no custo final do projeto.

O dimensionamento do inversor consiste em analisar a potência total dos módulos solares e, em seguida, verificar a corrente e tensão de cada entrada CC do inversor (string). Para isso, é importante considerar que os módulos são conectados em série e, portanto, a soma da tensão de cada módulo não pode ultrapassar a tensão suportada pelo inversor. Além disso, a corrente de entrada do inversor deve ser sempre igual ou superior à do módulo, uma vez que o circuito terá a mesma corrente

devido à conexão em série dos módulos. Para garantir a eficiência do sistema, é recomendado utilizar módulos de mesma potência.

4.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

No dimensionamento do sistema fotovoltaico, é necessário considerar o consumo médio diário anual da edificação, levando em conta o valor de disponibilidade de energia elétrica estipulado pela ANEEL (2010). Para clientes do grupo B, a disponibilidade é de 30 KWh/mês para padrão monofásico, 50 KWh/mês para bifásico e 100 KWh/mês para ligação trifásica. É possível obter os dados de consumo a partir da fatura de energia elétrica, que contém um histórico de um ano, conforme apresentado na Figura 8.

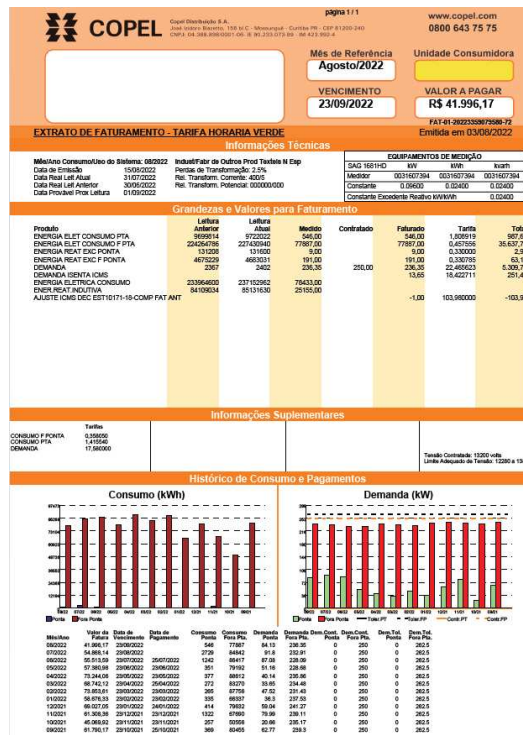


Figura 8 – Exemplo de fatura COPEL
Fonte: COPEL (2022)

A potência instalada do sistema de minigeração em Watt-pico (Wp) é dada através da equação (1). Podemos calcular a potência máxima de instalação no local (CRESESB, 2014).

$$P_{FV} = \frac{E}{HSP * TD} \quad (1)$$

Onde,

P_{FV} = Potência instalada (KWp)
 E = Geração necessária por dia (KWh/dia)
 HSP = Hora de Sol pleno (KW/m²/dia)
 TD = Taxa de desempenho (adimensional)

Para o grupo A, a taxa de disponibilidade está relacionada com a demanda contratada da unidade consumidora (ANEEL, 2016).

No dimensionamento da potência instalada de uma minigeração deve ser usado o fator de ajuste mostrado na Equação (2) (ANEEL, 2016).

$$F.A. = \frac{TE_P}{TE_{FP}} \quad (2)$$

Onde,

$F.A.$ = Fator de ajuste (adimensional)
 TE_P = Tarifa de energia na ponta (R\$/KWh)
 TE_{FP} = Tarifa de energia fora ponta (R\$/KWh)

Com o fator de ajuste calculado, deve-se aplica-lo no termo E da Equação (2). A RN 482/2012 informa que para a utilização de créditos no período de ponta é levado o preço do KWh do momento atual. Para haver uma compensação de energia total do horário de ponta, deve-se calcular a estimativa de consumo do horário de ponta multiplicado ao fator de ajuste. A Equação (3) mostra isso.

$$E = C_{FP} + (C_P * F.A.) \quad (3)$$

Onde,

E = Geração necessária por dia (KWh/dia)
 C_{FP} = Consumo de energia fora ponta (KWh)
 C_P = Consumo de energia ponta (KWh)

Com a potência fotovoltaica do gerador definida pela Equação (1) é determinada a quantidade de módulos a serem usados para suprir a potência calculada. Se fizer a escolha de módulos com a maior potência de geração tem-se uma menor quantidade a ser utilizada. Conforme a potência do módulo diminui aumenta o número de módulos fotovoltaicos.

Definido a potência do módulo e a quantidade, calcula-se a quantidade de placas em séries que devem ser usadas para que a soma das tensões dos módulos não ultrapasse a nominal da entrada do inversor.

Para o cálculo das proteções em corrente contínua quanto em corrente alternada, leva-se em consideração o valor das correntes. No lado CC quando se utiliza fusível a corrente deve ser 1,5 vezes a máxima corrente que passa pela *string*. A Equação (4) mostra o cálculo para o dimensionamento.

$$I_{fusivel} = 1,5 * I_n \quad (4)$$

Quando se faz a proteção com disjuntor CC deve ser considerado o fator de 1,25 vezes a corrente de curto circuito da *string*. Assim o valor nominal do disjuntor deve ser maior ou igual, como mostrado na Equação (5). (CRESESB, 2014).

$$I_{DJCC} \geq 1,25 * I_n \quad (5)$$

O dimensionamento do disjuntor no lado de corrente alternada do inversor é dado pela Equação (6). (CRESESB, 2014).

$$I_n \leq I_{DJca} \leq I_{cond.} \quad (6)$$

Onde,

I_n = Corrente nominal (A)

I_{DJca} = Valor nominal do disjuntor CA (A)

$I_{cond.}$ = Corrente máxima suportada pelo condutor (A)

O dispositivo de proteção contra surtos (DPS) deve ser utilizado tanto do lado CC, cada *string* deve ter seu próprio DPS, quanto do lado CA na saída do inversor, assim protegendo os dispositivos contra surtos indiretos propagados na rede elétrica. Para DPS CC deve-se utilizar a classe 2. A Equação (7) mostra o cálculo para o lado CC. (CRESESB, 2014).

$$V_{DPScc} = 1,2 * N * V_{oc} \quad (7)$$

Onde,

N = Número de módulos da *string* (adimensional)

V_{oc} = Tensão de circuito aberto (V)

O DPS de corrente alternada é dimensionado pela Equação (8) onde a tensão da rede é multiplicada por 1,1. Para essa aplicação utiliza-se a classe 1+2 de DPS (CRESESB,2014).

$$V_{DPSca} = 1,1 * V_{rede} \quad (8)$$

5 RESULTADOS

5.1 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Realizou-se o dimensionamento através de planilhas eletrônicas, informando os parâmetros da instalação e permitindo que a planilha retorne o dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico, utilizando as fórmulas e restrições descritas anteriormente.

5.1.1 Irradiação Solar

Com o objetivo de obter as coordenadas geográficas da instalação da borracharia, utilizou-se o Google Maps para coletar a latitude e longitude do local. As coordenadas obtidas foram Latitude: $-23,796487^\circ$ e Longitude: $-53,051693^\circ$. Posteriormente, foram coletados dados de irradiação solar média do local através do banco de dados do CRESESB, o Potencial Solar - SunData, utilizando as coordenadas previamente levantadas.

Ao realizar a busca, o aplicativo retornou três resultados próximos ao local escolhido, sendo selecionado o resultado com a maior média de irradiação solar. A Tabela 2 apresenta o resultado da busca realizada.

