UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA

Departamento de Engenharia Elétrica

Ana Luiza Mussi Brusarosco

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM UMA REDE DE POSTOS DE GASOLINA:

Estudo de Caso: Projeto e Implantação

Campo Grande

2020

Ana Luiza Mussi Brusarosco

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM UMA REDE DE POSTOS DE GASOLINA:

Estudo de Caso: Projeto e Implantação

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Jéferson Meneguin Ortega

Campo Grande

2020

Ana Luiza Mussi Brusarosco

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM UMA REDE DE POSTOS DE GASOLINA:

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

_____

Prof. Dr. Jéferson Meneguin Ortega – UFMS (Orientador)

_____

Prof. Dr. Jair de Jesus Fiorentino – UFMS (Banca Examinadora)

_____

Prof. Dr. Paulo Irineu Koltermann – UFMS (Banca Examinadora)

Campo Grande, 23 de julho de 2020.

Esse documento corresponde à versão final da monografia intitulada **Análise de Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos em uma Rede de Postos de Gasolina – Estudo de Caso: Projeto e Implantação** defendida por Ana Luiza Mussi Brusarosco perante a banca examinadora do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Jéferson Meneguin Ortega

ORIENTADOR

_____

Prof. Dr. Jair de Jesus Fiorentino

EXAMINADOR

_____

Prof. Dr. Paulo Irineu Koltermann

EXAMINADOR

À Deus.

À minha família.

Ao meu irmão, Vicente Almeida Brusarosco.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, que me amparou em todas as circunstâncias em que me encontrei, me suportando com amor e presença. Provém dele a força que permitiu com que superasse tantos momentos delicados e anos difíceis para estar hoje aqui, concluindo essa etapa.

Agradeço a minha família por motivar-me a nunca desistir, mesmo há quilômetros de distância; e aos meus verdadeiros amigos, em especial a Ane, Artur e Jaqueline, que continuamente renovaram minhas esperanças em mim mesma.

Agradeço aos professores que conheci durante a graduação, que proporcionaram conhecimento não só técnico como sobre a vida; em especial ao meu orientador, Jéferson Meneguin Ortega, por enxergar em mim uma versão muito melhor do que sou, inspirando-me a persegui-la.

EPÍGRAFE

“tel qu’en Lui-même enfin l’éternité le change.”

Stéphane Mallarmé

RESUMO

A julgar pela crescente ascensão da eficiência energética, essencialmente da energia solar, este trabalho tem como principal objetivo demonstrar a viabilidade técnico-financeira da instalação de dois sistemas fotovoltaicos, um no município de Rio Verde de Mato Grosso, e outro, em Rio Negro, cujo intuito é a redução de custos com energia elétrica por um período de até 25 anos. O presente estudo visa a aplicabilidade dos conceitos que fundamentam os princípios da energia solar, em consonância com a geração elétrica fotovoltaica, as etapas – desde escolha do local de instalação ao dimensionamento de um inversor à custa do consumo – que permeiam o desenvolvimento de um sistema que converta incidência solar em eletricidade e a análise do retorno do investimento; que nesse caso, consideradas as unidades consumidoras para as quais serão transferidos créditos de saldo energético, o retorno do investimento será alcançado em, somente, 3 anos, garantindo um vasto período de quase 22 anos de drástica redução tributária e preconizando o estimável custo-benefício que o investimento agrega e o potencial que a geração distribuída possui no Brasil.

Palavras-Chave: Energia solar, sistema fotovoltaico, geração fotovoltaica, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Judging by the increasing rise in energy efficiency, essentially solar energy, this work has as main objective to demonstrate the technical and financial viability of installing two photovoltaic systems, one in the municipality of Rio Verde de Mato Grosso, and the other, in Rio Negro, whose purpose is to reduce electricity costs for a period of up to 25 years. The present study aims at the applicability of the concepts that support the principles of solar energy, in line with photovoltaic electrical generation, the steps - from choosing the installation site to the dimensioning of an inverter at the expense of consumption - that permeate the development of a system that converts solar incidence to electricity and the analysis of the return on investment; that in this case, considering the consumer units to which energy balance credits will be transferred, the return on investment will be achieved in just 3 years, guaranteeing a vast period of almost 22 years of drastic tax reduction and advocating the estimated cost-benefit that investment adds and the potential that distributed generation has in Brazil.

Keywords: Solar energy, photovoltaic system, photovoltaic generation, economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das fontes energéticas em 2018. 19
Figura 2 - Distribuição das fontes energéticas elétricas em 2018. 20
Figura 3 - Órbita terrestre em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado 23, 5º. 22
Figura 4 - Posição do Sol em relação ao plano horizontal. 22
Figura 5 - Posição do Sol em relação ao plano horizontal. 23
Figura 6 - Estrutura das bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes. 24
Figura 7 - Representação do efeito fotovoltaico. 25
Figura 8 - Representação do funcionamento do material semicondutor sob influência de elementos p e n. 26
Figura 9 - Diferenciação entre célula, módulo e painel fotovoltaico. 26
Figura 10 - Módulo Monocristalino x Módulo Policristalino. 28
Figura 11 – Módulo feito a partir de a-Si. 29
Figura 12 - Módulos fotovoltaicos utilizando CdTe. 29
Figura 13 – Curvas I-V e P-V de uma célula fotovoltaica de silício cristalino. .. 30
Figura 14 - Curvas I-V de duas células fotovoltaicas de silício cristalino quando conecta- das (a) em série e (b) em paralelo. 32
Figura 15 - Influência da radiância solar na curva I-V de uma célula fotovoltaica de silício cristalino na temperatura de 25ºC. 33
Figura 16 - Influência da temperatura na curva I-V de uma célula fotovoltaica de silício cristalino para irradiância de 1000W/m². 33
Figura 17 - Diferença entre sistema off grid – à esquerda – e on grid – à direita. 35
Figura 18 - Diferentes angulações de irradiação solar em sistemas fotovoltaicos. 37
Figura 19 - Curva de Perda de Produção por Sombreamento. 38
Figura 20 – Área em Rio Verde/MS onde serão instalados os módulos fotovoltaicos. 45
Figura 21 - Área em Rio Negro/MS onde serão instalados os módulos fotovoltaicos. 46
Figura 22 - Fatura de Energia Auto Posto Cachoeiras ref. 11/2019 47

Figura 23 - Fatura de Energia Auto Posto Rio Negro ref. 11/2019..... 48
Figura 24 - Telhado do Auto Posto Cachoeiras em Rio Verde do Mato Grosso - MS. 50
Figura 25 - Telhado do Auto Posto Rio Negro em Rio Negro - MS. 51
Figura 26 - Especificações técnicas do módulo fotovoltaico JKM330PP-72. ... 53
Figura 27 - Especificações técnicas do inversor PHB35K-MT. 54
Figura 28 - Instalação do sistema fotovoltaico, sendo utilizado 12 strings com 11 módulos em série para cada string. 56
Figura 29 - Inversor PHB35K-MT e QDCA 72..... 57
Figura 30 - Comparativo de rendimentos no período de 25 anos. .....**Erro! Indicador não definido.**
Figura 31 - Comparativo de rendimentos no período de 25 anos. 60
Figura 32 - Comparativo antes x após instalação em Rio Verde de Mato Grosso - MS. 60
Figura 33 - Comparativo antes x após instalação em Rio Negro - MS. 61
Figura 34 - Comparativo antes x após instalação em UC - 1. 62
Figura 35 - Comparativo antes x após instalação em UC - 2. 62
Figura 36 - Comparativo antes x após instalação em UC - 3. 63
Figura 37 - Comparativo antes x após instalação em UC - 4. 64
Figura 38 - Comparativo antes x após instalação em UC - 5. 64
Figura 39 - Comparativo antes x após instalação em UC - 6. 65
Figura 40 - Comparativo antes x após instalação em UC - 7. 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica em 2018. 20
Tabela 2 - Tipos de Sistemas Fotovoltaicos..... 35
Tabela 3 - Dados de irradiação solar média em Rio Negro/MS 36
Tabela 4 - Dados de irradiação solar média em Rio Verde do Mato Grosso/MS 37
Tabela 5 - Dados climatológicos de Rio Verde de Mato Grosso - MS..... 54
Tabela 6 - Dados climatológicos de Rio Negro - MS..... 55
Tabela 7 - Comparativo do valor do investimento x valor que seria destinado à concessionária. ..... **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MME	Ministério de Minas e Energia
BEN	Balanço Energético Nacional
OIE	Oferta Interna de Energia
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
c-Si	Silício cristalino
m-Si	Silício monocristalino
p-Si	Silício policristalino
a-Si	Silício amorfo hidrogenado
CdTe	Telureto de cádmio
CIGS	Disseleneto de cobre (gálio) e índio
CRESESB	Centro de Referência de Energia Solar e Eólica
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

2 OBJETIVOS 18

2.1 Objetivo Geral 18

2.2 Objetivos Específicos 18

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

3.1 Matriz Energética Brasileira 19

3.2 Energia Solar 20

3.3 Geometria Solar 22

3.4 Efeito Fotovoltaico 24

3.5 Módulos Fotovoltaicos 26

3.5.1 Silício Cristalino (m-Si e p-Si) 27

3.5.2 Silício Amorfo Hidrogenado (a-Si) 28

3.5.3 Telureto de Cádmio (CdTe) 29

3.5.4 Disseleneto de Cobre, Índio e Gálio (CIS e CIGS) 30

3.6 Características Elétricas dos Módulos Fotovoltaicos 30

3.7 Sistemas Fotovoltaicos 33

3.7.1 Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico *ON GRID* 36

3.7.1.1 Levantamento do recurso solar disponível na região 36

3.7.1.2 Definição do local de instalação e configuração do sistema 37

3.7.1.3 Levantamento da demanda a ser suprida 39

3.7.1.4 Dimensionamento e arranjo do setor fotovoltaico 39

3.7.1.5 Dimensionamento do inversor 41

3.8 Geração Distribuída 42

3.9 Análise de *Payback* e Viabilidade Econômica 44

4 METODOLOGIA 45

4.1 Levantamento do consumo médio mensal 46

4.2 Escolha dos locais de instalação e configurações dos sistemas 50

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 52

5.1 Escolha do módulo fotovoltaico e do equipamento de condicionamento de potência 52

5.2 Escolha do módulo fotovoltaico e do equipamento de condicionamento de potência 54

5.3 Tempo de Retorno de Investimento (TRI) 57

6 CONCLUSÃO 67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 69
APÊNDICE A – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO 72
APÊNDICE B – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO INVERSOR PHB35K-MT 75
APÊNDICE C – PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM RIO VERDE DE MATO GROSSO – MS. 81
APÊNDICE D – PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM RIO NEGRO – MS. 83

1 INTRODUÇÃO

Muito do que ocorreu na evolução da humanidade se pauta em energia elétrica. O manuseio desse insumo persiste até hoje sob inúmeras circunstâncias e se manifesta atualmente como uma das principais necessidades fundamentais ao desenvolvimento econômico, tecnológico e social do mundo, perscrutando os mais simples ofícios até grandiosas invenções.

Com o decorrer do tempo e o crescimento da população, a demanda de energia elétrica tornou-se ainda mais latente evidenciando a busca por fontes de energia renováveis com boa rentabilidade e que respeitassem os limites impostos através das questões ambientais validadas frente aos impactos gradativos no ecossistema.

Segundo a EPE, do ano de 1995 até 2019 o consumo de energia elétrica no Brasil cresceu aproximadamente 98,32%. No Brasil, a principal fonte de energia elétrica é a hidráulica (BNE, 2018).

A energia fotovoltaica provém da conversão de energia solar em energia elétrica e consoante com o aspecto favorecido do Brasil, devido à sua localização e geografia, o país recebe alta radiação solar durante o ano todo. Ainda que a participação da energia solar não seja expressiva atualmente na matriz energética brasileira, o cenário cuja fonte se inclui vem tornando-se promissor visto que a redução dos impactos ambientais, como também pela amortização dos custos envolvidos na geração de energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos, de acordo com a NBR 11704:2008, podem ser *on grid,* que são conectados à rede de distribuição de energia, e *off grid*, que são autônomos, armazenam a própria energia produzida. Os sistemas *on grid* estão sujeitos à Lei Federal nº 10.438/2002 que conjectura vantagens econômicas para produtores de energia independentes em forma de crédito.

A normatização do funcionamento do sistema *on grid* está prevista, mais especificamente, na Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL) cuja qual versa-se na geração distribuída, conceito este que autoriza o consumidor a produzir sua própria energia elétrica através de fontes renováveis de energia podendo injetar na rede o saldo energético que restar, garantindo crédito energético com a concessionária.

Tem-se a partir da produção de energia solar o tempo de retorno de investimento, sendo essa variável, em função da capacidade dos Sistemas de Geração Fotovoltaicos a serem instalados e o consumo prévio. Todavia, mesmo diante de uma margem oscilante, o tempo de *payback* de geradores fotovoltaicos residenciais e comerciais variam de 3 a 10 anos.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo demonstrar a viabilidade técnico-financeira de implementação de dois geradores fotovoltaicos, um em cada posto de gasolina, ligados à rede em locais comerciais. Serão descritas as etapas de dimensionamento, princípios técnicos, viabilidade econômica e, indiretamente, as vantagens que o sistema propõe.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo objetiva analisar o processo de implementação de placas fotovoltaicas em dois postos de gasolina localizados na cidade de Rio Verde do Mato Grosso e Rio Negro no estado de Mato Grosso do Sul. Através do segregamento do processo, serão descritos os princípios de funcionamento das placas fotovoltaicas, no que a geração distribuída se fundamenta em seu acoplamento à rede, e a viabilidade econômica da instalação frente ao *payback*.

2.2 Objetivos Específicos

- Análise dos tipos de materiais utilizados para módulos fotovoltaicos abrangendo suas especificidades;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico fundamentado no consumo médio dos últimos doze meses do cliente em anuência com as legislações contemporâneas, como a Resolução da ANEEL 482/2012;
- Análise econômica intencionando obtenção do tempo de retorno (*payback*) a partir de grandes investimentos no âmbito comercial;
- Manifestação das vantagens oriundas da implementação da metodologia do estudo base de energia fotovoltaica e geração distribuída.

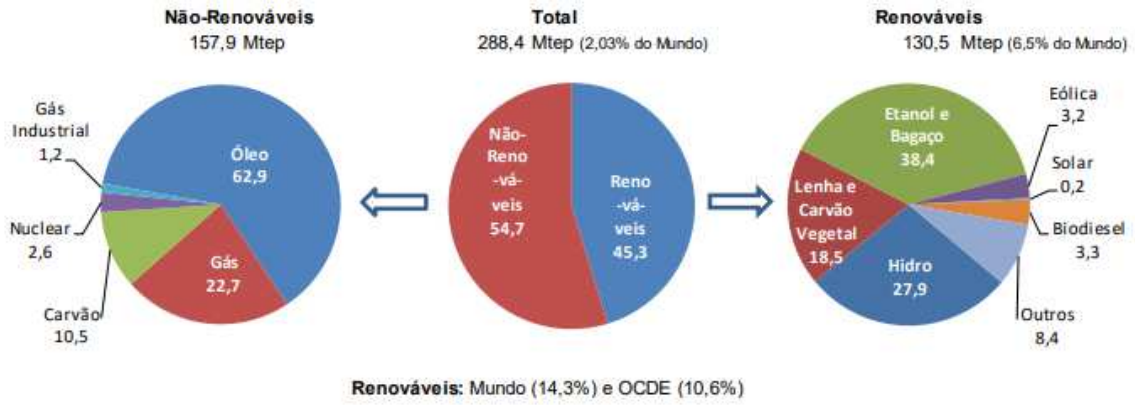
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Matriz Energética Brasileira

A matriz energética brasileira é deveras variada e descreve a junção das fontes de energia que são utilizadas para suprir a demanda energética do país.

No Brasil, embora o consumo de energia de fontes não renováveis supere o de renováveis, usa-se mais fontes renováveis que no resto do mundo. De acordo com o documento "Resenha Energética Brasileira" (MME), tendo como referência o ano de 2018, a figura 1 elucida a participação de 45,3% de energias renováveis, 2,3% a mais do que no ano anterior, 2017. Analogamente, a média mundial da proporção das fontes renováveis na matriz energética foi de 14,3%.

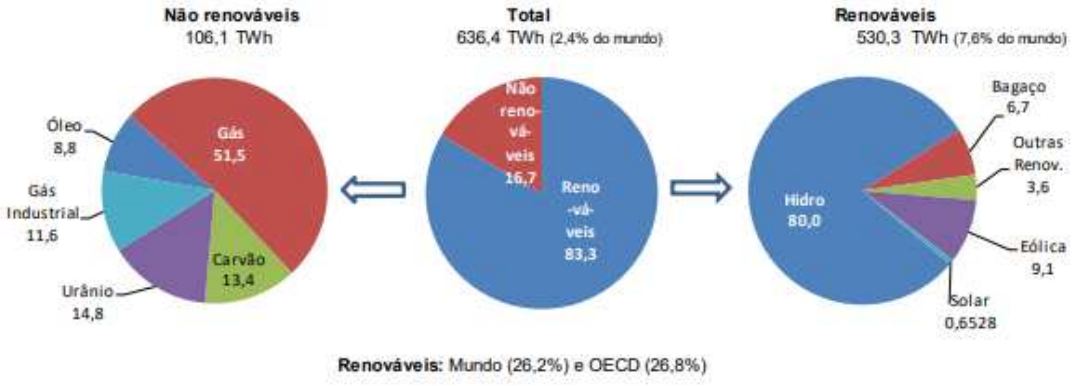
Figura 1 - Distribuição das fontes energéticas em 2018.