Tabela 2 - Irradiação solar do banco de dados do CRESESB

Latitude: 23,796487° S
Longitude: 53,051693° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Cruzeiro do Oeste	Cruzeiro do Oeste	PR	BRASIL	23,801° S	53,049° O	.6	6,11	5,84	5,40	4,52	3,55	3,16	3,38	4,36	4,59	5,38	6,18	6,47	4,91	3,31
<input checked="" type="checkbox"/>	Cruzeiro do Oeste	Cruzeiro do Oeste	PR	BRASIL	23,801° S	53,149° O	9,9	6,11	5,86	5,36	4,52	3,54	3,16	3,38	4,35	4,58	5,39	6,17	6,48	4,91	3,32
<input checked="" type="checkbox"/>	Tuneiras do Oeste	Tuneiras do Oeste	PR	BRASIL	23,801° S	52,949° O	10,5	6,13	5,86	5,38	4,54	3,55	3,19	3,41	4,36	4,59	5,39	6,14	6,46	4,91	3,27

Fonte: CRESESB (2023)

5.1.2 Análise de consumo da unidade consumidora

Levanta-se o histórico de consumo na unidade consumidora através da fatura de energia elétrica, incluindo a demanda contratada, a tensão de atendimento em

média tensão, os preços da tarifa no horário de ponta e fora de ponta e a unidade consumidora do local.

A partir desses dados, é possível obter os valores de consumo dos doze meses no horário de ponta e fora de ponta, que são apresentados na tabela 3

Tabela 3 - Histórico de consumo

UNIDADE CONSUMIDORA			
MUNICÍPIO			
DATA	CONSUMO PONTA (kW)	CONSUMO FORA PONTA (kW)	VALOR
Consumo 1	546	77887	R\$41.996,17
Consumo 2	2729	84842	R\$54.868,14
Consumo 3	1242	86417	R\$55.513,59
Consumo 4	351	79192	R\$57.380,98
Consumo 5	377	88612	R\$73.244,06
Consumo 6	272	83270	R\$68.742,12
Consumo 7	265	87756	R\$73.853,61
Consumo 8	335	66337	R\$58.676,33
Consumo 9	414	79632	R\$69.027,05
Consumo 10	1322	67690	R\$61.308,36
Consumo 11	257	50556	R\$45.069,36
Consumo 12	369	80455	R\$61.790,17
MÉDIA	78427,08		R\$60.122,50

Fonte: Autoria própria

Tabela 4 – Dados da fatura de energia

Cliente:	Borracharia
Cidade	Cruzeiro do Oeste

Tensão de Atendimento	220/380
Potência do Trafo	300 KVA
Disjunto Geral	500 A

Valor Tarifa Fora de ponta (R\$/KW)
R\$ 0,457556

Valor Tarifa Ponta (R\$/KWH)
R\$ 1,808919

Fonte: Autoria própria

No trabalho de dimensionamento de um sistema fotovoltaico, é necessário obter a potência do transformador de entrada. Para isso, é utilizado o cruzamento da Tabela 1 da NTC 903100, que se refere ao fornecimento em tensão primária de distribuição. Primeiramente, é verificada a tensão interna da unidade consumidora, que no caso é de 220/380 V, e o disjuntor geral do padrão de entrada, que tem capacidade de 500 A e o transformador uma potência de 300 KVA.

5.1.3 Dimensionando o Sistema Fotovoltaico

O dimensionamento da potência fotovoltaica necessária para o consumidor foi realizado através da Equação (1), na qual determinou-se a necessidade de uma potência de 418,95 kWp para suprir o consumo da borracharia. Para levar em conta as perdas do sistema, foi considerado um valor de 20%, incluindo as perdas por conversão de corrente contínua para alternada, por temperatura, por sujeira ou sombreamento nos módulos e nos condutores.

Para o dimensionamento do sistema, escolheu-se a placa solar de 665 Wp da TRINA, modelo Vertex TSM-DE21 665W, cujo datasheet está disponível no Anexo A. A Tabela 5 apresenta o resultado do dimensionamento da potência e da quantidade de módulos necessários para o sistema.

Tabela 5 – Informações Técnicas do Sistema Fotovoltaico

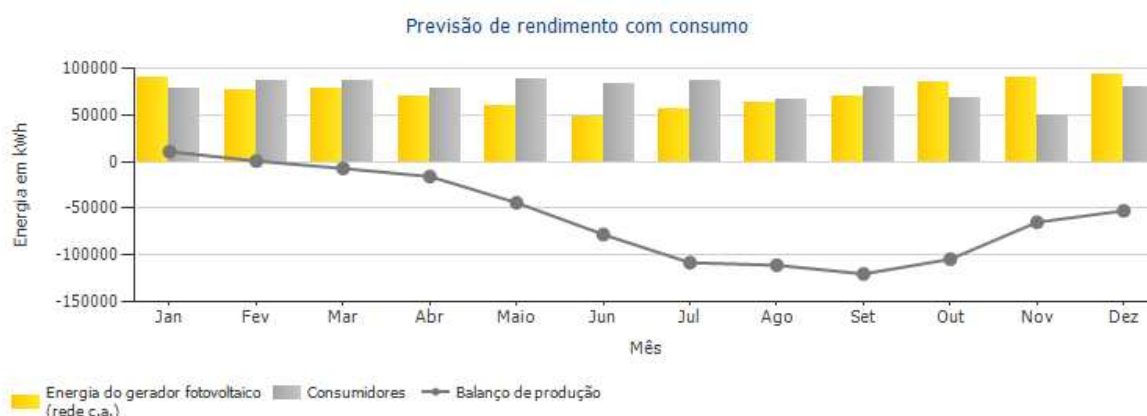
CAPACIDADE (kWp)	418,95	ÁREA NECESSÁRIA m²	1260
QUANTIDADE DE MÓDULOS	630	PESO PREVISTO (kg)	23310
PRODUÇÃO MENSAL (kWh)	78.400	PESO ESTIMADO POR m²	18,50

Fonte: Autoria própria

Para calcular o fator de correção, utiliza-se a Equação (2) a fim de compensar todo o consumo no horário de ponta. Para determinar a potência final do sistema fotovoltaico, inseriu-se manualmente na planilha o valor de 630 módulos.

Essa quantidade adicional de placas foi adotada com base em considerações econômicas junto ao fornecedor do sistema fotovoltaico.

Figura 9 - Geração estimada



Fonte: Autoria própria

Para obter a estimativa de produção da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico por mês, é possível observar na Figura 9 a representação em amarelo da geração e em cinza o histórico de consumo da borracharia. Para a análise da viabilidade econômica do sistema fotovoltaico, é importante realizar o cálculo do payback, que representa o tempo necessário para que o investimento seja recuperado por meio da economia na conta de luz. Vale ressaltar que de junho a setembro a produção diminui por conta do inverno, a radiação solar não é tão forte quanto do verão e isso é levado em consideração para fazer o dimensionamento no sistema de compensação.

5.1.3.1 Inversor solar

Considerando a potência fotovoltaica necessária, o inversor solar de 100 KW foi escolhido. A escolha do inversor é baseada na capacidade que ele precisa receber, sendo determinada pela potência do sistema fotovoltaico calculado em 418,95 KWp.

Figura 10 - Inversor solar



Fonte: ENERGY (2021)

Descrevendo a escolha do inversor solar para o projeto, foi selecionado o modelo Growatt Max100KTL3 MV, que permite uma potência máxima fotovoltaica de 130 KWp, o que permite uma futura expansão do sistema com mais módulos.

O equipamento pode ser visualizado na Figura 10, e seus dados elétricos e de construção estão no Anexo B. Com sete entradas MPPT's com duas strings cada, o inversor possui doze entradas para dezessete módulos e duas entradas para dezoito módulos, sendo que cada conjunto de string forma um MPPT.

5.1.4 Dimensionamento das Proteções

Neste tópico, apresentaremos os resultados para as proteções no lado CC, considerando o uso da chave seccionadora, disjuntor CC e o fusível e fica por livre escolha do projetista determinar a melhor opção para sua aplicação. Os dados dos módulos fotovoltaicos, mostrados na Tabela 6, e do inversor solar, ilustrados na Tabela 7, serão avaliados.