Fonte: MME (2020).

No que se refere a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), a parcela do fornecimento oriundo das fontes de energias renováveis, em 2018, chegou a 83,3%, as quais incluem potenciais hidráulico (61,1%), provenientes do bagaço da cana (5,6%), eólico (7,6%), solar (0,54%) e demais fontes (3%). A Tabela 1 mostra um comparativo entre os anos de 2017 e 2018 com as fontes de energia; o mesmo, também representado no gráfico da figura 2.

Figura 2 - Distribuição das fontes energéticas elétricas em 2018.



Fonte: MME (2020).

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica em 2018.

ESPECIFICAÇÃO	GWh		18/17 %	Estrutura (%)	
	2017	2018		2017	2018
HIDRÁULICA	370.906	388.971	4,9	59,3	61,1
BAGAÇO DE CANA	35.656	35.435	-0,6	5,7	5,6
EÓLICA	42.373	48.475	14,4	6,8	7,6
SOLAR	832	3.461	316,1	0,13	0,54
OUTRAS RENOVÁVEIS (a)	17.257	18.947	9,8	2,8	3,0
ÓLEO	12.458	9.293	-25,4	2,0	1,5
GÁS NATURAL	65.593	54.622	-16,7	10,5	8,6
CARVÃO	16.257	14.204	-12,6	2,6	2,2
NUCLEAR	15.739	15.674	-0,4	2,5	2,5
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS (b)	12.257	12.314	0,5	2,0	1,9
IMPORTAÇÃO	36.355	34.979	-3,8	5,8	5,5
TOTAL (c)	**625.682**	**636.375**	**1,7**	**100,0**	**100,0**
Dos quais renováveis	*503.378*	*530.269*	*5,3*	*80,5*	*83,3*

(a) Lixívia, biogás, casca de arroz, capim elefante, resídos de madeira e gás de c. vegeta; (b) Gás de alto forno, de aciaria, de coqueria, de refinaria e de enxofre; e alcatrão; (c) Inclui autoprodutor cativo (que não usa a rede básica).

Fonte: MME (2020).

3.2 Energia Solar

Energia solar, como o próprio nome diz, trata-se da energia que provém do Sol. Essa fonte de energia renovável além de ser inesgotável, não polui o meio ambiente e é responsável por inúmeros processos biológicos; podendo até ser imputada como a mãe das demais fontes energéticas. O aproveitamento dessa forma de energia emerge como solução para diversas demandas básicas da humanidade, como aquecimento, iluminação e alimentação; como propulsora de geração de potência elétrica ou mecânica; e, mais recentemente, como fonte direta para produção de eletricidade.

O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, aproximadamente, $1,5x10^8$ kWh de energia (COGEN. 2012) através da reação nuclear que ele exerce. Tal processo poderia ser explicado como a fusão dos núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio. A disponibilidade da radiação solar necessita da latitude local e da posição no tempo, visto que a incidência da irradiância é diretamente influenciada pela inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente e a trajetória elíptica que a Terra percorre ao redor do Sol.

Segundo Edenhofer et al. (2011) no documento intitulado *"Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change"*, existem 5 (cinco) grandes formas de utilização de energia solar, dividindo-se nos seguintes grupos:

a) Ativa: decorrente do processo de aquecimento ou refrigeração a partir da radiação solar, como aquecedores residenciais;

b) Passiva: ligada com a chamada "arquitetura bioclimática", trata-se da utilização da luz e do calor incidente para projetos arquitetônicos, englobando ventilação e iluminação natural na espacialização da edificação;

c) Fotovoltaica: obtida a partir do efeito fotovoltaico, isto é, conversão da radiação incidente em eletricidade em dispositivos semicondutores, sendo estes normalmente células de silício;

d) Utilização de concentradores térmicos para conversão da radiação solar em energia elétrica;

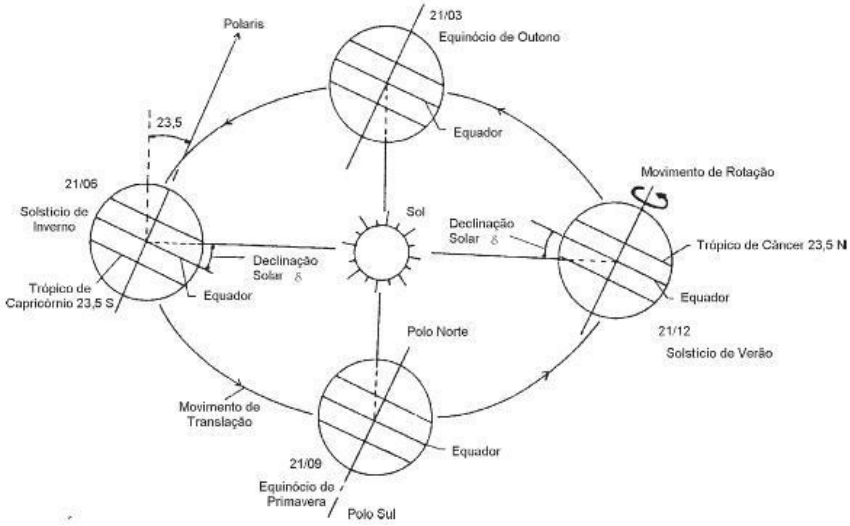
e) Um processo semelhante a fotossíntese, onde, segundo Pinho & Galdino (2014): "em um reator alimentado por dióxido de carbono (CO2), água e metal ou óxido metálico, exposto à radiação solar, produz-se hidrogênio, oxigênio e monóxido de carbono. Neste caso, o hidrogênio seria o combustível solar a alimentar células a combustível, não mais produzido a partir de gás natural, mas da quebra da molécula da água a partir da luz solar".

Evidenciando, assim, que as cinco categorias supracitadas consubstanciam em fatores térmicos (os quais dependem da alteração de temperatura para geração de energia) e fotovoltaicos – os quais serão detalhados nos tópicos conseguintes.

3.3 Geometria Solar

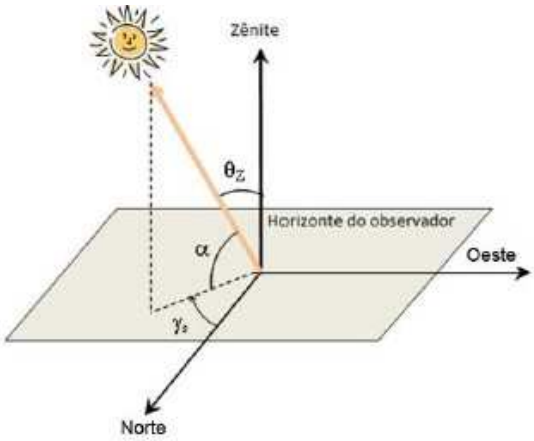
O planeta Terra reproduz, em trajetória elíptica ao redor do Sol, um plano inclinado que possui um ângulo de 23,5º referido ao plano equatorial. Esta inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano, como pode ser visto na Figura 3 abaixo (CEPEL/CRESESB, 1999).

Figura 3 - Órbita terrestre em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado 23, 5º.



Declinação Solar (δ) é o ângulo resultante da relação da posição angular do Sol, ao meio dia, com o plano do Equador; cuja variação é feita segundo os dias do ano dentre os seguintes limites (CEPEL/CRESESB, 1999): - 23,45° ≤ δ ≤ 23,45°. A trajetória do movimento manifesto do Sol em data e localidade específicas procede da latitude local somada a esta declinação. Os ângulos azimutal, zenital e da altura solar definem o posicionamento do Sol.

Figura 4 - Posição do Sol em relação ao plano horizontal.



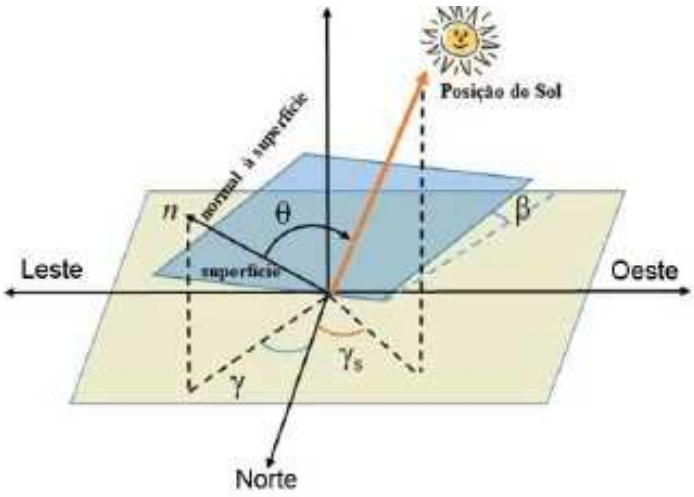
Fonte:(PINHO; GALDINO, 2014)

Segundo Pinho & Galdino (2014):

- O ângulo zenital ou zênite (θ_z) é formado entre os raios de do Sol e a vertical local.
- A altura solar (α) é o ângulo entre os raios de Sol e a projeção dos mesmos sobre o plano horizontal.
- O ângulo zenital e o ângulo da altura solar são complementares, onde $\theta_z + \alpha = 90º$.
- O ângulo azimutal do Sol ou azimute solar (γs) é formado entre a projeção dos raios solares e a direção Norte-Sul no plano horizontal.

A respeito de superfícies inclinadas em relação ao plano horizontal, para uma melhor avaliação da posição solar, leva-se em consideração um valor angular maior que o medido.

Figura 5 - Posição do Sol em relação ao plano horizontal.



FONTE:(PINHO; GALDINO, 2014)

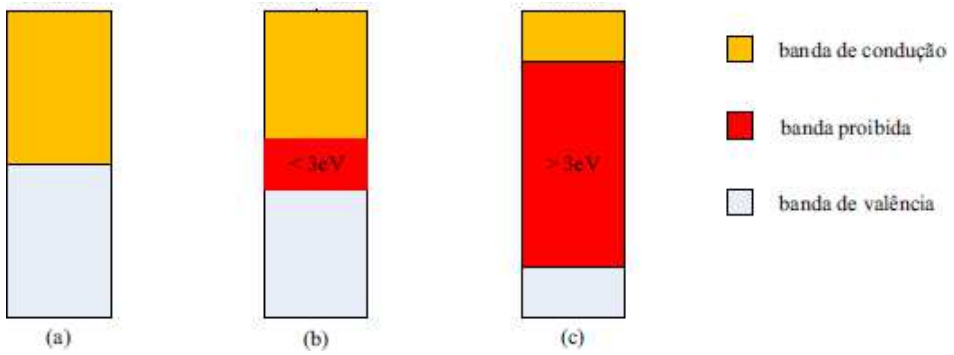
- O ângulo azimutal da superfície (γ) está entre a projeção normal à superfície no plano horizontal e a direção Norte-Sul, sendo nulo no meio dia solar, quando o sol se encontra acima da linha horizontal.
- A inclinação de superfície de captação (β) é o ângulo originado do declive do plano da superfície em análise e o plano horizontal.
- O ângulo de incidência (θ) é resultante dos raios de Sol em relação a normal referida à superfície de captação.

3.4 Efeito Fotovoltaico

O efeito voltaico foi visto pela primeira vez pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839 que observou nesse fenômeno físico que certos materiais são capazes de gerar corrente elétrica ao serem expostos à luz do sol.

Essa conversão ocorre através de uma célula integrada de materiais semicondutores que apresentam banda de valência e banda de condução. Na banda de valência é permitido a existência de elétrons enquanto a banda de condução se apresenta vazia. A separação entre essas duas bandas é denominada banda proibida (*bandgap*, ou *gap*) e pode atingir até 3 eV, diferenciando estes materiais dos materiais considerados isolantes, onde a banda proibida supera este valor, como é mostrado na figura abaixo (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 6 - Estrutura das bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes.



Fonte:(PINHO; GALDINO, 2014)

O semicondutor mais utilizado atualmente é o silício, cujos átomos possuem quatro elétrons que constroem uma rede cristalina ao ligarem-se aos seus vizinhos. Se o silício for dopado com elementos que possuem 5 elétrons de ligação, como o fósforo, haverá um elétron “sobrando” que, não podendo ser emparelhado com os demais, mantém uma ligação enfraquecida com o átomo de origem e, sob efeito de energia térmica, acaba “deslocando” para a banda de condução. Afirma-se, então, que o fósforo é um doador de elétrons, denominando-se dopante tipo *n*.

Caso o silício seja dopado com elementos que possuam somente três elétrons de ligação, como o boro, existirá a ausência de um elétron para atender as ligações com silício, ausência esta denominada lacuna. A lacuna, quando submetida a pouca energia térmica, pode ser ocupada por um elétron de uma

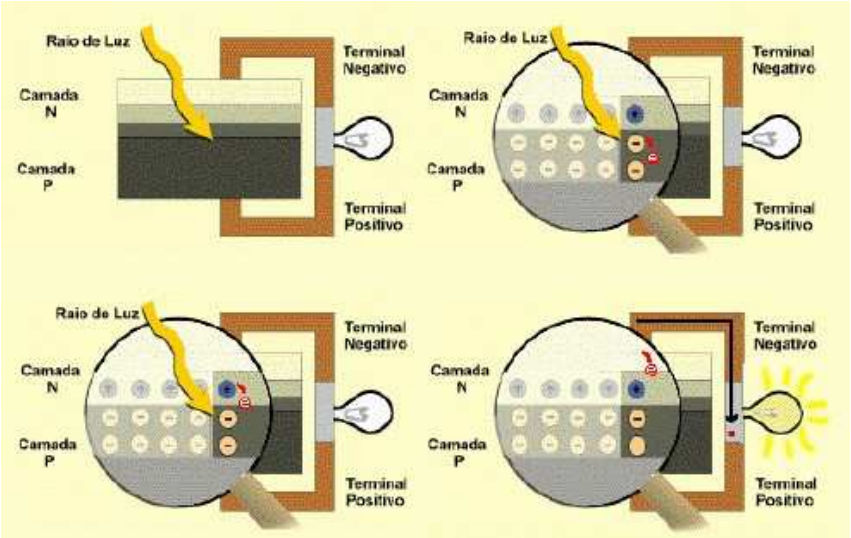
região vizinha, deslocando-se de seu lugar anterior. Afirmando, assim, que o boro é um dopante tipo *p.*

A junção *pn* é formada quando, em um silício puro são inseridos átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra. Nesta junção os elétrons livres do lado *n* transferem-se para o lado *p*, encontrando as lacunas que os capturam, gerando um conglomerado de elétrons no lado *p*, polarizando-o negativamente, e uma redução de elétrons no lado *n*, tornando-o eletricamente positivo.

As cargas aprisionadas em ambos lados geram um campo elétrico que inviabiliza a passagem de mais elétrons do lado *n* para o lado *p*, alcançando um equilíbrio no momento em que o campo elétrico forma uma barreira capaz de impedir os elétrons livres remanescentes no lado *n* (CÂMARA, 2011).

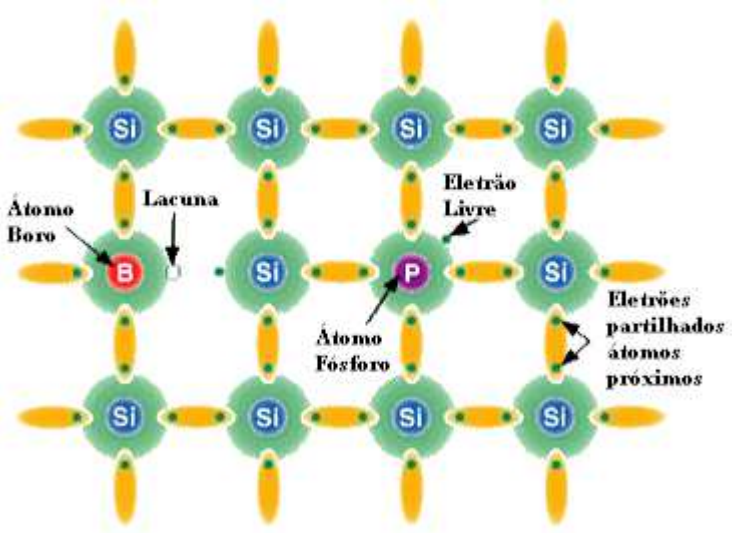
Se porventura a junção *pn* for exposta a fótons com energia maior que o *gap,* serão gerados elétron-lacuna. Caso isso ocorra na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas se deslocam, gerando assim, uma diferença de potencial nas extremidades do semicondutor. Caso sejam conectadas entre si, desencadeará na circulação de elétrons – o que caracteriza corrente elétrica. Esta é a base do funcionamento das células fotovoltaicas, que é mostrado na figura abaixo (CÂMARA, 2011).