Tabela 2 - Dados elétricos do módulo solar

DADOS ELÉTRICOS MÓDULO FOTOVOLTAICO		
POTÊNCIA CC	TENSÃO CIRCUITO ABERTO (Voc)	CORRENTE CURTO-CIRCUITO (Isc)
670 Wp	46,1 V	18,62 A
TENSÃO NOMINAL		CORRENTE NOMINAL
38,2 V		17,55 A

Fonte: Autoria própria

Tabela 7 - Dados elétricos do inversor solar

DADOS ELÉTRICOS INVERSOR SOLAR		
POTÊNCIA MAX CC	TENSÃO MAX. CC	ENTRADAS CC
130 Wp	1100 V	14
POTENCIA CA	TENSÃO CA	CORRENTE CA
100 Kw	440 V	131,37 A
	PLACA POR ENTRADA CC	
	18	

Fonte: Autoria própria

Ao dimensionar o sistema fotovoltaico, considera-se que cada conjunto em série possui dezoito módulos. Portanto, será utilizado esse valor para o dimensionamento de cada conjunto em série, totalizando catorze conjuntos.

Para realizar o cálculo do fusível, é necessário considerar a Equação (4) e determinar o valor de 26,32 A. O cálculo do disjuntor CC é realizado conforme a Equação (5), exigindo que sua corrente seja superior a 21,93 A. Da mesma forma, o cálculo da chave seccionadora segue a mesma lógica do disjuntor CC, devendo-se selecionar um dispositivo com corrente superior a 21,93 A.

Para obter a tensão de operação do DPS CC, utiliza-se a Equação (7), na qual a tensão de operação do dispositivo deve ser maior que 995,76 V (calculada como $1,2 * N * Voc$, em que N representa o número de módulos em série e Voc é a tensão de circuito aberto). Os resultados obtidos estão na figura 11 abaixo.

Figura 11 – Dimensionamento proteção CC

Calculo Fusivel CC - Ifus = 1,5*In	Calculo Dj. CC Idj >= 1,25*In
26,32 A	21,93 A
Calculo DPS CC Vdps = 1,2*N*Voc	Calculo SEC. CC Isec >= 1,25*In
995,76 V	21,93 A

Fonte: Autoria própria

Para o lado de corrente alternada, realizar o dimensionamento do disjuntor utilizando a Equação (6), encontrando um disjuntor para 150 A. Utilizar a Equação (8) para dimensionar o DPS na parte CA e obter o valor que deve ser de 484 V ($1,1*440 V = 484 V$). Optar por dimensionar o DPS para a saída do inversor no lado de 440 V do autotransformador, e fica a critério do projetista a decisão de colocar o DPS também para o lado de 220 V. A Figura 12 apresenta os dados correspondentes.

Figura 12 – Dimensionamento proteção CA

Calculo DPS CA Vdps = 1,1*Vrede	Calculo DJ CA In < Idj < Icond.
484 V	150 A

Fonte: Autoria própria

Necessitaremos de um transformador ou um autotransformador para converter a tensão do inversor fotovoltaico de 440 V trifásico para 220 V trifásico. No datasheet do inversor que se encontra no Anexo B, tem a informação de que o mesmo possui um fator de potência de 0,8 atrasado ou adiantado. Com o fator de potência e

a potência ativa do inversor solar, determinar a potência aparente máxima do equipamento, que o transformador deve atender.

$$S = 3 * \frac{100 \text{ KW}}{0,8} = 375 \text{ KVA} \quad (1)$$

Podemos concluir que será necessário um transformador de 300 KVA de potência aparente, conforme a Equação (9). Neste caso não foi necessário solicitarmos um aumento da potência do transformador por causa do uso instantâneo da produção gerada, pois ao longo do dia grande parte da geração será consumida instantaneamente na unidade consumidora.

5.2 Arranjo dos Painéis Solares

A área total de cobertura será ocupada pelos 630 módulos fotovoltaicos resultantes do dimensionamento, abrangendo uma área de 1260 m². Como a empresa possui uma ampla área de telhado, a distribuição dos módulos será relativamente fácil. Cada bloco de módulos foi dimensionado com duas fileiras, representando cada fileira uma string do inversor solar. Serão distribuídos dez blocos com duas fileiras cada, totalizando as vinte strings do projeto. Um bloco possui dez fileiras de dez módulos, enquanto os outros dez blocos possuem fileiras de onze módulos, para cada inversor, totalizando os 630 módulos do dimensionamento. No Anexo C, encontra-se a disposição dos blocos sobre a cobertura, sendo que cada bloco possui uma cor para facilitar a identificação. O anexo também apresenta as medidas dos blocos em relação às extremidades do telhado e o detalhamento das medidas dos módulos solares. Por fim, é apresentado um croqui com todas as áreas de cobertura da empresa.

5.3 Documentos apresentados à copel

5.3.1 Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída

É um documento utilizado para requisitar o acesso à rede elétrica da empresa para instalação de sistemas de minigeração de energia. Ele serve como uma

solicitação formal para conectar o sistema de geração de energia renovável à rede de distribuição da COPEL.

Esse formulário desempenha um papel crucial ao coletar informações relevantes sobre a instalação do sistema de minigeração, incluindo dados cadastrais da unidade consumidora, informações técnicas sobre a instalação elétrica, potência instalada de geração e o tipo de fonte de energia utilizada.

Ao preencher e enviar o Formulário de Solicitação de Acesso, os proprietários ou responsáveis pelo projeto estão iniciando o processo formal de conexão do sistema de minigeração à rede elétrica da COPEL. Essa solicitação visa garantir que a instalação seja realizada de acordo com os padrões técnicos e regulamentações vigentes, assegurando a segurança e o bom funcionamento do sistema de geração distribuída.

5.3.2 ART (Anotação de Responsabilidade Técnica)

A ART, é um documento utilizado para registrar a responsabilidade técnica de um profissional habilitado em relação à obra. No contexto da minigeração, a ART é necessária para responsabilizar o engenheiro responsável pelo dimensionamento e execução do projeto de minigeração.

A ART para minigeração descreve, de forma resumida, as informações essenciais do projeto, como o cliente, o engenheiro contratado, o local da obra, o prazo e o serviço a ser realizado. Ela garante que as atividades relacionadas à minigeração sejam conduzidas por um profissional habilitado, assegurando a qualidade e a conformidade do projeto.

É importante destacar que a obra de minigeração distribuída pode ter um ou dois responsáveis técnicos. O mesmo engenheiro pode ser responsável tanto pelo projeto e dimensionamento da obra quanto pela execução. No entanto, também é possível ter um engenheiro responsável pelo projeto e dimensionamento e outro engenheiro responsável pela execução da obra. A ART é um documento fundamental para formalizar e registrar essa responsabilidade técnica.

5.3.3 Projeto Unifilar

O projeto unifilar consiste em representar a interligação do gerador fotovoltaico à rede elétrica interna da unidade consumidora até a conexão com a rede de distribuição da concessionária. A relevância desse projeto é evidente, pois ele permite que a concessionária verifique se todos os equipamentos de proteção estão devidamente dimensionados e presentes no desenho, garantindo o nível adequado de proteção para o sistema de geração.

A representação gráfica do projeto inicia-se com a rede da concessionária, atravessando a subestação do solicitante e direcionando-se ao quadro de distribuição geral. Em seguida, ocorre a derivação para o inversor solar, e deste para os módulos fotovoltaicos. No Anexo F, encontra-se disponível o projeto unifilar, que apresenta as potências dos módulos, a potência do inversor solar, os graus de proteção dos disjuntores e dos DPS, bem como as seções transversais dos condutores. É imprescindível que o projeto unifilar esteja em conformidade com as normas e regulamentos aplicáveis, garantindo assim a segurança e a eficiência do sistema de minigeração fotovoltaica.

5.3.4 Diagrama de Blocos

O diagrama de blocos é uma representação gráfica que mostra os principais componentes de um sistema, suas interconexões e o fluxo de funcionamento.

O diagrama de blocos é utilizado para visualizar e entender a estrutura e o funcionamento de um sistema, identificando os componentes principais, suas relações e como eles interagem entre si. Ele permite identificar entradas, saídas, fluxo de energia, sinais e informações, bem como a sequência e a lógica de operação do sistema.

Esse tipo de diagrama é particularmente útil para projetar, analisar e comunicar o funcionamento de sistemas, facilitando o entendimento de processos e possibilitando a identificação de problemas, otimização e modificação de sistemas existentes, presente no Anexo G.

5.3.5 Memorial Descritivo

O memorial descritivo da instalação fotovoltaica de minigeração é uma descrição detalhada do projeto e da execução do sistema, fornecendo informações técnicas e documentando as características e especificações essenciais do sistema de geração de energia solar.

Esse memorial contém informações importantes sobre a instalação, como a localização precisa do sistema, as características técnicas dos equipamentos utilizados (como módulos fotovoltaicos e inversores), os arranjos de ligação das strings, as proteções elétricas adotadas, as especificações das conexões elétricas e os procedimentos de instalação.

5.3.6 Registro do Inversor Solar

O registro do inversor na minigeração fotovoltaica é um procedimento que consiste no cadastramento do inversor solar utilizado no sistema de geração de energia junto à concessionária de energia elétrica.

O objetivo principal do registro do inversor é garantir a conformidade do equipamento com os requisitos técnicos e de segurança estabelecidos pela concessionária e pelas normas vigentes. Ao realizar o registro, a concessionária verifica se o inversor atende aos padrões exigidos, o que inclui a qualidade dos componentes, a eficiência energética, a capacidade de proteção contra surtos e a conformidade com as normas técnicas específicas.

O registro do inversor é importante para assegurar a integração adequada do sistema de minigeração fotovoltaica à rede elétrica da concessionária, evitando problemas de compatibilidade e garantindo a operação segura e confiável do sistema.

5.3.7 Retorno financeiro (Payback)

Nesta etapa do levantamento de custo, é importante salientar que a média de preços considerada pode não ser plenamente aplicável, uma vez que as cotações foram obtidas e sofrem variações de acordo com as oscilações do dólar, e faturadas para pessoa física, não contando com as melhores condições de valor e formas de pagamento disponíveis.

Ao compor o preço total, destaca-se o kit do gerador fotovoltaico, o qual abrange a maioria dos materiais necessários para a instalação, como ilustrado na Tabela 8. No entanto, é válido ressaltar que os equipamentos de proteção e o autotransformador foram orçados separadamente, uma vez que não estão inclusos no kit fotovoltaico fornecido.

Tabela 8 - Preço Material Fotovoltaico

Material 2022	Valor
KIT SOLAR *Inversor Solar Growatt on grid MAX 100KTL3-X LV 100 KW TRIFASICO 380V *630 Módulos Fotovoltaicos TRINA, modelo Vertex TSM-DE21 665W *190 Estrutura de fixação para aluzinco *105 Conectores MC4 Macho/Fêmea *8000 metros cabo solar 6mm ² /1Kv Preto/Vermelho	R\$ 977.689,00
Mão de obra	R\$ 223.000,00
Cabo XLPE 35 mm ²	R\$ 140.000,00
Cabo XLPE 120 mm ²	R\$ 140.000,00
Engenharia	R\$ 150.000,00
Autotransformador 300KVA 220/380	R\$ 11.570,00
Disjuntor 300 a 50 KA	R\$ 7.917,00
DPS CC	R\$ 4.532,00
Disjuntor 500A	R\$ 3.392,00
Porta fusível bipolar 32 A 1000 V	R\$ 2.535,00
Fusivel cilindro 25 A	R\$ 1.960,00
Disjuntor 150 a 25 KA	R\$ 533,00
DPS CA	R\$ 364,00
Total	R\$ 1.662.595,00

Fonte: Autoria própria

Com base nos levantamentos de preços para pessoa física de todos os componentes, o valor total da obra é de aproximadamente R\$ 1.716.491,41, como evidenciado na Tabela 8.

É importante mencionar que outros gastos não foram considerados devido à sua difícil mensuração, como o aluguel do caminhão guindaste. Além disso, o custo relacionado ao aterramento também não foi contemplado, uma vez que cada estabelecimento deveria possuir seu próprio sistema de aterramento. No entanto,

quando essa condição não é atendida, é necessário estabelecer uma referência de terra para o gerador solar.

Considerando que o cliente tem um gasto mensal de aproximadamente 60 mil reais, a implantação do sistema fotovoltaico pode proporcionar uma economia de cerca de 48 mil reais por mês. O retorno financeiro do investimento seria alcançado em aproximadamente 35 meses, o que equivale a aproximadamente 3 anos. Vale ressaltar que mesmo após a implementação do sistema, o cliente continuará pagando em torno de 10 mil reais mensais devido à sua demanda contratada de 500 kW.

6 CONCLUSÃO

A utilização crescente de fontes renováveis tem se destacado no Brasil e no mundo, sendo a energia solar uma das principais alternativas. Ao longo do tempo, essa tecnologia tem evoluído, tornando-se mais eficiente e reduzindo seus custos de produção. Observou-se que a região analisada para a implantação desse sistema apresenta uma irradiação solar adequada para a geração fotovoltaica.

O presente estudo descreveu a metodologia de dimensionamento de um sistema de minigeração distribuída utilizando energia fotovoltaica como fonte. Foram abordados e analisados os cálculos necessários para determinar a potência fotovoltaica requerida para atender às demandas energéticas da empresa, bem como os cálculos para dimensionamento das proteções do sistema. Quando aplicável, também foi discutido o dimensionamento do autotransformador. Além disso, foram descritos os arquivos e projetos necessários para solicitar a homologação de uma minigeração junto à COPEL, empresa concessionária de energia elétrica que atua no estado do Paraná. Por fim, foi realizado um levantamento de custos médios para a aquisição do gerador na região noroeste do Paraná.

A implantação do sistema fotovoltaico geraria uma boa economia mensal para o cliente. O retorno financeiro do investimento seria alcançado em aproximadamente três anos, não conseguindo abater total valor da fatura devido sua demanda contratada.

Esse estudo contribui para o conhecimento sobre a viabilidade e o dimensionamento de sistemas de minigeração distribuída utilizando energia solar fotovoltaica, proporcionando uma base teórica e prática para a implementação de projetos sustentáveis de geração de energia. Os resultados obtidos podem servir como referência para empresas interessadas em adotar a energia solar como fonte renovável, considerando aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Esse estudo para trabalhos futuros é possível fazer análise da produção da fotovoltaica e ver se está de acordo com o previsto, identificar os possíveis problemas que podem ocorrer e emitir um laudo técnico que descreve e avalia as condições e características de um sistema de minigeração. O laudo apresenta informações detalhadas sobre a instalação, dimensionamento dos equipamentos, análise da eficiência e desempenho do sistema, além de verificar se a instalação está de acordo com as normas técnicas e regulamentações vigentes. Também pode incluir

recomendações para aprimorar a eficiência, segurança e desempenho do sistema de minigeração, garantindo a garantir a qualidade, confiabilidade e conformidade do sistema de minigeração.

REFERÊNCIAS

ADALBO, R. Energia solar para produção e eletricidade. 1º Ed. São Paulo: Artliber, 2012.

ALDO. Sancionado Marco Legal da Micro e Minigeração de Energia. S/ d. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/projeto-de-lei-para-energia-solar/>. Acesso 22/01/2022.

AFP. Capacidade mundial de energias renováveis aumentará 50% até 2024. Publicado 21/10/2019. Fonte: <https://www.istoedinheiro.com.br/capacidade-mundial-de-energias-renovaveis-aumentara-50-ate-2024/>. Acesso em 22/01/2022.

ANEEL. RN 482/ 2012. Publicado 17/04/2012a. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=38561&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jsPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp. Acesso 07/01/2022.

ANEEL. RN 414/ 2010. Publicado 2012b. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/REN_414_2010_atual_REN_499_2012.pdf/d299b3a0-ad4a-4c68-a280-6891e10b4465. Acesso 07/01/2022.

ANNEEL. Informações técnicas. S/d. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas>. Acesso 07/01/2022.