Figura 7 - Representação do efeito fotovoltaico.



Fonte:(CÂMARA, 2011)

Figura 8 - Representação do funcionamento do material semicondutor sob influência de elementos p e n.

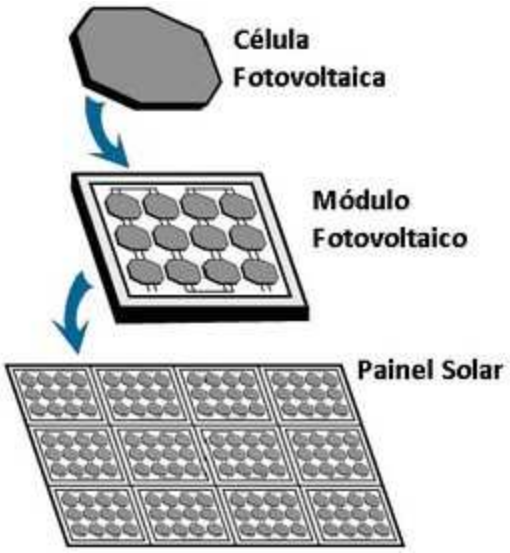


Fonte: (ELETRÔNICA PT, 2018)

3.5 Módulos Fotovoltaicos

O módulo fotovoltaico é um conjunto de células solares interligadas e encapsuladas em um sistema de geração compõe a base do sistema gerador nas instalações solares fotovoltaicas. Dessa forma, tem-se que os painéis fotovoltaicos são conjuntos de módulos solares. Na figura 9, ressalta-se a diferença:

Figura 9 - Diferenciação entre célula, módulo e painel fotovoltaico.



Fonte: (https://vetorial.eng.br/ola-mundo/, 2020)

A tensão de operação do sistema em CC será determinada pela quantidade de módulos conectados em série, enquanto a corrente do gerador é estabelecida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de *strings*; como se denomina o conjunto de módulos conectados em série.

A soma da potência nominal dos módulos individuais equivale à potência instalada, comumente especificada em CC. A potência nominal de cada módulo, cuja unidade é o Wp (Watt-pico), equivale à potência alcançada pelo painel ao submeter-se às condições convencionadas pelo teste STC (*Standard Test Conditions*). Essas condições padrão de teste são definidas para 25ºC de temperatura da célula, 1000 W/m² de irradiância e espectro de massa de ar de 1,5. A potência máxima é alcançada quando obtém-se a corrente de máxima potência (I_{mp}) e a tensão de máxima potência (V_{mp}).

Como supracitado, os materiais semicondutores são fundamentais para que se ocorra o efeito fotovoltaico e dentre os diversos materiais existentes, os mais requeridos são: o silício cristalino (c-Si), o silício amorfo hidrogenado (a-Si), o telureto de cádmio (CdTe) e os compostos relativos ao disseleneto de cobre sendo o gálio e índio (CIS e CIGS).

3.5.1 Silício Cristalino (m-Si e p-Si)

O silício cristalino é a tecnologia fotovoltaica mais produzida comercialmente. Embora trate-se de um material robusto, confiável e eficiente, os custos de produção de módulos solares a partir do mesmo ainda é oneroso.

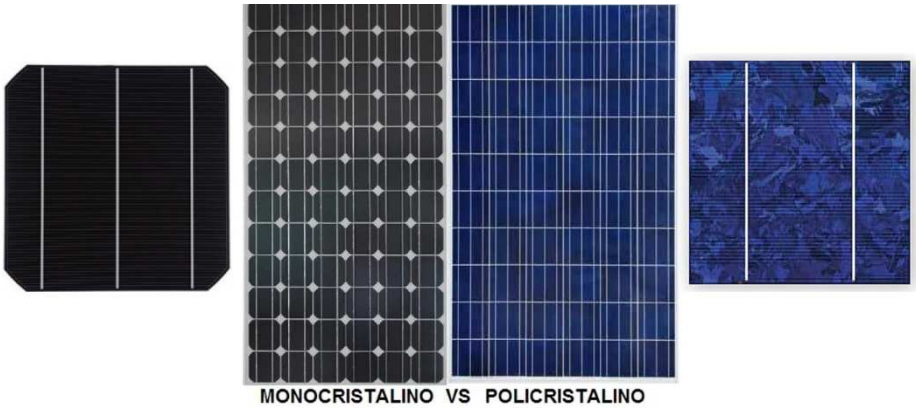
Existem dois tipos de silício utilizado na produção das células fotovoltaicas: o monocristalino (*m-Si*) ou policristalino (*p-Si*). O que nos diferem um do outro é o grau de pureza, e, consequentemente, a eficiência que possuem.

O silício monocristalino é gerado através de um banho de silício fundido de alta pureza em reatores sob atmosfera controlada e de forma lenta, originando um único cristal que, a posteriori, será lapidado, polido e laminado em seções menores. Devido à sua grande pureza acompanhada de um processo complexo, sua fabricação apresenta custos elevados embora sua eficiência seja mais alta, entre 14% e 21%. Suas células são arredondadas, e seus painéis apresentam bom funcionamento em dias nublados.

O processo de geração do silício policristalino é mais simples e apresenta determinado nível de impureza já que seu resultado é dado por múltiplos cristais

pequenos, mediante ao seu método de fundição feito a partir de blocos. Por conta da impureza, a eficiência reduz-se para 13% a 18%, bem como os custos de produção.

Figura 10 - Módulo Monocristalino x Módulo Policristalino.



Fonte: (https://vetorial.eng.br/ola-mundo/, 2020)

3.5.2 Silício Amorfo Hidrogenado (a-Si)

O silício amorfo tem essa denominação por não apresentar aspecto cristalino, entretanto, independente disso, conserva sua capacidade semicondutora. A geração do a-Si ocorre a uma temperatura de 300ºC, em processos de plasma, que gera um produto mais flexível, inquebrável, leve e com superfícies curvas, tornando sua utilização multifacetada possibilitando que sejam depositados sobre substratos de baixo custo, como vidro, aço inox e plástico (RÜTHER, 2004).

As células solares de silício amorfo apresentam menor eficiência em relação às de silício cristalino – na ordem de 6% (Esteves, 2014) a 10% (Pinho & Galdino, 2014), quando comparado com a média de até 14. Entretanto, por apresentar custos consideravelmente baixos, tem grande aplicabilidade em grandes áreas para instalação, podendo, até mesmo, compensar a perda de eficiência com maior número de módulos.

Figura 11 – Módulo feito a partir de a-Si.

Fonte: (RÜTHER; 2004)

3.5.3 Telureto de Cádmio (CdTe)

As células solares de *CdTe* originam-se da deposição do material, produzido a 400ºC, em conjunto com o cloreto de cádmio (*CdCl2*) e gás oxigênio. Possuem eficiência de geração de energia superior ao *a-Si* e despesas de produção inferiores ao *c-Si*. (RÜTHER, 2004)

Todavia existem ressalvas ambientais e econômicas quanto ao manuseio desse material em razão da toxicidade do cádmio e da baixa abundância do telúrio. Conforme aludido, as células apresentam alta eficiência, podendo atingir até 16,7%, enquanto os módulos comercializados atualmente alcançam uma faixa de 14,4% (Pinho & Galdino, 2014).

Figura 12 - Módulos fotovoltaicos utilizando CdTe.

Fonte: (Estacionamento solar – Centro de Capacitação UFSC)

3.5.4 Disseleneto de Cobre, Índio e Gálio (CIS e CIGS)

O manejo de painéis fotovoltaicos feitos a partir de disseleneto de cobre e índio (*CIS*) e disseleneto de cobre, gálio e índio (*CGIS*) apresentam eficiências relativamente elevadas, em torno de 12%. (Rüther, 2004; Pinho & Galdino, 2014). No entanto, ambos compostos são sujeitos às mesmas intempéries do *CdTe*: a pouca disponibilidade dos elementos e suas respectivas toxicidades.

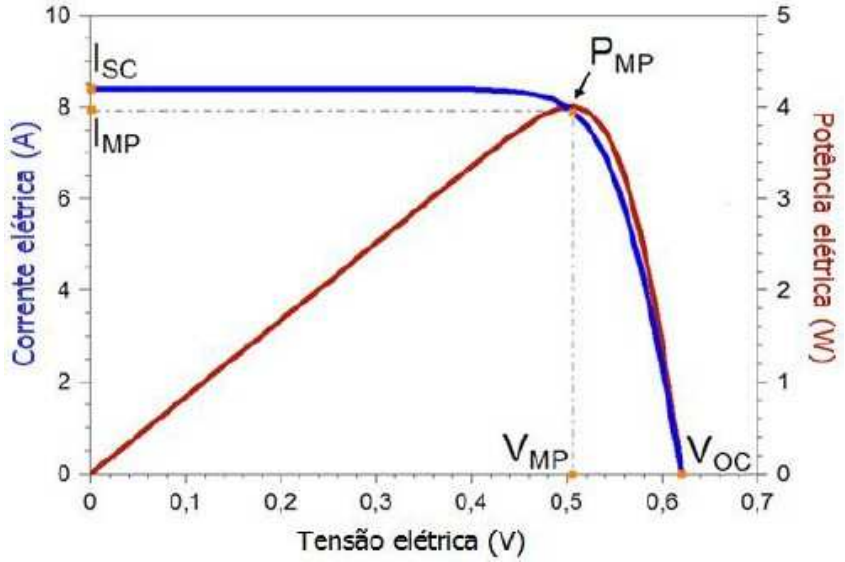
Embora haja essas dificuldades, os módulos desses compostos apresentam o melhor rendimento na classe dos filmes finos comerciais. (RÜTHER, 2004).

3.6 Características Elétricas dos Módulos Fotovoltaicos

Nos módulos fotovoltaicos, a tensão elétrica depende de sua corrente e vice-versa. A operação do módulo reage ao que está conectado aos seus terminais: diante de um aparelho que consome muita corrente, a tensão de saída atenuará; já se a carga conectada consome pouca corrente, a tensão do módulo aumentará, tendendo à tensão máxima do módulo – de circuito aberto.

A seguir, tem-se a relação entre a tensão e a corrente de saída de um módulo, e a relação entre a tensão e a potência em um módulo de silício cristalino.

Figura 13 – Curvas I-V e P-V de uma célula fotovoltaica de silício cristalino.



Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014)

Onde:

- I_{SC}: a corrente de curto circuito;
- V_{OC}: a tensão de circuito aberto, ou máxima tensão que o módulo alcança, que é aquela medida quando não existe nada conectada ao módulo*;*
- P_{MP} : ponto de máxima potência refere-se ao valor de potência máxima do módulo e onde deve operar;
- I_{MP}: valor da corrente quando o módulo está operando em seu ponto de máxima potência;
- V_{OC}: tensão de operação quando o módulo se encontra em seu ponto de máxima potência.

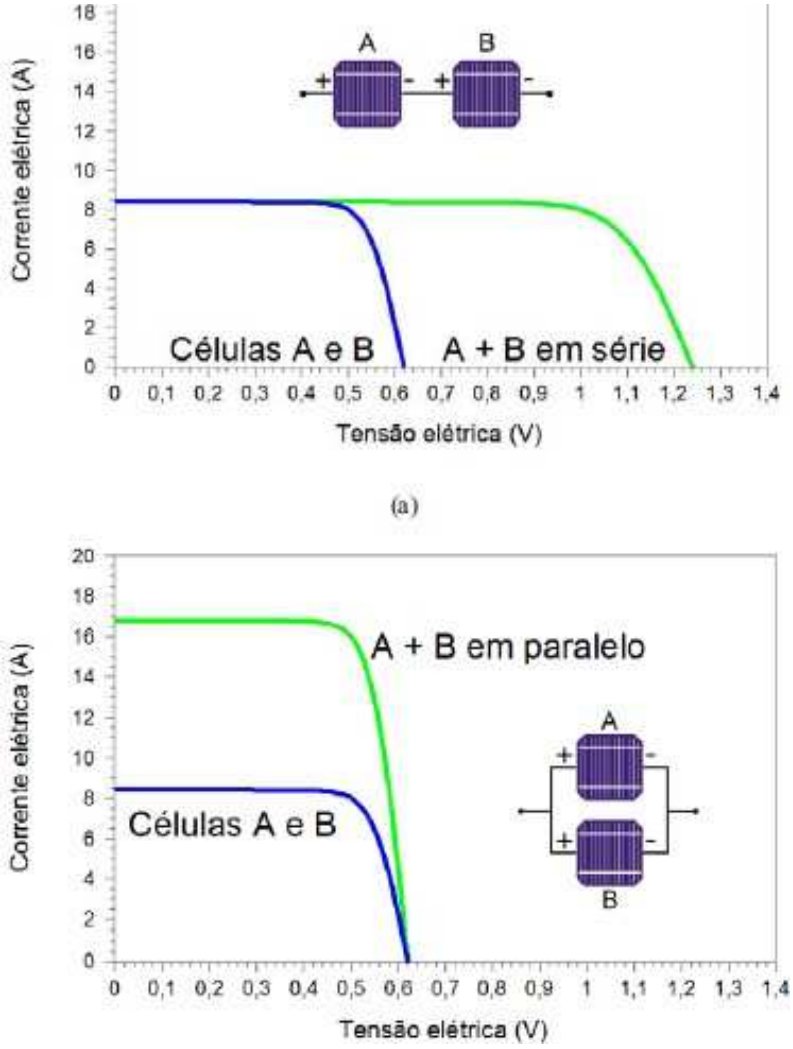
Para a obtenção dos valores de tensão e correntes que o sistema demanda os dispositivos fotovoltaicos são associados em série e/ou paralelo.

Nas associações em série, o terminal positivo de um dispositivo liga-se ao negativo de outro, e assim sucessivamente. Quando os dispositivos são idênticos e submetidos ao mesmo nível de irradiância, pautado na lei de Kirchoff, as tensões somam-se e a corrente elétrica permanece a mesma.

Entretanto, nas associações em paralelo os terminais positivos conectam-se um no outro, assim como os terminais negativos, o que permite que as correntes elétricas sejam somadas e a tensão permaneça a mesma.

Abaixo, tem-se o comportamento das curvas *I-V* de duas células fotovoltaicas de silício cristalino para conexão em série e em paralelo.

Figura 14 - Curvas I-V de duas células fotovoltaicas de silício cristalino quando conecta- das (a) em série e (b) em paralelo.

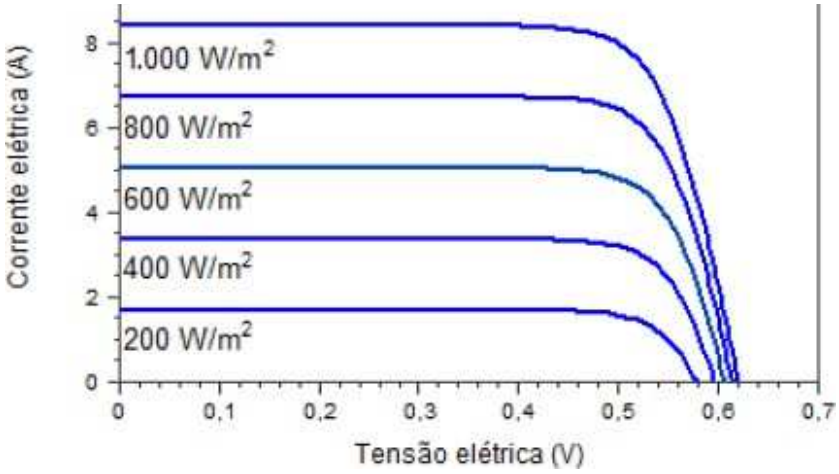


Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014)

A conexão dos módulos fotovoltaicos em série e, posteriormente, em paralelo resulta na soma da tensão de saída, bem como da corrente gerada, convertendo em maior potência.

O funcionamento dos módulos também pode receber interferência que princípios naturais. Segundo (VILLALVA; GAZOLI, 2012), a corrente elétrica que o módulo fotovoltaico pode fornecer depende diretamente da intensidade da radiação solar que incide sobre suas células. Ao passo que o aumento da irradiância solar acarreta o aumento da corrente elétrica, a tensão de circuito aberto aumenta logaritmicamente. Todavia, se a incidência de luz é baixa, a corrente que o módulo gera é pequena, prejudicando o potencial de geração de energia.