AVELLAR, G. Isenção de ICMS sobre geração distribuída alcança todo país. Publicado 2018. Disponível em: <https://galtenergia.com/2018/05/25/isencao-de-icms-sobre-geracao-distribuida-alcanca-todo-pais/>. Acesso 06/01/2022.

BANYERES, L. J. Geração de energia solar fotovoltaica. 1º ed. São Paulo: Marcombo, 2012.

BRASIL. Portaria nº 538/2015. Publicado 15/12/2015. Disponível em: <https://www1.satrix.com.br/satrix/arquivos/aneel-portari-538-1-progd-15122015.pdf>. Acesso 07/01/2022.

BRASIL. Lei nº 14.300. Publicada 06/01/2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em 22/01/2022.

BRASIL. Sancionada lei que institui marco legal da geração distribuída. Publicado 10/01/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2022/01/sancionada-lei-que-institui-marco-legal-da-geracao-distribuida>. Acesso em 22/01/2022.

BUSCOLI, R. R.; SOUZA, A. O. O discurso da sustentabilidade como elo às novas estratégias de desenvolvimento regional: o caso dos Eixos Nacionais de integração

e Desenvolvimento nos governos Fernando Henrique Cardoso I e II no estado de Mato Grosso do sul. Cuad. geogr. 2013; vol. 22(1): 51-68.
(<http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v22n1/v22n1a05.pdf>).

CAMARGO, J. R. et al. Sistemas Fotovoltaicos: Conceitos, inovação e aplicações. 1º ed. São Paulo: Cabral editora universitária, 2016.

COREMAL. Sustentabilidade. S/ d. Disponível em:
<http://www.coremal.com.br/empresa/sustentabilidade/>. Acesso 04/11/2020.

CORRÊA, M. M.; ASHELY, P. A. Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade, Educação Ambiental e Educação para o Desenvolvimento Sustentável: Reflexões para ensino de graduação. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. 2018; vol 35, n. 1. Pp. 92-111. file:///C:/Users/tcc/Documents/TCC%C2%B4s%202019/7417-22694-1-PB.pdf).

CRUZ, T. B. Análise do potencial de inserção de energia solar térmica para aquecimento de água em residências unifamiliares no Brasil. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: COPPE_UFRJ, 2016. 188f.
Disponível em:
http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Talita_Borges_Cruz.pdf. Acesso 08/01/2022.

DIAS, F. S. L. G.; LABEGALINI, L.; CSILLAG, J. M. Sustentabilidade e cadeia de suprimentos: uma perspectiva comparada de publicações nacionais e internacionais. Prod. 2012; vol. 22(3): 517-533.
(<https://www.scielo.br/j/prod/a/fp3vDcGVDCWhhgfnBdqw73N/?format=pdf&lang=pt>).

DINIZ, E. M.; BERMANN, C. Economia verde e sustentabilidade. Estud. 2012; vol. 26(74): 323-329.
(https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1066288/mod_resource/content/0/Estudos%20Avan%C3%A7ados%2074%20Ok_X1a%28red%29.pdf).

EJSSOLAR. Como funciona. S/ d. Disponível em: <https://ejsenergia.com.br/como-funciona.html>. Acesso 07/01/2022.

ESFERA. Entenda as diferenças entre ACR e ACL na compra de energia. Publicado 19/10/2020. Disponível em: <https://esferaenergia.com.br/blog/acr-e-acl/>. Acesso 07/01/2022.

FERASSO, C. A. et al. Análise do uso de sistema de aquecimento solar na demanda e consumo de energia elétrica em residências populares. 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. 2014.
(https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=175&ano=_quarto).

GALLO, E. et al. Saúde e economia verde: desafios para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. Ciênc. saúde coletiva. 2012; vol. 17(6):1457-1468.
(<https://www.scielo.br/j/csc/a/74stZFRrBbSXQc4GBggGQ5y/?format=pdf&lang=pt>).

GROUP. O Marco Legal da Geração Distribuída foi sancionado. Publicado 26/01/2022. Disponível em: <https://www.gnpw.com.br/geracao-distribuida/o-marco-legal-da-geracao-distribuida-foi-sancionado/>. acesso em 22/01/2022.

GRZEBIELUCKAS, C., CASAMAR, L. M. S.; SELIG, P. M. Contabilidade e custos ambientais: um levantamento da produção científica no período de 1996 a 2007. *Prod.* 2012; vol. 22(2): 322-332.
(https://www.scielo.br/pdf/prod/v22n2/aop_t6_0009_0082.pdf).

HEIDARE, N.; PEARCE, J. M. A Review of Greenhouse Gas Emission Liabilities as the Value of Renewable Energy for Mitigating Lawsuits for Climate Change Related Damages. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2016. vol. 55: 899–908.
(https://www.academia.edu/19418589/A_Review_of_Greenhouse_Gas_Emission_Liabilities_as_the_Value_of_Renewable_Energy_for_Mitigating_Lawsuits_for_Climate_Change_Related_Damages).

IEA. Energy Technology Perspectives: Pathways to a Clean Energy System Publicado 2012. Disponível em:
<http://www.iea.org/Textbase/npsum/ETP2012SUM.pdf>. Acesso 08/01/2022.

IRENA. Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2015. Publicado dez 2015. Disponível em: <http://www.irena.org/publications/2015/May/Renewable-Energy-and-Jobs--Annual-Review-2015>. Acesso 07/01/2022.

LEMOS, O. L.; SILVA, D. A. M. Planejamento e auditoria ambiental: por uma sustentabilidade ambiental. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade.* 2012; vol. 1(1).
(<https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/articloe/view/60>).

LIMA, L. C. et al. Performance analysis of a grid connected photovoltaic system in northeastern Brazil. *Energy for Sustainable Development.* 2017; vol. 37: 79–85.
(file:///C:/Users/tcc/Pictures/TCC/article_lutero.pdf).

LOPEZ-SANTOS, O. et al. Operation of a Photovoltaic Microinverter as Active Power Filter using the single phase P-Q Theory and Sliding Mode Control. *Ingeniería.* 2016; vol. 22(2).
(https://www.researchgate.net/publication/318240659_Operation_of_a_Photovoltaic_Microinverter_as_Active_Power_Filter_using_the_single_phase_P-Q_Theory_and_Sliding_Mode_Control).

MADRUGA, K. C. R. Um panorama da gestão de eficiência energética na indústria Alemã. Encontro internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2017; 9f.
(<http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/462.pdf>).

MARCHESAN, G. Detecção de ilhamento em sistemas de distribuição com geração síncrona distribuída. Tese (Doutorado Engenharia Elétrica). Santa Maria – RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2016. 130f.
(<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3696/MARCHESAN%2c%20GUSTAVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

MARTINS, H. Novas regras da ANEEL para geração doméstica de energia elétrica solar. Publicado 2015. Disponível em: <http://solarenergy.com.br/2016/03/novas-regras-aneel-geracao-domestica-energia-solar/>. Acesso 07/01/2022.

MELO, P. T. N. B.; SALLES, H. K.; VAN BELLEN, H. M. Quadro institucional para o desenvolvimento sustentável: o papel dos países em desenvolvimento com base na

análise crítica do discurso da Rio+20. Cad. EBAPE.BR. 2012; vol.10(3): 701-720. (<https://www.scielo.br/pdf/cebape/v10n3/13.pdf>).

MENDEZ-MUÑOZ, J. M.; CUERVO GARCIA, R. Energia solar fotovoltaica. 7º Ed. São Paulo: FC Editorial, 2012.

OĞZ, Y.; ÖZSOY, M. F. Sizing, design, and installation of an isolated wind-photovoltaic hybrid power system with battery storage for laboratory general illumination in Afyonkarahisar, Turkey. J. energy South. Afr. 2015; Vol.26 (4). (http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1021-447X2015000400007).

OLIVEIRA, L. R. et al. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. Produção. 2012; vol. 22(1): 70-82 (<https://www.scielo.br/j/prod/a/rm7ny98HNftrnRMJpFLddGm/?format=pdf&lang=pt>).

PEREIRA, F. A. S.; OLIVEIRA, M. A. S. Laboratório de energia solar fotovoltaica. 1º Ed. São Paulo: Piblindustria, 2011.

PFEIFFER, S. The Vision of “Industrie 4.0” in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. Nanoethics. 2017; vol. 11(1): 107–121. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5383681/>).

PIMENTA, H. C. D. Gestão Ambiental. 1º Ed. Rio de Janeiro: LT, 2012.

PINTO, M. O. Energia elétrica: geração, transmissão e sistemas interligados. 1º Ed. São Paulo: LTC, 2013.

REIS, L. B. Geração de energia elétrica. 3º Ed. São Paulo: Manole, 2017.

REN21. Renewables 2016: Global status report. Publicado dez 2016. Disponível em: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_FullReport_.pdf. Acesso 08/01/2022.

SANTANA-RODRIGUEZ, G. et al. Evaluation of a grid-connected photovoltaic system and in-situ characterization of photovoltaic modules under the environmental conditions of Mexico City. Revista Mexicana de Física. 2013; vol. 59: 88–94. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmf/v59n2/v59n2a12.pdf>).

SANTOS, A. R. P. et al. Contabilidade ambiental: uma contribuição da ciência contábil a sustentabilidade da gestão ambiental. S/d. Disponível: http://www.ead.fea.usp.br/semead/9semead/resultado_semead/trabalhosPDF/47.pdf. Acesso 06/01/2022.

SANTOS, M. A. Fontes de energia renovável. 1º Ed. São Paulo: LTC, 2013.

SOLAR. A Energia Solar no Mundo. S/d. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-mundo>. Acesso em 06/01/2022a.

SOLAR. Isenção de ICMS para Energia Solar. S/d. Disponível: <https://blog.bluesol.com.br/infografico-isencao-de-icms-para-energia-solar/>. Acesso em 06/01/2022b.

SOUZA, M. T. S.; RIBEIRO, H. C. M. Sustentabilidade ambiental: uma meta-análise da produção brasileira em periódicos de administração. Rev. adm. contemp. 2013; vol. 17(3): 368-396. (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-6552013000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt).

STEVAN JR, S. L. IOT: Internet das coisas - fundamentos e aplicações em arduino e nodemcu. 1º Ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

TOLEDO, F. Desvendando as redes elétricas inteligentes: smart grid handbook. 1º Ed. São Paulo: Brasport, 2012.

VAUGHAN, A. Renewables made up half of net electricity capacity added last year. Publicado out 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2016/oct/25/renewables-made-up-half-of-net-electricity-capacity-added-last-year>. Acesso 07/01/2022.

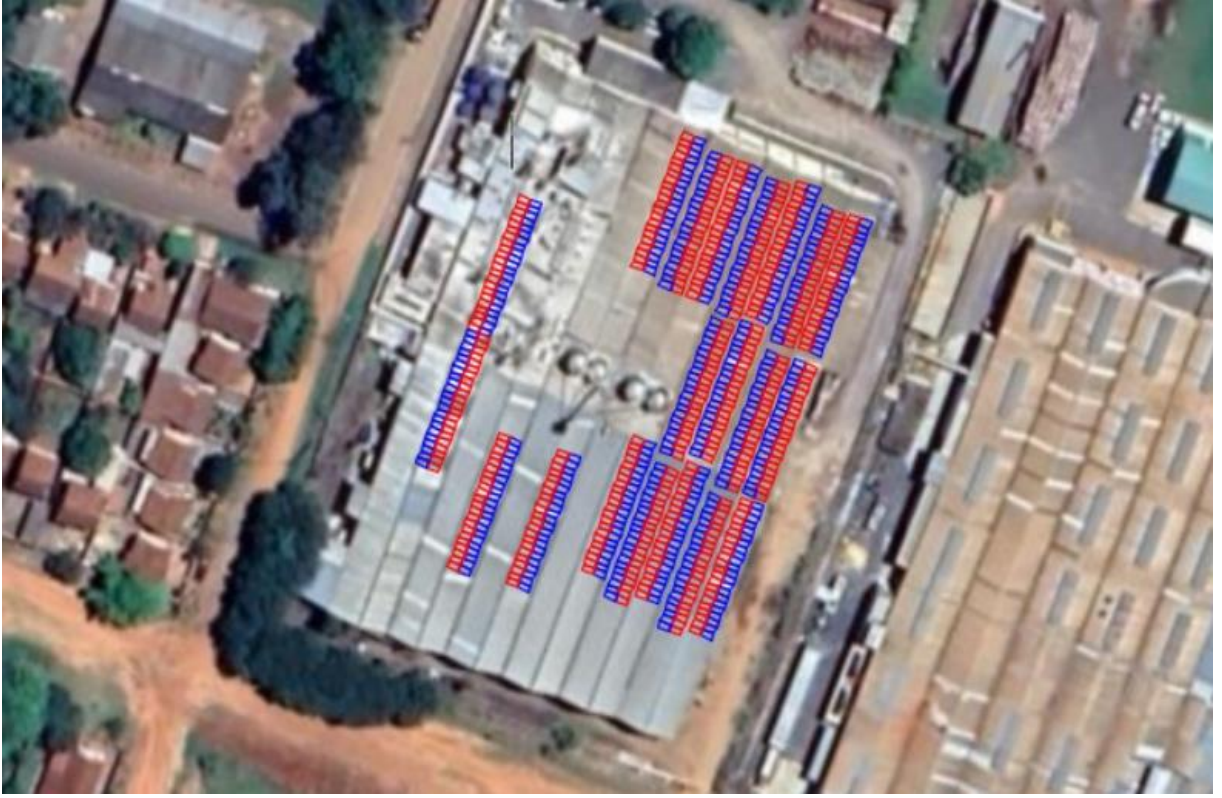
VELÁSQUEZ-VÁSQUEZ, J. C. et al. Control-oriented models of step-up and step-down photovoltaic power systems. Dyna rev.fac.nac. minas. 2012; vol. 79(172): 67-76. ISSN 0012-7353 (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532012000200007&lng=pt&nrm=iso).

VIALLI, A. Indústria 4.0 vai usar menos energia. Publicado set 2016. Disponível em: <http://www.valor.com.br/brasil/4727441/industria-40-vai-usar-menos-energia>. Acesso 07/01/2022.

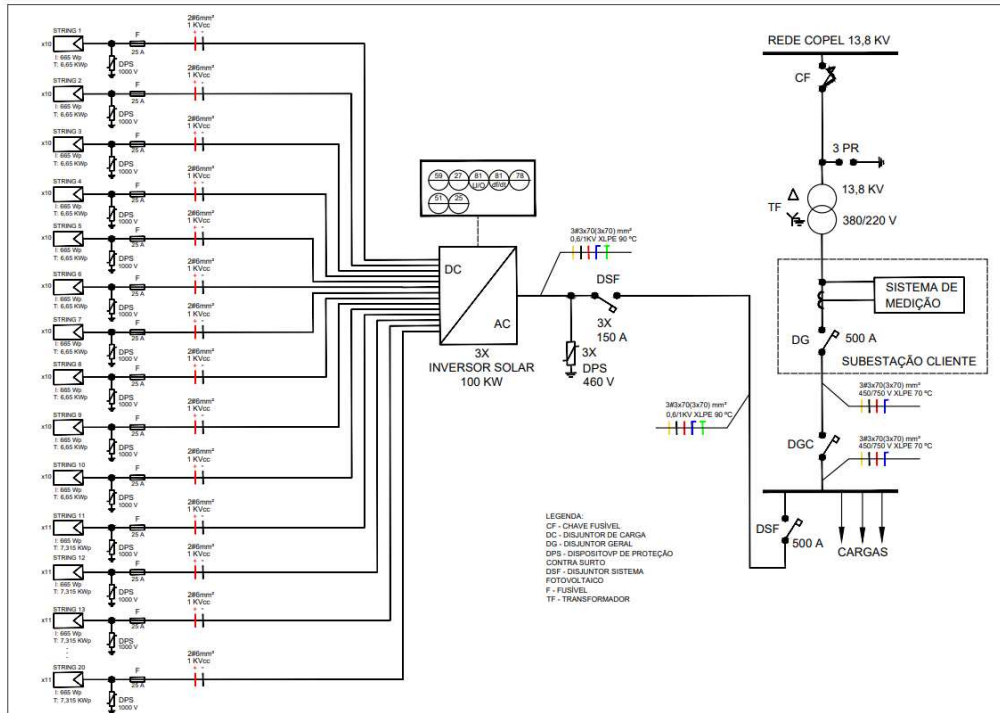
VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações - sistemas isolados e conectados à Rede. 2º Ed. São Paulo: Érica, 2014.