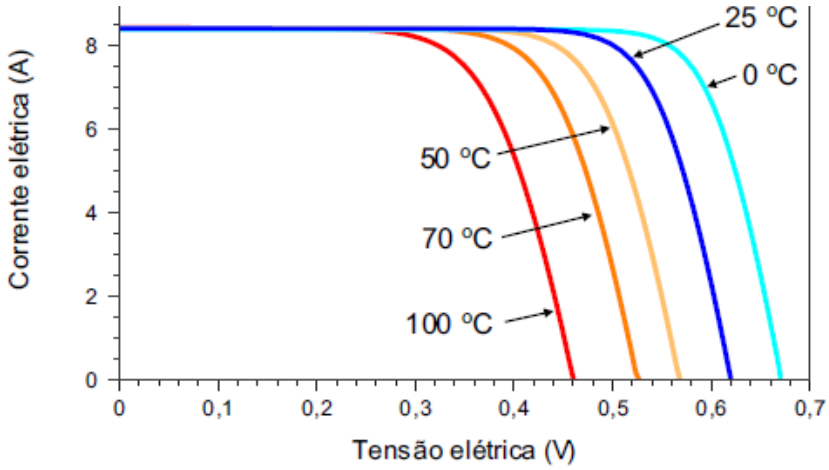
Figura 15 - Influência da radiância solar na curva I-V de uma célula fotovoltaica de silício cristalino na temperatura de 25ºC.



Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014)

O aumento da irradiância solar incidente e/ou da temperatura ambiente é capaz de aumentar, também, a temperatura da célula, diminuindo sua eficiência (PINHO; GALDINO, 2014). Enquanto o aumento de temperatura provoca uma diminuição da tensão da célula, sua corrente tem uma elevação ínfima que não compensa a perda que a diminuição da tensão induz.

Figura 16 - Influência da temperatura na curva I-V de uma célula fotovoltaica de silício cristalino para irradiância de 1000W/m².



Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014)

3.7 Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos são sistemas responsáveis pela geração de energia através da irradiância solar. Distintivamente das grandes usinas geradoras que produzem energia em regiões usualmente distantes dos centros consumidores, esses sistemas geram energia de forma descentralizada visto que suas unidades de consumo estão próximas à geração. São constituídos por

módulos fotovoltaicos, inversores, dispositivos de proteção, controladores de carga e sistema de fixação e suporte dos módulos.

De acordo com a NBR 11704:2008 referente à sistemas fotovoltaicos, existem duas formas de classificar os sistemas conforme a interligação ou não com o sistema público de fornecimento de energia elétrica, podendo ser:

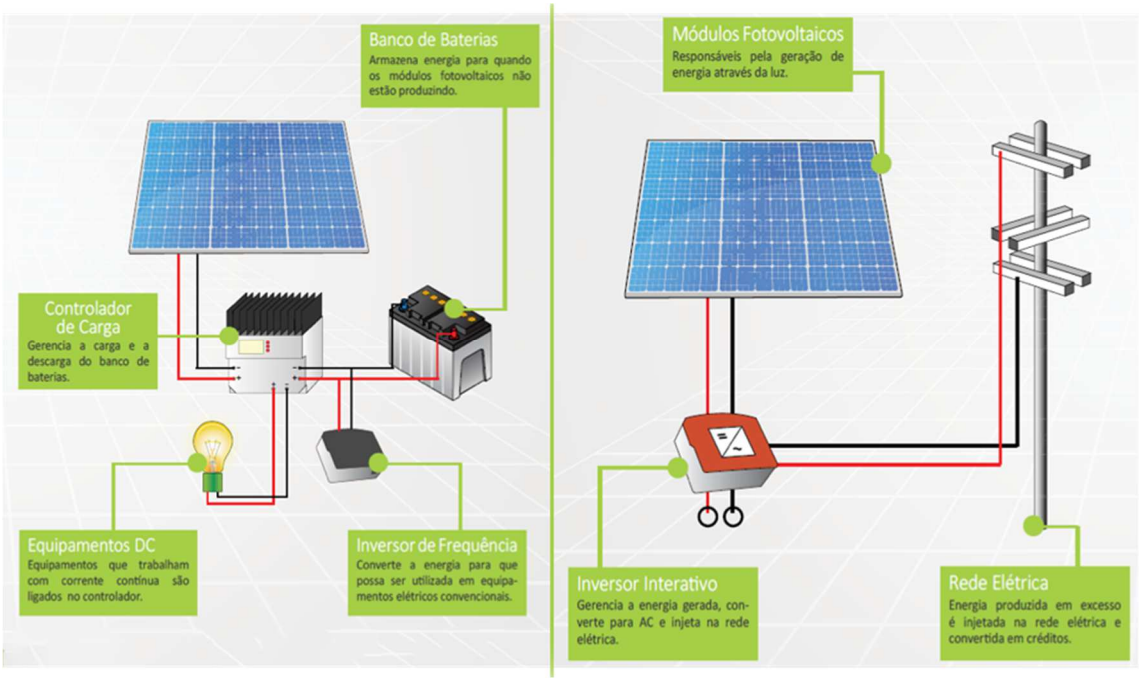
a) Isolado (*off grid*): Configurado a partir de baterias responsáveis pelo armazenamento da energia, disponível em momentos de intermitência - à noite ou em período de baixa incidência solar, por exemplo -, por serem normalmente utilizados em regiões onde não há abastecimento de rede pública de energia elétrica.

b) Conectado à rede elétrica (*on grid*): Neste tipo de sistema, não há necessidade do uso de baterias que armazenem energia, usa-se, basicamente, inversores e painéis fotovoltaicos. Caso a geração de energia através do painel fotovoltaico seja acima da demanda de uso no local no momento, o saldo é enviado para a rede elétrica da concessionária. No entanto, diante de possível intermitência de radiação solar, é a concessionária que supre as necessidades energéticas do local no momento.

No tocante a configuração do gerador fotovoltaico, a classificação é em simples – quando a fonte de energia é, somente, os geradores fotovoltaicos – e híbridos – quando há outro gerador, que não o fotovoltaico, para abastecimento das necessidades energéticas do local.

Retirada da norma NBR 11704:2008, na tabela 2 consta os tipos de sistemas fotovoltaicos, enquanto a figura 17 diferencia os sistemas fotovoltaicos quanto a sua ligação na rede elétrica da concessionária, *off grid* e *on grid*.

Figura 17 - Diferença entre sistema off grid – à esquerda – e on grid – à direita.



Fonte:(https://www.solarfonte.com.br/sites/default/files/u5/sistema_ongrid_offgrid.png, 2020)

Tabela 2 - Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

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

Fonte:(ABNT, 2020)

3.7.1 Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico *ON GRID*

Para que o dimensionamento de um sistema fotovoltaico seja feito, faz-se necessário o levantamento de dados como a demanda de energia a ser suprida, a disponibilidade da área para instalação dos módulos, incidência solar no local e orientação angular.

Com base na metodologia de Pinho & Galdino (2014) e levando em conta um sistema sem seguimento solar, ou seja, fixo; as etapas seguidas para a elaboração do projeto de um sistema fotovoltaico comercial/residencial são:

I. Levantamento do recurso solar disponível na região;

II. Definição do local de instalação e configuração do sistema;

III. Levantamento da demanda a ser suprida;

IV. Dimensionamento do sistema gerador fotovoltaico;

V. Dimensionamento do inversor.

3.7.1.1 Levantamento do recurso solar disponível na região

Decorrente da característica primordial que a irradiação solar detém no desenvolvimento do sistema, o gerador fotovoltaico é diretamente influenciado pela mesma, e pela temperatura dos módulos.

Diante da possível intermitência da irradiação, decursiva de sombreamentos, em um curto período de tempo pode ser causada uma significativa redução de energia gerada, ao passo que a mudança de temperatura é mitigada pela capacidade térmica que os equipamentos utilizados apresentam.

Os dados de irradiação solar média são fornecidos pela CRESESB por região brasileira. Para realização dos projetos descritos neste trabalho, foram indispensáveis os dados dos municípios de Rio Verde do Mato Grosso/MS e de Rio Negro/MS do ano de 2019, descritos nas tabelas 3 e 4, para que o dimensionamento dos sistemas tivesse êxito.

Tabela 3 - Dados de irradiação solar média em Rio Negro/MS

Ang.	**Irradiação Solar Média Mensal (kWh/m².dia)**												
(º)	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**MÉDIA**
0º	5,53	5,74	5,43	4,94	4,13	3,95	4,10	4,89	5,06	5,49	5,85	6,06	**5,10**
18º	5,07	5,49	5,54	5,47	4,90	4,89	4,98	5,61	5,31	5,36	5,41	5,46	**5,29**

Tabela 4 - Dados de irradiação solar média em Rio Verde do Mato Grosso/MS

Ang.	Irradiação Solar Média Mensal (kWh/m².dia)												
(º)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
0º	5,57	5,60	5,30	4,91	4,17	3,99	4,19	4,98	5,12	5,52	5,76	5,91	5,09
19º	5,10	5,35	5,39	5,41	4,93	4,92	5,08	5,70	5,37	5,37	5,32	5,32	5,27

Fonte: CRESESB (2019)

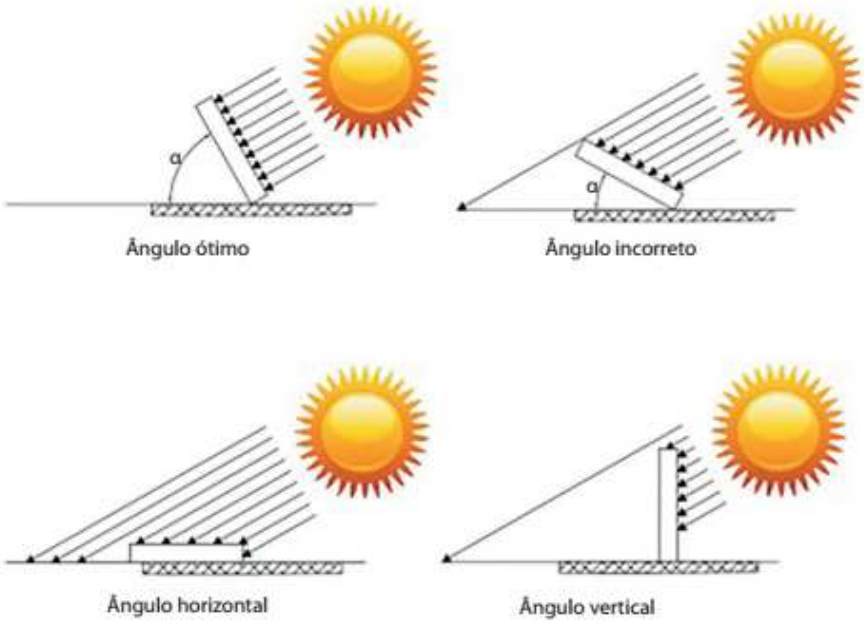
Para que possa ser estimada a produção de energia elétrica é ideal que se aplique o valor médio de irradiação solar, visto que existe variação de incidência solar ao longo do ano ou por descontinuidades distintas.

3.7.1.2 Definição do local de instalação e configuração do sistema

A escolha do local de instalação dos painéis fotovoltaicos necessita da demarcação da área disponível e, também, do reconhecimento da arquitetura completa do local. A posição dos painéis considera potenciais elementos que causem sombreamento e/ou superfícies reflexivas posto que sua existência impacta diretamente a eficiência do painel (Pinho & Galdino, 2014).

A eficácia do sistema está intimamente ligada à inclinação que os raios solares formam com as placas. Quando essa inclinação forma 90º diz-se que está posicionada em um “ângulo ótimo” para a geração; já Botezelli (2015) alega a presença de uma perda de 3 a 8% na eficiência do sistema quando o mesmo está orientado no sentido NO/NE e de até 20% na orientação L/O.

Figura 18 - Diferentes angulações de irradiação solar em sistemas fotovoltaicos.



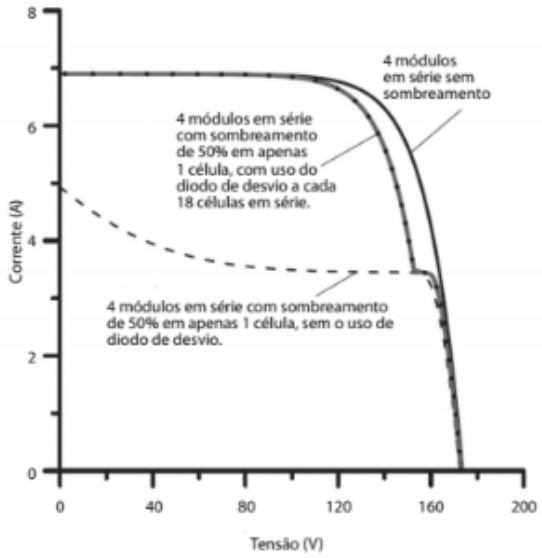
Fonte:(Balfour, 2020)

Durante o período de verão – caracterizado por maior incidência solar – o ângulo de inclinação dos raios solares é o mesmo que a relação entre a latitude local e a linha do Equador (Balfour, 2016). Essa inclinação é, aproximadamente, de 18º para o município de Rio Verde do Mato Grosso e 19º para o município de Rio Negro; tratando-se, também, do valor do ângulo ótimo utilizado na instalação do sistema.

Nota-se que o valor de ângulo ótimo se confirma nas tabelas 3 e 4, uma vez que durante os meses que ocorrem menor índice de chuvas e maior índice de radiação solar, de março a setembro, os valores de radiação são superiores a 18º e 19º em comparação aos de 0º. Normalmente, as instalações seguem a inclinação do telhado onde serão colocados os painéis por questões práticas; nesses casos específicos, como os projetos tratavam-se de telhados sem inclinação alguma, foram utilizados suportes com inclinação de aproximadamente 18º em Rio Verde e, respectivamente, 19º em Rio Negro.

A eficiência do sistema pode ser comprometida diante de possíveis sombreamentos. Este agravo provém do fato de que, em uma associação em série de células, caso uma dentre estas receba incidência solar inferior, sua corrente será restringida, impactando, dessa forma, toda a corrente do sistema. Se, porventura, em um modelo suposto com 4 módulos ocorrer um sombreamento de 50% de uma única célula, como visto na figura 19, a corrente total do sistema pode ser reduzida em 50% - denotando que a razão do sombreamento não é proporcional à redução da corrente.

Figura 19 - Curva de Perda de Produção por Sombreamento.



Fonte:(Balfour, 2020)

3.7.1.3 Levantamento da demanda a ser suprida

A escolha do local de instalação dos painéis fotovoltaicos necessita da demarcação da área disponível e, também, do reconhecimento da arquitetura completa do local. A posição dos painéis considera potenciais elementos que causem sombreamento e/ou superfícies reflexivas posto que sua existência impacta diretamente a eficiência do painel (Pinho & Galdino, 2014).

A quantidade de energia necessária a ser gerada para que seja viável o atendimento do consumo médio do local é um dos fatores fundamentais no dimensionamento do sistema fotovoltaico. Para obtenção da exata quantidade, usa-se o consumo médio do histórico dos últimos doze meses da unidade consumidora onde o gerador fotovoltaico será instalado.

$$C_m = \frac{P_e * N_d * D_m}{1000} \quad (1)$$

A equação 1 consiste no consumo de um aparelho, onde:

- C_m é o consumo médio mensal por aparelho, em kWh/mês;
- P_e é a potência nominal do equipamento, em W;
- N_d é o número de horas/dia que é utilizado;
- E D_m, número de dias/mês que é utilizado.

A utilização dessa fórmula pode não convir na realidade, devido ao fato de que alguns equipamentos apresentam funcionamentos não-contínuos. De qualquer forma, é a partir da listagem dos aparatos que serão assistidos pelo sistema fotovoltaico, calculado um a um seu respectivo consumo, que se encontra o consumo diário total por meio da somatória dos consumos individuais.

Todavia, caso a unidade consumidora onde o sistema será inserido manifeste um consumo estabelecido, torna-se viável tomar como referência o consumo médio das faturas anteriores, normalmente dos últimos 12 meses.

3.7.1.4 Dimensionamento e arranjo do setor fotovoltaico

A Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL) define as condições as possibilidades de acesso de micro e mini geração aos sistemas de distribuição de energia elétrica e, especificamente, seu Art. 7º, inciso I, expõe os valores mínimos que devem ser cobrados de acordo com o custo de disponibilidade para o tipo de consumidor. O custo mínimo de disponibilidade equivale a 30kWh em ligações monofásicas ou bifásicas a dois condutores, 50kWh para ligações

bifásicas a três condutores e 100kWh para ligações trifásicas (ANEEL, 2012); sendo estes os valores que poderão ser descontados no montante dimensionado para consumo no sistema fotovoltaico residencial/comercial.

A potência do gerador fotovoltaico pode ser determinada através da seguinte equação:

$$P_{peak} = \frac{E * P_{col}}{G_{poa} * PR} \quad (2)$$

Onde:

- P_{peak} trata-se da potência de pico do painel fotovoltaico, em kWp;
- E é a energia a ser produzida pelo painel frente ao consumo diário, em kWh/dia;
- P_{col} é a irradiação de referência – sendo adotada 1 kW/m²,
- G_{poa} é a irradiação média no local em função da inclinação adotada da placa, em kWh/m².dia; e
- PR é um fator adimensional de eficiência do sistema. Em locais arejados e ausentes de sombreamento, o PR varia de 70 a 80% nos sistemas fotovoltaicos. (Almeida, 2011; Pinho & Galdino, 2014; EPE, 2016).

Feito o cálculo supracitado, o próximo passo é a escolha do material das células fotovoltaicas, que disponha de um bom custo-benefício e seja disponível na região.