UFMG. Energia acessível e limpa. S/ d. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/energia-acessivel-e-limpa/>. Acesso 22/01/2022.

APÊNDICE A - Croqui disposição dos módulos fotovoltaicos na cobertura

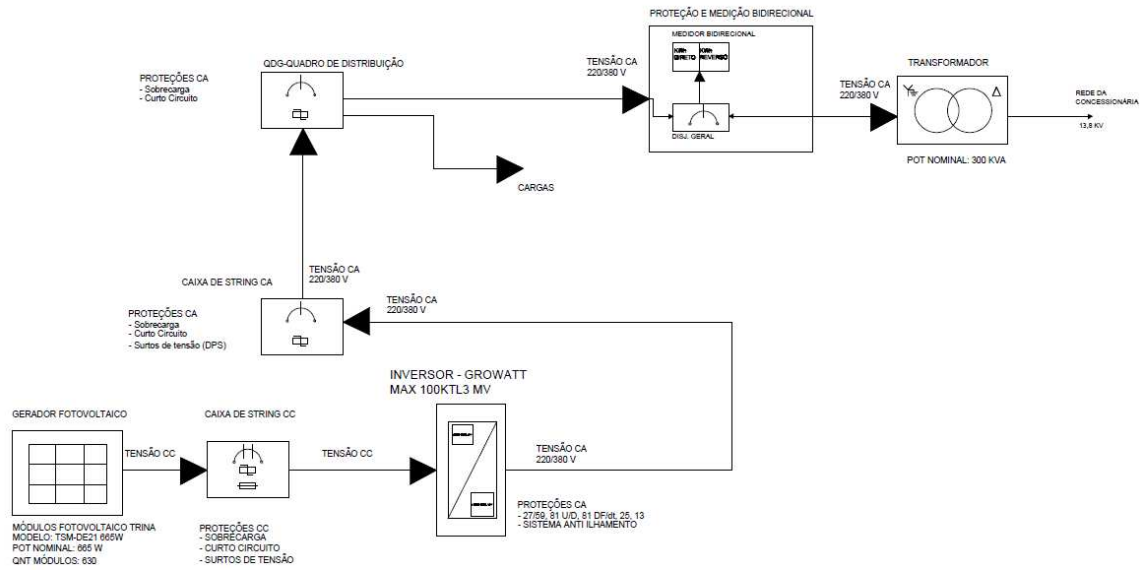


APÊNDICE B - Projeto Unifilar



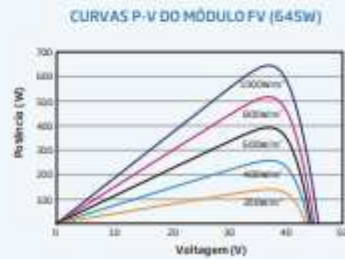
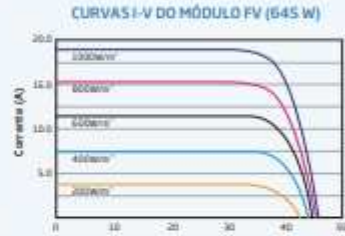
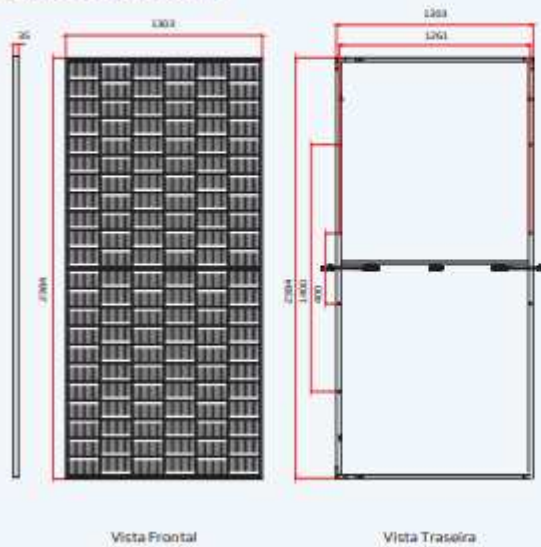
APÊNDICE C - Diagrama de Blocos

DIAGRAMA DE BLOCOS



ANEXO A - Datasheet Vertex DE21

DIMENSÕES DO MÓDULO FV (mm)



DADOS ELÉTRICOS (STC)

Potência Máxima de Pico - P _{max} (W) ¹	525	540	545	552	555	560	565	570
Tolerância de Potência - P _{max} (W)	0 - +5							
Tensão de Potência Máxima - V _{mp} (V)	35,8	37,0	37,2	37,4	37,5	37,6	38,0	38,2
Corrente de Potência Máxima - I _{mp} (A)	17,26	17,30	17,35	17,39	17,43	17,47	17,51	17,55
Tensão de Circuito Aberto - V _{oc} (V)	44,7	44,8	45,1	45,3	45,5	45,7	45,9	46,1
Corrente de Curto Circuito - I _{sc} (A)	18,30	18,34	18,38	18,44	18,46	18,51	18,57	18,62
Eficiência (%)	20,4	20,6	20,8	20,8	21,1	21,2	21,4	21,6

(1) medição IEC60904-2, Temperatura de Referência (STC), Nível de Arreio: 1000W/m², Tensão de Referência: 1.01V

DADOS ELÉTRICOS (NDCT)

Potência Máxima - P _{max} (W)	481	485	488	492	495	500	504	508
Tensão de Potência Máxima - V _{mp} (V)	34,3	34,5	34,8	34,9	35,1	35,3	35,4	35,6
Corrente de Potência Máxima - I _{mp} (A)	13,97	14,01	14,05	14,09	14,13	14,17	14,22	14,26
Tensão de Circuito Aberto - V _{oc} (V)	42,1	42,3	42,5	42,7	42,9	43,0	43,2	43,4
Corrente de Curto Circuito - I _{sc} (A)	14,75	14,78	14,82	14,85	14,89	14,93	14,96	15,01

(1) medição IEC60904-2, Temperatura de Referência (NDCT), Tolerância de Curto-Circuito

DADOS MECÂNICOS

Células	Monocristalinas
N.º de Células	132 células
Dimensões	2096 ± 1,00 ± 0,5 mm (82,96 ± 0,1, 00 ± 0,19 polegadas)
Peso	33,9 kg (74,7 lb)
Vidro	3,2 mm (0,13 polegadas), Alta Transmissão, Antirreflexo, Temperado
Material Encapsulante	EVA-PCR
Backsheet	Branco
Mostrador	25mm (1,39 polegadas), Liga de Alumínio Anodizado
J-Box	IP68
Cabo	Cabo de Tecnologia Fotovoltáica 4 Core (0,006 polegadas), Retorcido 280/280 mm (11,02/11,02 polegadas) (o comprimento do cabo é personalizável)
Conectores	MC4 EV02 / TS4*

* Consulte sempre o manual para obter o nome do produto.

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

NDCT (Temp. Referência: Temperatura de Referência)	42°C (107°F)
Coefficiente de Temp. P _{max}	-0,34%/°C
Coefficiente de Temp. V _{oc}	-0,20%/°C
Coefficiente de Temp. I _{sc}	0,04%/°C

LIMITES OPERACIONAIS

Temperatura Operacional	-40 ~ +80°C
Tensão Máxima Sistema	2500V DC (800)
Capacidade Max. Fúvel	30A

GARANTIA

- 12 Anos de Garantia do Produto
- 25 Anos de Garantia de Entrega de Energia
- 2% Degradação do Primeiro Ano
- 0,55% Degradação Anual de Potência

(*) Consulte sempre o manual para obter o nome do produto.

CONFIGURAÇÕES DE EMBALAGEM

- Módulos por caixa: 25 unidades
- Módulos por container: 40: 527 unidades

ANEXO B - Datasheet inversor solar Growatt Max100KTL3 MV

Datasheet	MAX 60KTL3 MV	MAX 70KTL3 MV	MAX 80KTL3 MV	MAX 90KTL3 MV	MAX 100KTL3 MV
Input data (DC)					
Max. recommended PV power(for module STC)	90000W	105000W	120000W	150000W	130000W
Max.DC voltage			1100V		
Start voltage			250V		
Nominal voltage	700V	700V	700V	730V	730V
Nominal voltage			200V-1000V		
No. of MPPT trackers	6	7	7	7	7
No. of PV strings per MPPT tracker			2		
Max. input current per MPPT tracker			26A		
Max. short-circuit current per MPPT tracker			32A		
Output data (AC)					
AC nominal power	60000W	70000W	80000W	90000W	100000W
Max. AC apparent power	66600VA	77700VA	88800VA	100000VA	111000VA
Nominal AC voltage (range*)	277V/480V 425-540VAC	277V/480V 425-540VAC	277V/480V 425-540VAC	288V/500V 425-540VAC	288V/500V 425-540VAC
AC grid frequency (range*)			50/60 Hz (45-59 to/55-65 Hz)		
Max. output current	80.2A	93.6A	107.0A	115.7A	128.6A
Adjustable power factor			0.8leading ...0.8lagging		
THDI			<3%		
AC grid connection type			3W+PE		
Efficiency					
Max. efficiency			99.0%		
European efficiency	98.5%	98.5%	99.6%	98.6%	98.6%
MPP efficiency			99.9%		
Protection devices					
DC reverse polarity protection			Yes		
DC switch			Yes		
AC/DC surge protection			Type II / Type II		
Insulation resistance monitoring			Yes		
AC short-circuit protection			Yes		
Ground fault monitoring			Yes		
Grid monitoring			Yes		
Anti-islanding protection			Yes		
Residual-current monitoring unit			Yes		
String monitoring			Yes		
AFCI protection			Optional		
Anti-PID function			Optional		
General data					
Dimensions (W / H / D)			860x500x300mm		
Weight	82kg	86kg	86kg	86kg	86kg
Operating temperature range			-25°C ... +60°C		
Noise emission (typical)			≤ 60dB(A)		
Nighttime power consumption			< 1W		
Topology			Transformerless		
Cooling			Smart air cooling		
Protection degree			IP65		
Relative humidity			0-100%		
Altitude			4000m		
DC connection			H4/MC4(Optional)		
AC connection			Cable gland + OI terminal		
Display			LED/WIFI + APP		
Interfaces: RS485 / USB /WIFI /RF/GPRS			Yes/Yes /Optional/Optional/Optional		
Warranty: 5 years / 10 years			Yes /Optional		
CE VDE0126, Gieece, EN50438, UTE C 15-712, IEC62116, IEC61727, IEC 60068, IEC 61683, N4105, G98/G99, G100					

* For current models and certificates, please see www.ginverter.com.

* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.
All specifications are subject to change without notice.

ANEXO C - Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída

FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Código da UC:	Grupo B <input type="checkbox"/> Grupo A <input type="checkbox"/> Classe: _____	
Titular da UC:		
Rua/Av.:	Nº: _____ CEP: _____	
Bairro:	Cidade: _____	
E-mail: _____		
Telefone:	Celular: _____	
CNPJ/CPF: _____		
2 - Dados da Unidade Consumidora		
Localização em coordenadas: Latitude:	Longitude: _____	
Potência instalada (kW):	Tensão de atendimento (V): _____	
Tipo de conexão: monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica <input type="checkbox"/>		
Transformador particular (kVA): 75 <input type="checkbox"/> 112,5 <input type="checkbox"/> 225 <input type="checkbox"/> outro: _____		
Tipo de instalação: Posto de transformação <input type="checkbox"/> cabina <input type="checkbox"/> subestação <input type="checkbox"/>		
Tipo de ligação do transformador: _____		
Impedância percentual do transformador: _____		
Tipo de ramal: aéreo <input type="checkbox"/> subterrâneo <input type="checkbox"/>		
3 - Dados da Geração		
Potência instalada de geração (kW):	_____	
Tipo da Fonte de Geração:		
Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/>		
Outra (especificar): _____		
4 - Documentação a Ser Anexada		
<input type="checkbox"/> 1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e Instalação do sistema de minigeração		
<input type="checkbox"/> 2. Projeto elétrico das Instalações de conexão, memorial descritivo		
<input type="checkbox"/> 3. Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão		
<input type="checkbox"/> 4. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção		
<input type="checkbox"/> 5. 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.		
<input type="checkbox"/> 6. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/fscq		
<input type="checkbox"/> 7. 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		
<input type="checkbox"/> 8. Cópia de Instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)		
<input type="checkbox"/> 9. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)		
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)		
Responsável/Área: _____		
Endereço: _____		
Telefone: _____		
E-mail: _____		
6 - Solicitante		
Nome/Procurador Legal:	_____	
Telefone:	_____	
E-mail:	_____	
_____	_____/_____/_____	_____
Local	Data	Assinatura do Responsável

ANEXO D - Termo de Responsabilidade Técnica

Eu, [preencher com o nome completo], [preencher com o título profissional], devidamente registrado e habilitado pelo CREA/[preencher com a UF], sob o número [preencher com o número], declaro para todos os efeitos legais, ser o responsável técnico pelo projeto das instalações de Micro ou Minigeração de potência total [preencher com a potência instalada], em tensão [preencher com a tensão de conexão da UC com a Copel], da Unidade Consumidora abaixo identificada:

Cliente: [preencher com a identificação do cliente]

Endereço: [preencher com o endereço do cliente]

Anotação de Responsabilidade Técnica número: [preencher com o número da ART registrada no CREA]

Classificação da Atividade: [preencher com o tipo de geração]

Cumpra ainda declarar que o inversor [preencher com marca, modelo e potência] aplicado neste projeto possui certificação às normas brasileiras ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150 e ABNT NBR IEC 62116 ou certificação às normas europeias IEC 61727:2004-12 e IEC 62116:2014 ou certificação à norma americana IEEE 1547, conforme demonstrado a seguir:

1. Certificado(s) número(s) [preencher com número(s) do(s) certificado(s)] no laboratório [preencher com o nome do laboratório], que pode(m) ser confirmado(s) em [https://\[obrigatoriamente preencher com o\(s\) caminho\(s\) na página do laboratório, de cada certificado separadamente\]](https://[obrigatoriamente preencher com o(s) caminho(s) na página do laboratório, de cada certificado separadamente]).
2. O organismo de acreditação é signatário do acordo de reconhecimento mútuo para a atividade de acreditação de laboratórios de ensaios e de calibração junto à cooperação [preencher com a cooperação ILAC ou IAAC ou IAF], que pode ser confirmado em [https://\[obrigatoriamente preencher com o caminho na página da cooperação ILAC ou IAAC ou IAF\]](https://[obrigatoriamente preencher com o caminho na página da cooperação ILAC ou IAAC ou IAF]).
3. O laboratório é acreditado pelo organismo de acreditação de laboratórios [preencher com o organismo de acreditação de laboratórios], que pode ser confirmado em [https://\[obrigatoriamente preencher com o caminho na página do organismo de acreditação de laboratórios\]](https://[obrigatoriamente preencher com o caminho na página do organismo de acreditação de laboratórios]).

[preencher com Local e Data]

[preencher com NOME e registro no CREA]

CNPJ/CPF: [preencher com CNPJ ou CPF]

Telefone: [preencher com Telefone]

E-mail: [preencher com e-mail]