Como já visto, os módulos fotovoltaicos podem ser conectados em série e/ou paralelo para obtenção da corrente e tensão requeridas. Compreendendo estes valores necessários para *string* em função da potência do inversor, é aferido a quantidade média de placas através da equação 3 para ligações em série, e equação 4 para ligações em paralelo:

$$n = \frac{V_{string}}{V_{painel}} \quad (3)$$

$$m = \frac{V_{inv}}{n * V_{painel}} \quad (4)$$

Onde:

- n é o número de painéis em série;
- m é o número de painéis em paralelo;

- V_{string} é a tensão necessária na *string,* em V;
- V_{painel} é a tensão nominal por painel,em V;
- P_{inv} é a potência do inversor, em W; e
- P_{painel} é a potência de cada painel, em W.

Somente diante da hipótese da área disponível de instalação ser insuficiente, é que leva-se em consideração a tecnologia empregada na confecção do módulo fotovoltaico (Pinho & Galdino, 2014).

3.7.1.5 Dimensionamento do inversor

O inversor é um equipamento que converte corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). Para que possa dimensioná-lo, é preciso saber a potência do gerador fotovoltaico (P_{peak}) e os aspectos do módulo que será instalado.

É crucial haver cautela com a tensão oriunda dos módulos fotovoltaicos, visto que essa é a tensão de entrada do inversor, em relação à faixa de operação determinada pelo fabricante. Essa faixa de operação está entre a tensão de partida do inversor, valor mínimo, e a máxima tensão de entrada, onde valores superiores a mesma provocam queima no equipamento.

Como explicitado anteriormente, a irradiação solar e a temperatura dos módulos influenciam diretamente o funcionamento do gerador fotovoltaico. Portanto, bruscas alterações na temperatura do local. Contudo, condições extremas de mudança de temperatura devem ser utilizadas para mensurar a confiabilidade de operação do gerador.

Segundo Lima, Garcia & Rosa (2017):

> A máxima tensão do sistema ocorre quando o painel FV está ainda em circuito aberto (Voc) em baixas temperaturas. Isto pode acontecer durante o período de inverno, ainda no nascer do sol, quando a tensão do sistema se eleva em função da baixa temperatura do gerador FV, e o inversor ainda não se conectou a rede. (...)
>
> Caso a tensão do painel se reduza abaixo da mínima tensão de MPPT – correspondente ao ponto de máxima potência – do inversor, a sua eficiência ficará comprometida e poderá provocar a sua desconexão. Da mesma forma nos

períodos frios, a tensão de potência máxima da série FV na mínima temperatura de operação prevista deve ser inferior a tensão máxima de operação do MPPT do inversor.

Deve ser realizado o levantamento da temperatura de referência – máxima e ambiente – do módulo fotovoltaico escolhido, do coeficiente de V_{OC} da placa, da voltagem de circuito aberto (V_{OC}) e de operação (V_{MP}) do equipamento.

Em conformidade com Lima, Garcia & Rosa (2017), para operação em temperaturas frias, tem-se as equações:

$$\Delta V_{OC} = coefV_{OC} * V_{OC} * \Delta t \quad (5)$$

$$V_{OC(frio)} = V_{OC} + \Delta V_{OC} \quad (6)$$

E, em condições de operação em temperaturas quentes, tem-se:

$$\Delta V_{MP} = coefV_{OC} * V_{MP} * \Delta t \quad (7)$$

$$V_{MP(calor)} = V_{MP} - \Delta V_{MP} \quad (8)$$

A diferença de temperatura entre a referência do módulo fotovoltaico, geralmente tratando-se de 25ºC, e o extremo térmico analisado é o Δt.

O número máximo de módulos em série a ser instalado é definido pela razão entre a tensão máxima suportada pelo inversor e o V_{OC} no dia de menor temperatura, ao mesmo tempo que o número mínimo de módulos determina-se por meio da razão da tensão mínima de operação pelo MPPT e V_{mp} do dia de maior temperatura.

3.8 Geração Distribuída

Define-se geração distribuída a produção de energia elétrica descentralizada. Tem como característica principal a produção junta ou próxima dos consumidores, aliada à possibilidade de comunicar-se com a rede, negociando a compra e/ou venda de insumo energético.

Cada vez mais os consumidores alegam sério interesse em reduzir os gastos com eletricidade, simultâneo à garantia de confiabilidade do sistema, seja em questão tributária ou na continuidade do serviço. Estes necessitam de reavaliações na forma como operam os serviços de concessão e permissão de energia elétrica é concedida, enaltecendo o papel do Estado em atender à sociedade.

As políticas públicas no país foram fundamentais no incentivo ao mercado de energia solar, e destas decorreram a notoriedade que o setor de geração distribuída angariou. Com isso, sua ascensão progressiva contraiu o aprimoramento de tecnologias utilizadas na exploração de energia de fontes renováveis, um olhar consciente nas soluções que essas fontes renováveis poderiam trazer para os problemas ambientais e o avanço na tecnologia eletrônica, que suscitou redução nas despesas de sistemas de controle, processamento e transmissão de dados que propiciam operação de sistemas elétricos substanciais.

Toda essa conjuntura, além de adquirir incontáveis benefícios para o setor elétrico, também torna cada vez mais atrativo o investimento na geração distribuída. Dentre esses benefícios encontram-se:

- Redução de custos e investimentos em subestações de transformação, além de redução de perdas nas linhas de transmissão e distribuição;
- Os investimentos privados que o setor permite, tendenciado à ampliação de geradores contribuintes com o setor elétrico (COGEN, 2013);
- Eficácia no atendimento em vista do crescimento da demanda por exigir menor tempo de implementação comparado aos reforços eventuais que a geração centralizada carece;
- Atendimento paralelo ao crescimento da demanda, diminuindo os prazos e complexidade no licenciamento e liberação para novos projetos; (COGEN, 2013);
- Devido às reservas, consequente maior estabilidade do sistema elétrico nacional (INEE, 2001);
- Desenvolvimento de própria regulamentação jurídica que contribui para investimentos comerciais no mercado energético;
- Redução dos gases de efeito estufa;
- Em vista do porte de instalações ser menor, resulta na diminuição dos impactos ambientais, como, por exemplo, a baixa do desmatamento;

- Proporciona uso conveniente dos recursos renováveis, entre outros.

Embora exista todo esse contexto propício para concepção de uma rede caracterizada por geração distribuída, sua admissão no setor elétrico ocasiona bastante discussão. Essas discussões permeiam questões como o fato da concessionária transportadora de energia não ser a compradora, a complexidade do planejamento do setor e seus respectivos procedimentos, o provável aumento do preço de fornecimento de energia pelas distribuidoras tendo em vista a eventual redução da utilização de suas instalações e, também, a remuneração de investimentos provenientes da interconexão para as concessionárias. (INEE, 2001).

3.9 Análise de *Payback* e Viabilidade Econômica

A elaboração de um sistema fotovoltaico que efetue o abastecimento comercial deve integrar, também, a análise do investimento necessário para sua execução.

Lança-se mão de estimar a viabilidade da instalação a partir da análise de retorno do investimento, ou *payback*. Essa técnica pressupõe o tempo necessário para que os ganhos angariados com o sistema se igualem ao valor de seu investimento e pode ser simplificada através da equação abaixo:

$$payback = \frac{V_{inv}}{V_{ret}} \tag{9}$$

Onde:

- V_{INV} é o valor investido; e
- V_{RET} é o valor de retorno por período analisado.

O período analisado, geralmente, se dá em anos, concedendo a noção de liquidez e maior garantia da vantagem econômica que a instalação garante ao investidor.

Nessa análise, no ensejo de torná-la mais realista, podem ser inseridas variáveis como o valor médio anual da inflação no custo da energia, eventuais custos de manutenção e tempo de vida dos equipamentos, entre outros.

Desenvolve-se o *payback* com auxílio de uma tabela onde possa ser comparado os ganhos e perdas gerados ao longo do tempo, até atingir o valor de equiparação entre o valor investido e o retorno.

4 METODOLOGIA

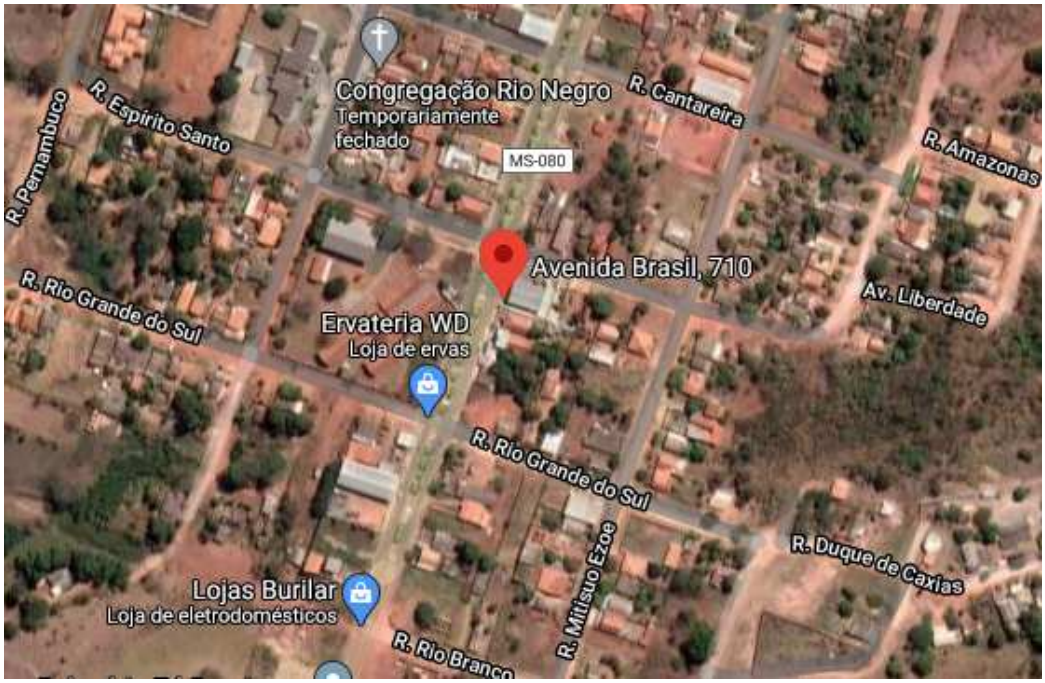
A realização desse trabalho foi amparada em dois projetos de painéis fotovoltaicos, cada qual correspondendo a um posto de gasolina, um localizado na cidade de Rio Verde do Mato Grosso e o outro na cidade de Rio Negro, ambos da mesma empresa no estado de Mato Grosso do Sul. Com base nas informações do capítulo anterior, intui-se otimizar os módulos fotovoltaicos e os inversores de frequência diante das características elétricas e ambientais que a área concebe.

Ambas unidades consumidoras pertencem à classe comercial – por tratarem-se de postos de gasolina –, conexão trifásica em 127/220V, potência instalada de 35kW e disjuntores instalados junto ao padrão de 100 A. Entretanto, a unidade localizada em Rio Verde do Mato Grosso, Auto Posto Cachoeiras, possuía ramal do tipo subterrâneo a favor da rede e a localizada em Rio Negro, Auto Posto Rio Negro, aéreo, também, a favor da rede.

Utilizou-se o software Google Earth para obtenção exata das imagens satélite das regiões, mostrada logo abaixo nas Figura 20 e Figura 21.

Figura 20 – Área em Rio Verde/MS onde serão instalados os módulos fotovoltaicos.

Figura 21 - Área em Rio Negro/MS onde serão instalados os módulos fotovoltaicos.



Consoante com o descrito anteriormente dimensionamento de um sistema fotovoltaico comercial ligado à rede, necessita-se do aparelhamento de determinados dados para que o sistema seja modelado e, posteriormente, para cálculo da viabilidade econômica do investimento. Estabeleceu-se as etapas do projeto a serem seguidas:

- Levantamento do recurso solar disponível nos municípios de Rio Verde do Mato Grosso e Rio Negro, bem como nas próprias localidades sob a possível influência de sombreamentos;
- Levantamento das demandas a serem providas;
- Definição do local da instalação (área disponível) e a configuração do sistema, como posicionamento das placas e sua inclinação;
- Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos e dos inversores;
- Cálculo do tempo de retorno do investimento.

4.1 Levantamento do consumo médio mensal

No intuito de determinar o consumo médio mensal dos postos de gasolina, obteve-se o histórico de consumo dos últimos 12 meses anteriores aos projetos angariando suas médias. No Auto Posto Cachoeiras, a média do consumo foi de 1979 kWh; já no Auto Posto Rio Negro, a média foi de 1615 kWh. Observa-se nas figuras 22 e 23 a ausência de grandes oscilações nas medições mês a mês,

tornando viável a média fornecida pela concessionária, descartando o levantamento empírico de consumo por equipamento presente no sistema.

Figura 22 - Fatura de Energia Auto Posto Cachoeiras ref. 11/2019

AUTO POSTO CACHOEIRAS LTDA
AVENIDA EURICO SEBASTIAO FERREIRA 370 03.037.02.694800 - CENTRO
CEP 79480000 - RIO VERDE DE MATO GROSSO / MS (AG: 37)

energisa

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0

Cls/Sbc: COMERCIAL/COMERCIAL TRIFÁSICA
Roteiro: 09-0037-020-216 Referência: NOV/2019
Medidor: 00000C73841 Emissão: 12/11/2019 ota Fiscal/Conta de Energia Elétrica - Série B2 - NF 014.497.955
Emissão Autorizada por Regime Especial Processo N.11/070256/2004 Código para Débito Automático:00015802556

Atendimento ao Cliente ENERGISA 0800 722 7272 Acesse: www.energisa.com.br

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
NOV/2019	13/11/2019	13/12/2019	09.401.189/0001-07 Insc. Est.:

UC (Unidade Consumidora): 10/1580255-6

Canal de contato

- Conhece a Gisa, nossa atendente virtual do Whatsapp?
Ela pode te ajudar com informações sobre débitos, enviar
a segunda via da conta de energia e até fazer pedido de religação
Salve nosso número e nos chame sempre que precisar: 67 99980-0698

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura			
16/10/19	76809	13/11/19	78781	1	1972	27

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ impostos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 1,0845%	COFINS ($) 4,9955%
601	Consumo em kWh	1.972	0,791270	1.560,39	1.560,39	17	265,26	1.560,39	16,92	77,95
601	Adic. B. Amarela			18,92	18,92	17	3,22	18,92	0,20	0,94
601	Adic. B. Vermelha			50,40	50,40	17	8,57	50,40	0,55	2,52
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807	Contrib de Ilum Pub			213,16	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
CCI: Código de Classificação do Item			Total:	1.842,87	1.629,71		277,05	1.629,71	17,67	81,41

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
1979	21/11/2019	R$ 1.842,87

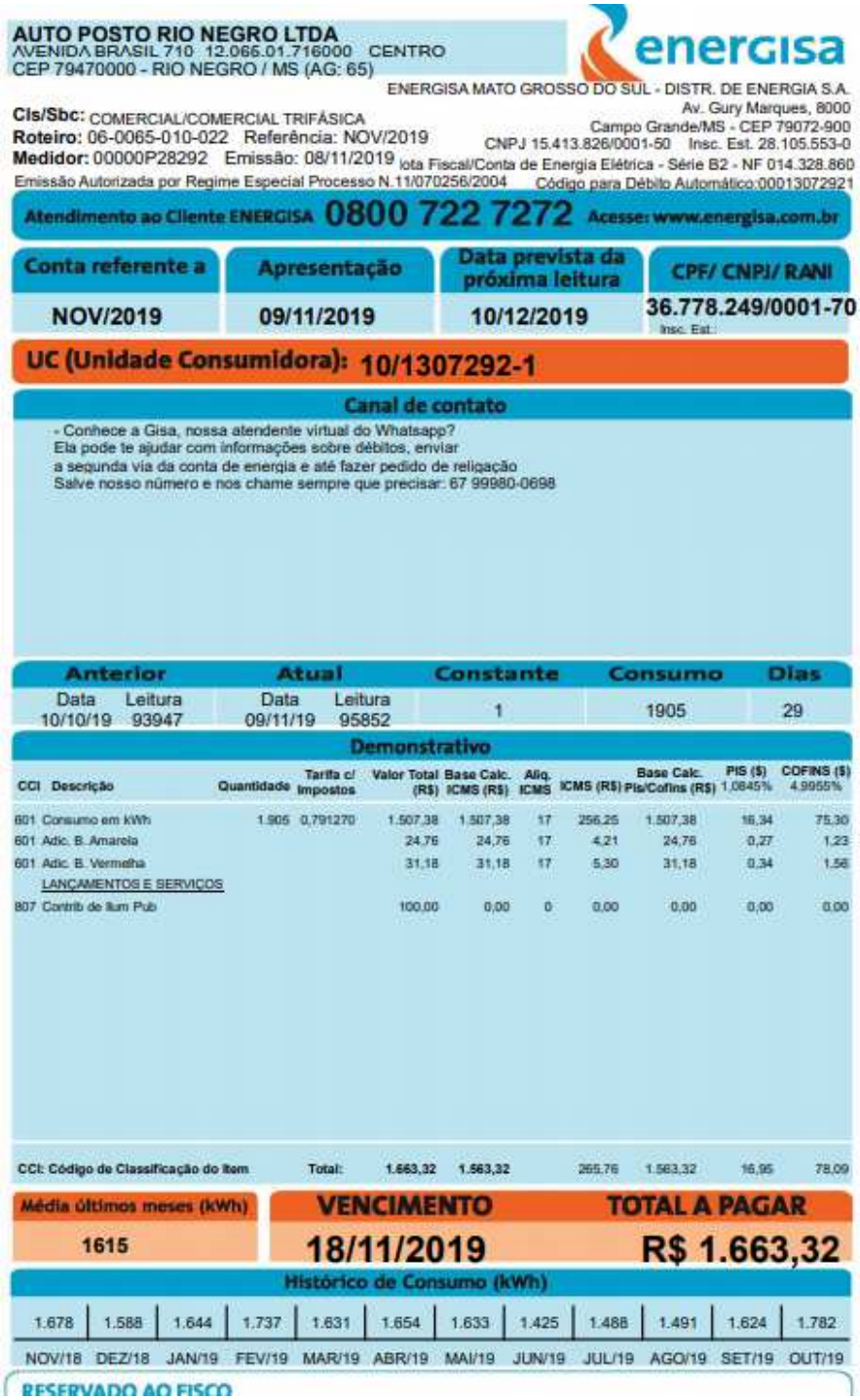
Histórico de Consumo (kWh)

NOV/18	DEZ/18	JAN/19	FEV/19	MAR/19	ABR/19	MAI/19	JUN/19	JUL/19	AGO/19	SET/19	OUT/19
1.917	1.766	2.028	2.024	1.965	2.027	2.072	1.753	2.085	1.948	2.145	2.014

RESERVADO AO FISCO

Fonte: (ENERGISA; 2020)

Figura 23 - Fatura de Energia Auto Posto Rio Negro ref. 11/2019



AUTO POSTO RIO NEGRO LTDA
AVENIDA BRASIL 710 12.066.01.716000 CENTRO
CEP 79470000 - RIO NEGRO / MS (AG: 65)

energisa

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0

Cls/Sbc: COMERCIAL/COMERCIAL TRIFÁSICA
Roteiro: 06-0065-010-022 Referência: NOV/2019
Medidor: 00000P28292 Emissão: 08/11/2019
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica - Série B2 - NF 014.328.860
Emissão Autorizada por Regime Especial Processo N.11/070256/2004 Código para Débito Automático:00013072921

Atendimento ao Cliente ENERGISA 0800 722 7272 Acesse: www.energisa.com.br

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
NOV/2019	09/11/2019	10/12/2019	36.778.249/0001-70 Insc. Est.:

UC (Unidade Consumidora): 10/1307292-1

Canal de contato

- Conhece a Gisa, nossa atendente virtual do Whatsapp?
Ela pode te ajudar com informações sobre débitos, enviar
a segunda via da conta de energia e até fazer pedido de religação
Salve nosso número e nos chame sempre que precisar: 67 99980-0698

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura			
10/10/19	93947	09/11/19	95852	1	1905	29

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Impostos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Alíq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 1,0845%	COFINS ($) 4,9955%
601	Consumo em kWh	1.905	0,791270	1.507,38	1.507,38	17	256,25	1.507,38	16,34	75,30
601	Adic. B. Amarela			24,76	24,76	17	4,21	24,76	0,27	1,23
601	Adic. B. Vermelha			31,18	31,18	17	5,30	31,18	0,34	1,56
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807	Contrib de Ilum Pub			100,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
CCI: Código de Classificação do Item			Total:	1.663,32	1.563,32		265,76	1.563,32	16,95	78,09

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
1615	18/11/2019	R$ 1.663,32

Histórico de Consumo (kWh)

NOV/18	DEZ/18	JAN/19	FEV/19	MAR/19	ABR/19	MAI/19	JUN/19	JUL/19	AGO/19	SET/19	OUT/19
1.678	1.588	1.644	1.737	1.631	1.654	1.633	1.425	1.488	1.491	1.624	1.782

RESERVADO AO FISCO

Fonte: (ENERGISA; 2020)

Apesar da soma do consumo mensal das duas unidades consumidoras ser de 3594 kWh, os proprietários dos postos solicitaram a realização de projetos de sistemas fotovoltaicos que proporcionassem o suprimento da demanda exigida, também, por outras sete unidades consumidoras pelas quais se responsabilizam.

O Auto Posto Cachoeiras, além de seu próprio consumo, transferirá saldo energético para as seguintes unidades:

- UC – 1: Localizada na Rua Afro Puga, 147, Ap. 603, Mata do Jacinto, na cidade de Campo Grande/MS. Consumo médio mensal de 500 kWh.
- UC – 2: Localizada na Rua Dr. Zerbini, 850, Sala 01, Chácara Cachoeira, na cidade de Campo Grande/MS. Consumo médio mensal de 300 kWh.
- UC – 3: Localizada na Travessa Nestor Moreira. 126, Jardim São Bento, na cidade de Campo Grande/MS. Consumo médio mensal de 1300 kWh.
- UC – 4: Localizada na Rua Usi Tomi, 306, Carandá Bosque, na cidade de Campo Grande/MS. Consumo médio mensal de 800 kWh.
- UC – 5: Localizada na Avenida Presidente Tancredo Neves, 950, Centro, na cidade de Eldorado/MS. Consumo médio mensal de 500 kWh.

E o Auto Posto Rio Negro, além de seu próprio consumo, transferirá saldo energético para as seguintes unidades:

- UC – 6: Localizada na Avenida Irineu de Souza Araújo, 980, Jardim Eldorado, na cidade de Nova Alvorada do Sul/MS. Consumo médio mensal de 3.000 kWh.
- UC – 7: Localizada na Avenida Aureliano Moura Brandão, 1520, Parque Estoril 4, na cidade de Ribas do Rio Pardo/MS. Consumo médio mensal de 1.000 kWh.

A soma do consumo mensal de todas as nove unidades consumidoras, incluindo os postos, resulta em, aproximadamente, 10.994 kWh. Em função disso, o desenvolvimento da implantação dos sistemas fotovoltaicos foi realizado com base em um consumo mensal total de 11.000kWh.

4.2 Escolha dos locais de instalação e configurações dos sistemas

Tendo em vista que o Brasil está localizado no hemisfério sul, a orientação que os módulos fotovoltaicos devem possuir é para o norte, com inclinação próxima à latitude do município, sendo 18º e 19º as inclinações ótimas para, respectivamente, Rio Verde do Mato Grosso e Rio Negro.

A figura abaixo permite que sejam vistas as inclinações que as telhas possuem no posto de Rio Verde. A seta amarela corresponde a direção norte e a seta azul, a direção sul. As placas solares foram colocadas nas áreas A, B e C. Pode ser observado que a única área que está orientada para a direção norte é a área B, as demais – área A e C – estão orientadas para o sul.

Figura 24 - Telhado do Auto Posto Cachoeiras em Rio Verde do Mato Grosso - MS.

Fonte: (WB Energy, 2019)

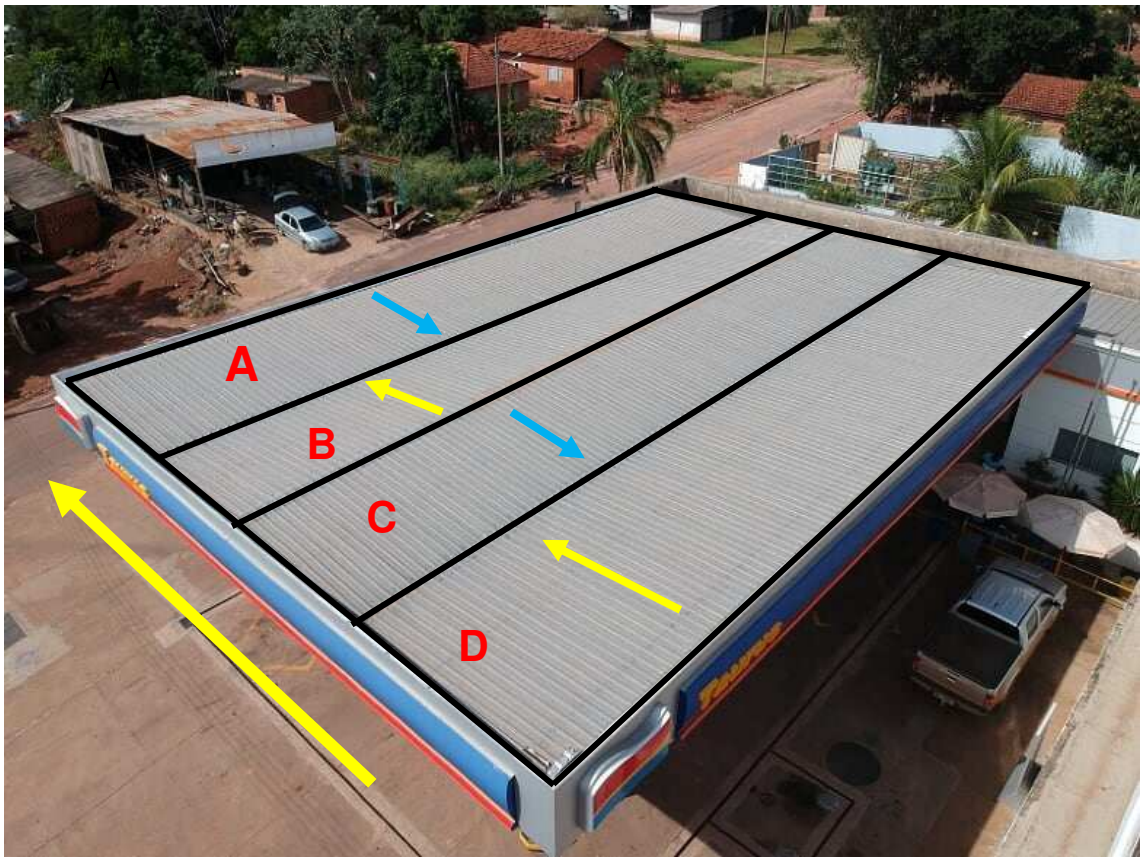
À vista disso, as placas posicionadas na região B requereram instalação de estrutura rente à inclinação do telhado, pois este já está direcionado para o norte e possui uma inclinação angular em torno do necessário para produção ótima.

Já, pelo fato das regiões A e C estarem direcionadas para a direção sul, foi necessário que a instalação das estruturas tivesse suportes que configurariam a inclinação ideal com orientação para o norte.

No caso da implementação do sistema em Rio Negro, tem-se a figura abaixo com as regiões A, B, C e D, onde foram inseridos os módulos, sinalizadas. Da mesma forma que na figura anterior, as setas amarelas estão direcionadas

para o norte e as azuis, para o sul; permitindo observar que as áreas orientadas para o norte são B e D, e para o sul, A e C.

Figura 25 - Telhado do Auto Posto Rio Negro em Rio Negro - MS.



Fonte: (WB Energy, 2019)

Equitativamente à forma como foram postas as placas no posto em Rio Verde, as placas instaladas nas regiões B e D requereram instalação de estrutura rente à inclinação do telhado, pelo mesmo motivo anterior, devido a seu direcionamento para o norte em um declive angular próximo ao ângulo ótimo.

Isto posto, as regiões A e C demandaram estruturas que tivessem suportes no tamanho padrão que estabelecessem a inclinação ideal dos módulos voltada para a região norte.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo a atender ao consumo total de energia elétrica solicitada pelo requerente, sendo essa de, aproximadamente, 11.000kWh, dividiu-se esse pela metade, para que cada posto gerasse, por fim, 5.500kWh. Para que o cálculo da potência do módulo fotovoltaico seja realizado é indispensável saber a taxa de disponibilidade de acordo com a Resolução 482/2012 da ANEEL – sendo essa de 100kWh para ambientes trifásicos a 4 condutores. Posto isso, encontra-se a demanda diária de ambos postos:

$$\frac{(5500 - 100) * 12}{365} = 177{,}53\ kWh/dia$$

Como mostrado anteriormente na escolha do local de instalação, a inclinação das placas seguiu o ângulo da cobertura nas regiões orientadas para o norte, na ordem de 19º aproximadamente, e nas regiões com orientação sul, a inclinação se manterá a mesma sendo que foram inseridos suportes com essa finalidade nas estruturas.

De acordo com as Tabelas 3 e 4, retira-se o valor de irradiação solar média para o cálculo da potência de pico utilizada no dimensionamento do painel. Devido a proximidade dos valores médios das duas cidades, assumiu-se valor médio de 5,2 e uma eficiência de 80% da performance do sistema fotovoltaico, resultando na seguinte equação:

$$P_{peak} = \frac{E * P_{col}}{G_{poa} * PR} = \frac{177{,}53 * 1}{5{,}2 * 0{,}8} = 42{,}67\ kWp$$

5.1 Escolha do módulo fotovoltaico e do equipamento de condicionamento de potência

Tendo conhecimento do valor da potência de pico necessária, escolhe-se o módulo fotovoltaico e o inversor que assista às necessidades do local e que evidenciem um bom custo-benefício. A empresa que executou o projeto empregou equipamentos de fabricação brasileira, e, por meio disso, optou-se por inversor e módulos fotovoltaicos disponíveis pelo fabricante.

Escolheu-se o módulo fotovoltaico da empresa Jinko Solar, com 330W de potência máxima, formado a partir de silício policristalino, código JKM330PP-72. As especificações técnicas estão no apêndice A. Abaixo tem-se os fundamentos essenciais para o cálculo do arranjo em conformidade com o inversor a ser

escolhido que atendam as equações 5 e 8 – possuindo cada módulo uma tensão de operação (V_{mp}) de 37,8V e tensão de circuito aberto (V_{OC}) de 46,9V considerando temperatura ambiente de 25º e um coeficiente de variação de tensão (ΔV_{OC}) de 0,31%/ºC.

Amparado na potência máxima do módulo, consegue-se obter o número de placas solares necessárias para suprir a demanda, que será:

$$\frac{42670Wp}{330Wp} = 129{,}30 \cong 130\ placas$$

Entretanto, foram instalados 132 módulos para cada posto, resultando em 264 placas solares. Isso se deu devido à capacidade do inversor que foi escolhido – o que será explicitado a posteriori.

Figura 26 - Especificações técnicas do módulo fotovoltaico JKM330PP-72.

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72		JKM340PP-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									

Sabendo o número de módulos e sua potência máxima individual, o inversor deverá atender o valor de $130 * 330 = 42{,}9kWp$. Para a geração desse valor, o fabricante apresentou a opção de utilizar um inversor com potência CA de 35kW, tendo potência máxima de 43750Wp, modelo PHB35K-MT. O uso desse inversor exigiu a utilização de mais dois módulos pois, devido ao fato de cada MPPT obrigatoriamente possuir o mesmo número de placas em suas *strings*, não atingiu o equilíbrio das *strings* por MPPT, necessitando que fosse empregado o uso de 132 módulos – gerando, dessa maneira, $132 * 330 = 43{,}56kWp$.

As especificações técnicas do inversor estão no apêndice B. A figura 27 exibe os parâmetros para o cálculo do arranjo dos módulos fotovoltaicos a ser determinado pelas equações 5 e 8 – dispondo de uma tensão CC máxima de 800V e tensão CC de partida 200V.

Figura 27 - Especificações técnicas do inversor PHB35K-MT.

Dados da Entrada CC	PHB35K-MT	PHB60K-MT
Max. Potência Fotovoltáica[W]	43750	75000
Max. Tensão CC [V]	800	1000
Faixa de Operação SPMP [V]	200~650	200~850
Tensão CC de Partida [V]	200	200
Corrente CC Máxima [A]	30/30/30/30	30/30/30/30
Número de Strings em Paralelo/MPPT	3/4	3/4
Conector CC	MC4/Phoenix/Amphenol	
Consumo em Standby [W]	25	
String Box Integrado	DPS CC (EN50539-11), Fusível gPV 15A/1000V, Chave CC	
Dados da Saída CA		
Potência CA Nominal [W]	35000	60000
Max. Potência CA [W]	36500	63400
Max. Corrente CA [A]	96	
Saída Nominal CA	60Hz; 220/127Vca	60Hz; 380/220Vca
Faixa de Operação CA	57.5~62Hz; 101.6~139.7Vca	57.5~62Hz; 176~242Vca
THD	<3%	
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo. / 0.8 Indutivo)	
Conexão CA	Trifásico (3F+N+T) ou (3F+T)	
Eficiência		
Max. Eficiência	98.8%	
Eficiência SPMP	>99.9%	

5.2 Escolha do módulo fotovoltaico e do equipamento de condicionamento de potência

Finalmente, em posse das informações de temperatura máxima e mínima atingida nos municípios de Rio Verde de Mato Grosso e Rio Negro, constantes nas Tabelas 5 e 6, pode-se calcular o número mínimo e máximo de *strings* para atendimento do sistema gerador.

Tabela 5 - Dados climatológicos de Rio Verde de Mato Grosso - MS.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26.6	26.6	25.7	24.1	22.6	22	22.5	24.1	26	26.7	26.7	25.9
Temperatura mínima (°C)	21.5	21.3	20.5	18.4	15.9	14.8	15.2	17.1	19.4	20.7	21.4	20.4
Temperatura máxima (°C)	31.7	31.9	30.9	29.8	29.3	29.3	29.9	31.1	32.6	32.8	32.1	31.4

FONTE: (https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/mato-grosso-do-sul/rio-verde-de-mato-grosso-31806/, 1982 – 2012.)

Tabela 6 - Dados climatológicos de Rio Negro - MS.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26.7	26.7	26.2	24.4	23	22	22.4	23.8	25.5	26.9	26.9	26.4
Temperatura mínima (°C)	21.7	21.3	20.8	19	16.8	15.3	15.4	17.1	19.2	20.8	21.5	21
Temperatura máxima (°C)	31.8	32.2	31.6	29.9	29.2	28.8	29.5	30.5	31.9	33	32.4	31.9

FONTE: (https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/mato-grosso-do-sul/rio-negro-312792/, 1982 – 2012.

Em concordância com o supracitado, apoiado no conteúdo de Lima, Garcia & Rosa (2017), para encontrar as condições de operação em temperaturas fria e quente, emprega-se as equações:

- **Em Rio Verde**

Para temperaturas frias:

$$\Delta V_{OC} = coefV_{OC} * V_{OC} * \Delta t$$

$$\Delta V_{OC} = \frac{0{,}31}{100} * 46{,}9 * \big(25 - (14{,}8)\big) \cong 1{,}48\ V$$

$$V_{OC(frio)} = V_{OC} + \Delta V_{OC}$$

$$V_{OC(frio)} = 46{,}9 + 1{,}48 \cong 48{,}38\ V$$

Para que seja obtido o número máximo de placas solares em série permitido pelo inversor, realiza-se a razão entre a máxima tensão permitida no equipamento, sendo essa 800V, e a tensão máxima do circuito aberto na menor temperatura registrada, 48,38 V. Nesse caso, tem-se:

$$\frac{Tensão\ Máxima\ de\ Entrada}{Tensão\ Máxima\ do\ Módulo} = \frac{800}{48{,}38} = 16{,}53 \cong 17\ placas$$

Para temperaturas quentes:

$$\Delta V_{MP} = coefV_{OC} * V_{MP} * \Delta t$$

$$\Delta V_{MP} = \frac{0{,}31}{100} * 37{,}8 * (85 - 25) = 7{,}03\ V$$

$$V_{MP(calor)} = V_{MP} - \Delta V_{MP} = 37{,}8 - 7{,}03 = 30{,}77\ V$$

Agora, para encontrar o número mínimo de módulos em série para operação da tensão mínima, usa-se a razão entre a tensão mínima de operação do MPPT, essa sendo de 200V, e a tensão máxima de operação do sistema em sua temperatura máxima:

$$\frac{Tensão\ Mínima\ de\ Entrada}{Tensão\ Nominal\ Mínima\ do\ Módulo} = \frac{200}{30{,}77} = 6{,}49 \cong 7\ placas$$

- **Em Rio Negro:**

Para temperaturas frias:

$$\Delta V_{OC} = coefV_{OC} * V_{OC} * \Delta t$$

$$\Delta V_{OC} = \frac{0{,}31}{100} * 46{,}9 * \big(25 - (15{,}3)\big) \cong 1{,}41\ V$$

$$V_{OC(frio)} = V_{OC} + \Delta V_{OC}$$

$$V_{OC(frio)} = 46{,}9 + 1{,}41 \cong 48{,}31\ V$$

Com número máximo de placas solares em série de:

$$\frac{800}{48{,}31} = 16{,}55 \cong 17\ placas$$

E, para temperaturas quentes:

$$\Delta V_{MP} = coefV_{OC} * V_{MP} * \Delta t$$

$$\Delta V_{MP} = \frac{0{,}31}{100} * 37{,}8 * (85 - 25) = 7{,}03\ V$$

$$V_{MP(calor)} = V_{MP} - \Delta V_{MP} = 37{,}8 - 7{,}03 = 30{,}77\ V$$

Com número mínimo de placas solares em série de:

$$\frac{200}{30{,}77} = 6{,}49 \cong 7\ placas$$

Levando em consideração a imposição de serem instalados 132 painéis fotovoltaicos e, visando reduzir a tensão de entrada do sistema, como o inversor apresenta 3 *strings* por cada MPPT e existem 4 MPPT, usou-se 11 módulos em série em cada. Os projetos dos sistemas estão no Apêndice C – sendo este da localidade de Rio Verde – e no apêndice D – da localidade de Rio Negro.

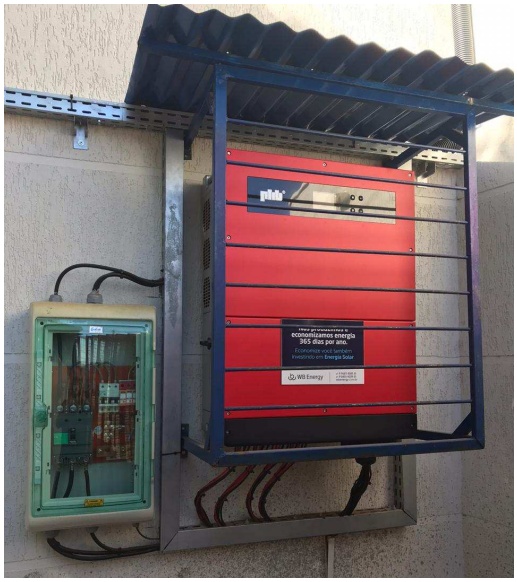
Figura 28 - Instalação do sistema fotovoltaico, sendo utilizado 12 strings com 11 módulos em série para cada string.

FONTE: (WB Energy, 2019)

A estrutura onde foram fixados os módulos nas coberturas não possuem variações de modelo, estando padronizadas. Para o cabeamento de ligação entre o inversor e as placas desprezou-se a queda de tensão devido a curta distância.

Divergindo de outros inversores, o PHB35K-MT possui a *string box* integrada. Conectado a ele, está o quadro de proteção CA, que compõe o kit fornecido pelo fabricante com inversor, fazendo-se desnecessário o dimensionamento da proteção. Esse quadro contém protetores de surto (DPS) – 175 Vca – 45 kA – para proteção contra descargas atmosféricas, chave seccionadora de corte dos painéis fotovoltaicos (1000Vcc/32A) e caixa com grau de proteção IP65. As ligações e diagramas unifilares estão inseridos nos projetos.

Figura 29 - Inversor PHB35K-MT e QDCA 72.



5.3 Tempo de Retorno de Investimento (TRI)

Utilizando o conceito de *payback* já visto, tornou-se possível a comparação do valor investido (V_{INV}) com o valor de retorno por análise periódica (V_{RET}) com efeito de constatar a viabilidade financeira do investimento realizado, tendo em mente o fato de que a energia elétrica é distribuída pela concessionária.

Neste quadro, a finalidade é elucidar o período substancial para a liquidez do investimento e, posteriormente, consequente redução de gastos ao longo dos anos. Integrando, nessa observação, os elementos:

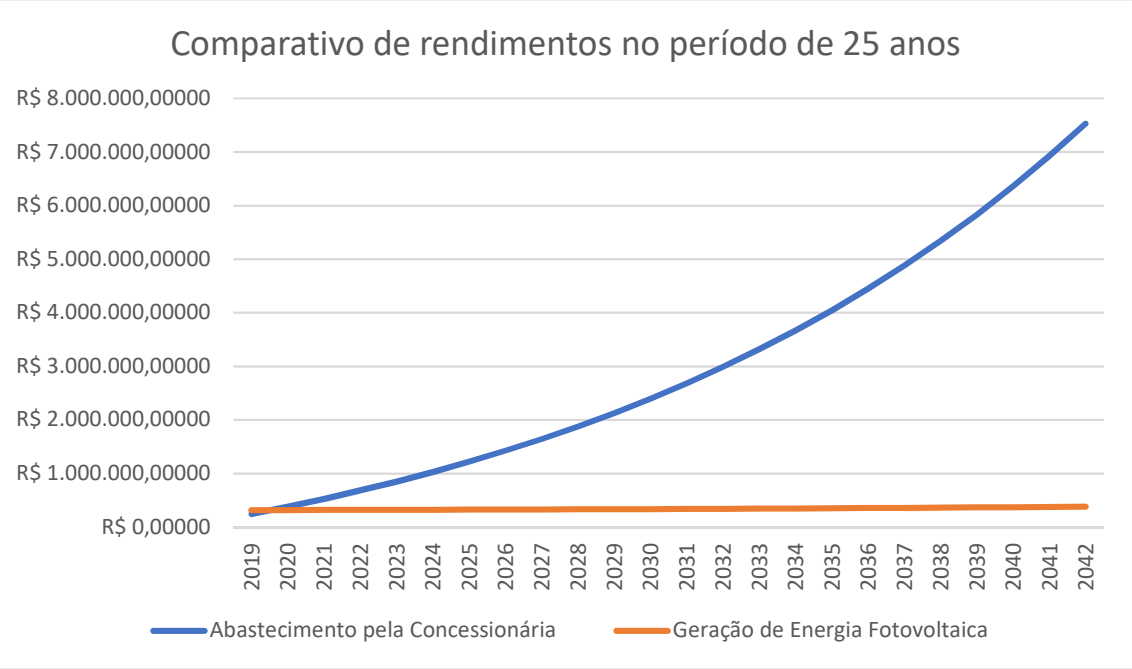
- O valor total investido de R$ 300.000,00, incluindo nesse montante o equipamento, frete, impostos, instalação e garantida prolongada;
- O valor do kWh é R$0,79127, conforme as faturas das áreas utilizadas;
- Considerou-se um aumento de 7% do custo de fornecimento – sendo este o valor médio que o kWh sofre de ajuste;
- Os valores aproximados dos impostos aplicados ao consumo, considerando COFINS de 4,9955%, PIS de 1,0845% e ICMS de 20%;
- O valor total da taxa de iluminação pública de R$ 400,00/mês, constituído por, aproximadamente, R$ 260,00/mês da unidade consumidora de Rio Verde e R$140,00/mês da unidade de Rio Negro.
- Os valores mínimos das outras sete unidades consumidoras (esses valores não se referem somente à iluminação pública posto que cada unidade consumidora pode exceder a porcentagem transferida, então usou-se um valor mínimo médio que as mesmas apresentaram) sendo R$120,00/mês da UC-1, R$120,00/mês da UC-2, R$140,00/mês da UC-3, R$150,00/mês da UC-4, R$120,00/mês da UC-5, R$200,00/mês da UC-6 e R$230,00/mês da UC-7;
- Considerou-se o tempo mínimo de vida dos equipamentos, fornecido pelo fabricante como garantia, de 25 anos;
- O valor da disponibilidade de 100 kWh segundo Resolução nº 482/2012 para as unidades trifásicas e a disponibilidade de 50kWh para as bifásicas.

A partir dessa junção de condições montou-se a tabela 7 cujos dados exibiram que o *payback* do investimento será atingido em 3 anos após a instalação do sistema. Outrossim, o gráfico abaixo demostra o comparativo claro dos valores gerados, elucidando sua diferença significativa, tendo levado em conta janeiro de 2020 como ponto de partida.

Tabela 7 - Comparativo do valor do investimento x valor que seria destinado à concessionária (incluso as demais UCs).

	VALORES ANUAIS		VALORES POR PERÍODO	
ANO	PROJEÇÃO CONCESSIONÁRIA	PROJEÇÃO FOTOVOLTAICA	PROJEÇÃO CONCESSIONÁRIA	PROJEÇÃO FOTOVOLTAICA
2019	R$ 119.017,14	R$ 300.000,00		
2020	R$ 127.348,34	R$ 17.802,02	R$ 246.365,48	R$ 317.802,02
2021	**R$ 136.262,72**	**R$ 19.048,16**	**R$ 382.628,20**	**R$ 319.048,16**
2022	R$ 145.801,11	R$ 20.381,53	R$ 528.429,32	R$ 320.381,53
2023	R$ 156.007,19	R$ 21.808,24	R$ 684.436,51	R$ 321.808,24
2024	R$ 166.927,70	R$ 23.334,82	R$ 851.364,21	R$ 323.334,82
2025	R$ 178.612,63	R$ 24.968,25	R$ 1.029.976,84	R$ 324.968,25
2026	R$ 191.115,52	R$ 26.716,03	R$ 1.221.092,36	R$ 326.716,03
2027	R$ 204.493,61	R$ 28.586,15	R$ 1.425.585,96	R$ 328.586,15
2028	R$ 218.808,16	R$ 30.587,18	R$ 1.644.394,12	R$ 330.587,18
2029	R$ 234.124,73	R$ 32.728,29	R$ 1.878.518,85	R$ 332.728,29
2030	R$ 250.513,46	R$ 35.019,27	R$ 2.129.032,31	R$ 335.019,27
2031	R$ 268.049,40	R$ 37.470,62	R$ 2.397.081,71	R$ 337.470,62
2032	R$ 286.812,86	R$ 40.093,56	R$ 2.683.894,57	R$ 340.093,56
2033	R$ 306.889,76	R$ 42.900,11	R$ 2.990.784,33	R$ 342.900,11
2034	R$ 328.372,04	R$ 45.903,12	R$ 3.319.156,37	R$ 345.903,12
2035	R$ 351.358,09	R$ 49.116,33	R$ 3.670.514,46	R$ 349.116,33
2036	R$ 375.953,15	R$ 52.554,48	R$ 4.046.467,61	R$ 352.554,48
2037	R$ 402.269,87	R$ 56.233,29	R$ 4.448.737,49	R$ 356.233,29
2038	R$ 430.428,76	R$ 60.169,62	R$ 4.879.166,25	R$ 360.169,62
2039	R$ 460.558,78	R$ 64.381,50	R$ 5.339.725,03	R$ 364.381,50
2040	R$ 492.797,89	R$ 68.888,20	R$ 5.832.522,92	R$ 368.888,20
2041	R$ 527.293,74	R$ 73.710,37	R$ 6.359.816,66	R$ 373.710,37
2042	R$ 564.204,31	R$ 78.870,10	R$ 6.924.020,97	R$ 378.870,10
2043	R$ 603.698,61	R$ 84.391,01	R$ 7.527.719,58	R$ 384.391,01
TOTAL	**R$ 7.527.719,58**	**R$ 384.391,01**		

Figura 30 - Comparativo de rendimentos no período de 25 anos.



FONTE: (A autora, 2020)

A possibilidade da localidade produzir mais do que o necessário para consumo é assegurada pela Resolução Normativa nº 482/2012, que permite que o restante do saldo injetado na rede de distribuição possa ser cedido a título de empréstimo à concessionária – podendo ser resgatados em até 60 meses – ou distribuído para outras unidades consumidoras que estejam sob o mesmo titular.

Outra vantagem econômica se apresenta na produção de energia renovável, que é a isenção de impostos sobre o excedente produzido. A Lei Federal 13.169/2015 garanto abono das taxas PIS e COFINS e o Decreto Estadual nº 14.617/2016, determina o mesmo para a taxa de ICMS; corroborando o incentivo do governo para geração distribuída.

Figura 31 - Comparativo antes x após instalação em Rio Verde de Mato Grosso - MS.

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
NOV/2019	13/11/2019	13/12/2019	09.401.189/0001-07 Insc. Est.:

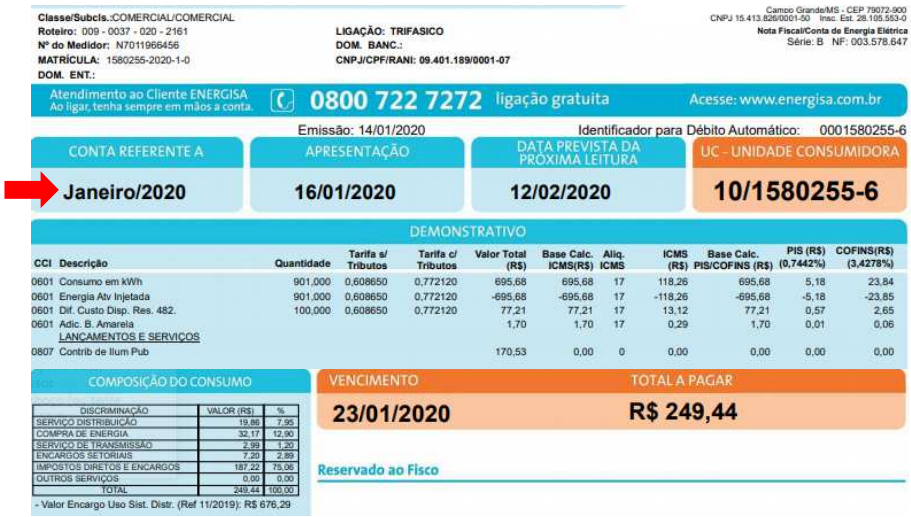
UC (Unidade Consumidora): 10/1580255-6

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura			
16/10/19	76809	13/11/19	78781	1	1972	27

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Impostos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 1,0845%	COFINS ($) 4,9955%
601	Consumo em kWh	1.972	0,791270	1.560,39	1.560,39	17	265,26	1.560,39	16,92	77,95
601	Adic. B. Amarela			18,92	18,92	17	3,22	18,92	0,20	0,94
601	Adic. B. Vermelha			50,40	50,40	17	8,57	50,40	0,55	2,52
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807	Contrib de Ilum Pub			213,16	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
CCI: Código de Classificação do Item			Total:	1.842,87	1.629,71		277,05	1.629,71	17,67	81,41

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
1979	21/11/2019	R$ 1.842,87



Classe/Subcls.:COMERCIAL/COMERCIAL
Roteiro: 009 - 0037 - 020 - 2161
Nº do Medidor: N7011966456
MATRÍCULA: 1580255-2020-1-0
DOM. ENT.:

LIGAÇÃO: TRIFASICO
DOM. BANC.:
CNPJ/CPF/RANI: 09.401.189/0001-07

Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica
Série: B NF: 003.578.647

Atendimento ao Cliente ENERGISA
Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta.
0800 722 7272 ligação gratuita
Acesse: www.energisa.com.br

Emissão: 14/01/2020
Identificador para Débito Automático: 0001580255-6

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	16/01/2020	12/02/2020	10/1580255-6

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	901,000	0,608650	0,772120	695,68	695,68	17	118,26	695,68	5,18	23,84
0601	Energia Atv Injetada	901,000	0,608650	0,772120	-695,68	-695,68	17	-118,26	-695,68	-5,18	-23,85
0601	Dif. Custo Disp. Res. 482.	100,000	0,608650	0,772120	77,21	77,21	17	13,12	77,21	0,57	2,65
0601	Adic. B. Amarela				1,70	1,70	17	0,29	1,70	0,01	0,06
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				170,53	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

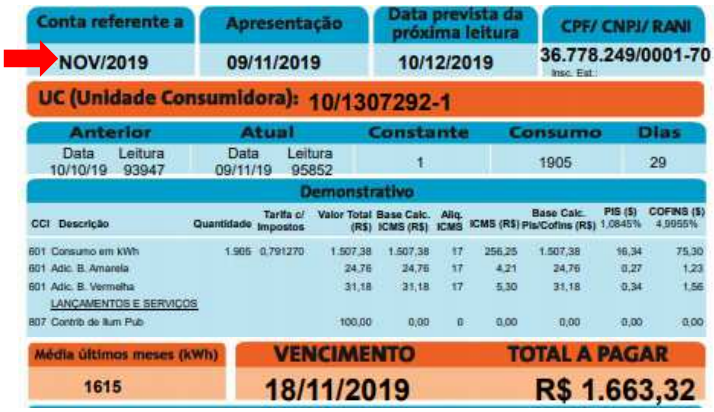
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	19,86	7,95
COMPRA DE ENERGIA	32,17	12,90
SERVIÇO DE TRANSMISSÃO	2,99	1,20
ENCARGOS SETORIAIS	7,20	2,89
IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	187,22	75,06
OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00
TOTAL	249,44	100,00

- Valor Encargo Uso Sist. Distr. (Ref 11/2019): R$ 676,29

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
23/01/2020	R$ 249,44

Reservado ao Fisco

Figura 32 - Comparativo antes x após instalação em Rio Negro - MS.



Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
NOV/2019	09/11/2019	10/12/2019	36.778.249/0001-70

Insc. Est.:

UC (Unidade Consumidora): 10/1307292-1

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura			
10/10/19	93947	09/11/19	95852	1	1905	29

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Impostos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 1,0845%	COFINS ($) 4,9955%
601	Consumo em kWh	1.905	0,791270	1.507,38	1.507,38	17	256,25	1.507,38	16,34	75,30
601	Adic. B. Amarela			24,76	24,76	17	4,21	24,76	0,27	1,23
601	Adic. B. Vermelha			31,18	31,18	17	5,30	31,18	0,34	1,56
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807	Contrib de Ilum Pub			100,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
1615	18/11/2019	R$ 1.663,32

Classe/Subcls.:COMERCIAL/COMERCIAL
Roteiro: 006 - 0065 - 010 - 0221
Nº do Medidor: N7003262476
MATRÍCULA: 1307292-2020-1-5
DOM. ENT.:

LIGAÇÃO: TRIFASICO
DOM. BANC.:
CNPJ/CPF/RANI: 36.778.249/0001-70

CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica
Série: B NF: 003.540.209

Atendimento ao Cliente ENERGISA
Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta.
0800 722 7272 ligação gratuita
Acesse: www.energisa.com.br

Emissão: 09/01/2020
Identificador para Débito Automático: 0001307292-1

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	13/01/2020	07/02/2020	10/1307292-1

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	724,000	0,608650	0,772120	559,01	559,01	17	95,03	559,01	4,16	19,16
0601	Energia Atv Injetada	724,000	0,608650	0,772120	-559,01	-559,01	17	-95,03	-559,01	-4,16	-19,16
0601	Dif. Custo Disp. Res. 482.	100,000	0,608650	0,772120	77,21	77,21	17	13,12	77,21	0,57	2,65
0601	Adic. B. Amarela				1,70	1,70	17	0,29	1,70	0,01	0,05
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				60,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	19,86	14,30
COMPRA DE ENERGIA	32,17	23,16

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
20/01/2020	R$ 138,91

As figuras 32 e 33 acima demonstram a redução de custo mensal da ordem de, aproximadamente, 87% em Rio Verde, e 90% em Rio Negro, pagando somente o mínimo do custo de disponibilidade – 100 kWh – somado às taxas de iluminação pública de cada localidade onde foi instalado o sistema gerador fotovoltaico.

Quanta às demais unidades consumidoras para as quais o saldo energético foi distribuído, tem-se os seguintes comparativos:

Figura 33 - Comparativo antes x após instalação em UC - 1.

AUTO POSTO CAHOEIRAS LTDA
RUA AFRO PUGA 147 AP 603 - MATA DO JACINTO
CEP 79033160 - CAMPO GRANDE / MS (AG: 1)

energisa

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0

Cls/Sbc: RESIDENCIAL/RESIDENCIAL TRIFÁSICA
Roteiro: 11-0001-140-453 Referência: DEZ/2019
Medidor: 00073002969 Emissão: 16/12/2019 Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica - Série B2 - NF 015.501.823
Emissão Autorizada por Regime Especial Processo N.11/070256/2004 Código para Débito Automático 00017945700

Atendimento ao Cliente ENERGISA 0800 722 7272 Acesse: www.energisa.com.br

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
DEZ/2019	17/12/2019	15/01/2020	09.401.189/0001-07

UC (Unidade Consumidora): 10/1794570-0

27/11/19 13743 17/12/19 14252

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Impostos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 0,9564%	COFINS ($) 4,4054%
601	Consumo em kWh	509	0,874010	444,87	444,87	25	111,22	444,87	4,25	19,59
601	Adic. B. Amarela			8,35	8,35	25	2,09	8,35	0,08	0,37
601	Adic. B. Vermelha			4,54	4,54	25	1,13	4,54	0,04	0,20
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0	16/01/2020	R$ 498,26

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	17/01/2020	14/02/2020	10/1794570-0

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	239,000	0,608650	0,802660	191,83	191,83	20	38,37	191,83	1,43	6,57
0601	Energia Atv Injetada oUC 01/2020 mPT	239,000	0,608650	0,802660	-191,83	-191,83	20	-38,37	-191,83	-1,43	-6,57
0601	Dif. Custo Disp. Res. 482.	100,000	0,608650	0,802660	80,26	80,26	20	16,05	80,26	0,60	2,75
0601	Adic. B. Amarela				1,77	1,77	20	0,35	1,77	0,01	0,06
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				29,84	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	19,86	17,75
COMPRA DE ENERGIA	32,16	28,75

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
16/02/2020	R$ 111,87

Figura 34 - Comparativo antes x após instalação em UC - 2.

AUTO POSTO CACHOEIRAS LTDA
RUA DR ZERBINI, 850 - SALA 01 // 79040040 - CEP:79040040
CHACARA CACHOEIRA
CAMPO GRANDE (AG: 102)

energisa
LIGADA NA SUA ENERGIA

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica
Série: B NF: 003.487.935

Classe/Subcls.:COMERCIAL/OUTROS SERVIÇOS E OU
Roteiro: 003 - 0102 - 080 - 3060
Nº do Medidor: 00073005561
MATRÍCULA: 1794572-2020-1-0
DOM. ENT.:
LIGAÇÃO: TRIFASICO
DOM. BANC.:
CNPJ/CPF/RANI: 09.401.189/0001-07

Atendimento ao Cliente ENERGISA
Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta.
0800 722 7272 ligação gratuita Acesse: www.energisa.com.br

Emissão: 07/01/2020 Identificador para Débito Automático: 0001794572-6

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	08/01/2020	04/02/2020	10/1794572-6

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	373,000	0,608650	0,772120	288,00	288,00	17	48,96	288,00	2,14	9,87
0601	Adic. B. Amarela				6,35	6,35	17	1,07	6,35	0,05	0,21
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				95,92	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	74,07	16,98
COMPRA DE ENERGIA	119,97	30,74

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
16/01/2020	R$ 390,27

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Fevereiro/2020	06/02/2020	04/03/2020	10/1794572-6

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,8563%)	COFINS(R$) (3,9442%)
0601	Consumo em kWh	230,000	0,608650	0,778320	179,01	179,01	17	30,43	179,01	1,53	7,06
0601	Energia Atv Injetada mUC 01/2020 mPT	130,000	0,608650	0,778320	-101,18	-101,18	17	-17,20	-101,18	-0,87	-3,99
0601	Adic. B. Amarela				1,49	1,49	17	0,25	1,49	0,01	0,05
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				95,92	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0805	MULTA 01/2020				5,89	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0804	JUROS DE MORA 01/2020				1,18	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO			VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%	16/02/2020	R$ 182,31
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	20,25	11,12		
COMPRA DE ENERGIA	31,42	17,25		

Figura 35 - Comparativo antes x após instalação em UC - 3.

AUTO POSTO CACHOEIRAS LTDA
TRAVESSA NESTOR MOREIRA, 126 - 04.102.19.159001 79004100 - CEP:79004100
JARDIM SAO BENTO
CAMPO GRANDE (AG: 102)

energisa
LIGADA NA SUA ENERGIA
ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica
Série: B NF: 003.477.053

Classe/Subcls.:RESIDENCIAL/RESIDENCIAL
Roteiro: 002 - 0102 - 090 - 3161
Nº do Medidor: 00073019812
MATRÍCULA: 1794576-2020-1-1
DOM. ENT.:

LIGAÇÃO: TRIFASICO
DOM. BANC.:
CNPJ/CPF/RANI: 09.401.189/0001-07

Atendimento ao Cliente ENERGISA
Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta.
0800 722 7272 ligação gratuita
Acesse: www.energisa.com.br

Emissão: 06/01/2020
Identificador para Débito Automático: 0001794576-7

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	07/01/2020	03/02/2020	10/1794576-7

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	1.357,000	0,608650	0,859330	1.166,11	1.166,11	25	291,53	1.166,11	8,67	39,97
0601	Adic. B. Amarela				25,73	25,73	25	6,43	25,73	0,19	0,88
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				57,55	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO			VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%	16/01/2020	R$ 1.249,39
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	269,46	21,57		
COMPRA DE ENERGIA	436,44	34,93		

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Fevereiro/2020	05/02/2020	03/03/2020	10/1794576-7

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,8563%)	COFINS(R$) (3,9442%)
0601	Consumo em kWh	553,000	0,608650	0,867020	479,46	479,46	25	119,87	479,46	4,10	18,91
0601	Energia Atv Injetada mUC 01/2020 mPT	453,000	0,608650	0,867020	-392,76	-392,76	25	-98,19	-392,76	-3,36	-15,49
0601	Adic. B. Amarela				1,74	1,74	25	0,43	1,74	0,01	0,06
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				40,50	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO			VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%	16/02/2020	R$ 128,94
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	20,26	15,72		
COMPRA DE ENERGIA	31,45	24,39		

Figura 36 - Comparativo antes x após instalação em UC - 4.

AUTO POSTO CACHOEIRAS LTDA
RUA USI TOMI 306 - CARANDA BOSQUE I
CEP 79032425 - CAMPO GRANDE / MS (AG: 1)

energisa

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0

Cls/Sbc: RESIDENCIAL/RESIDENCIAL TRIFÁSICA
Roteiro: 11-0001-120-185 Referência: DEZ/2019
Medidor: 00000H41128 Emissão: 16/12/2019 Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica - Série B2 - NF 015.501.824
Emissão Autorizada por Regime Especial Processo N.11/070256/2004 Código para Débito Automático:00017945783

Atendimento ao Cliente ENERGISA **0800 722 7272** Acesse: www.energisa.com.br

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
DEZ/2019	17/12/2019	15/01/2020	09.401.189/0001-07

UC (Unidade Consumidora): 10/1794578-3

601 Consumo em kWh	785	0,874010	686,10	686,10	25	171,52	686,10	6,58	30,22
601 Adic. B. Amarela			12,88	12,88	25	3,22	12,88	0,12	0,57
601 Adic. B. Vermelha			7,00	7,00	25	1,75	7,00	0,07	0,31
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807 Contrib de Ilum Pub			44,76	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0	24/12/2019	R$ 750,74

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PROXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	17/01/2020	14/02/2020	10/1794578-3

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	658,000	0,608650	0,859330	565,44	565,44	25	141,36	565,44	4,21	19,38
0601	Energia Atv Injetada oUC 01/2020 mPT	658,000	0,608650	0,859330	-565,44	-565,44	25	-141,36	-565,44	-4,21	-19,37
0601	Dif. Custo Disp. Res. 482.	100,000	0,608650	0,859330	85,93	85,93	25	21,48	85,93	0,64	2,94
0601	Adic. B. Amarela				1,89	1,89	25	0,47	1,89	0,01	0,06
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				42,63	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0805	ATUALIZAÇÃO MONETÁRIA 12/2019				3,30	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0805	MULTA 12/2019				14,12	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0804	JUROS DE MORA 12/2019				4,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	19,86	13,07
COMPRA DE ENERGIA	32,16	21,16

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
24/01/2020	R$ 151,87

Figura 37 - Comparativo antes x após instalação em UC - 5.

AUTO POSTO CAHOEIRAS LTDA
AVENIDA PRES TANCREDO NEVES 950 CASA - 11.049.01.599000 - CENTRO
CEP 79970000 - ELDORADO / MS (AG: 49)

energisa

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0

Cls/Sbc: RESIDENCIAL/RESIDENCIAL BIFÁSICA
Roteiro: 13-0049-010-179 Referência: DEZ/2019
Medidor: 00000R15041 Emissão: 18/12/2019 Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica - Série B2 - NF 015.606.148
Emissão Autorizada por Regime Especial Processo N.11/070256/2004 Código para Débito Automático:00017945841

Atendimento ao Cliente ENERGISA **0800 722 7272** Acesse: www.energisa.com.br

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
DEZ/2019	19/12/2019	17/01/2020	09.401.189/0001-07

UC (Unidade Consumidora): 10/1794584-1

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Impostos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 0,9584%	COFINS ($) 4,4254%
601	Consumo em kWh	325	0,815460	265,02	265,02	20	53,00	265,02	2,53	11,67
601	Adic. B. Amarela			5,05	5,05	20	1,01	5,05	0,05	0,22
601	Adic. B. Vermelha			2,45	2,45	20	0,49	2,45	0,02	0,11
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807	Contrib de Ilum Pub			25,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0	27/12/2019	R$ 297,52

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Fevereiro/2020	20/02/2020	20/03/2020	10/1794584-1

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,8563%)	COFINS(R$) (3,9442%)
0601	Consumo em kWh	583,000	0,608650	0,867020	505,47	505,47	25	126,36	505,47	4,32	19,93
0601	Energia Atv Injetada oUC 02/2020 mPT	502,000	0,608650	0,867020	-435,24	-435,24	25	-108,81	-435,24	-3,73	-17,17
0601	Adic. B. Amarela				0,71	0,71	25	0,18	0,71	0,01	0,03
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				40,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0805	ATUALIZAÇÃO MONETÁRIA 01/2020				0,10	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0805	MULTA 01/2020				6,92	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0804	JUROS DE MORA 01/2020				1,04	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	16,26	13,67
COMPRA DE ENERGIA	25,23	21,20

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
02/03/2020	R$ 119,00

Figura 38 - Comparativo antes x após instalação em UC - 6.

AUTO POSTO RIO NEGRO LTDA
AVENIDA IRINEU DE SOUZA ARAUJO, 980 - 07.092.03.467000 79140000 - CEP:79140000
JARDIM ELDORADO
NOVA ALVORADA DO SUL (AG: 92)

energisa
LIGADA NA SUA ENERGIA
ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0
Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica
Série: B NF: 003.503.902

Classe/Subcls.:COMERCIAL/OUTROS SERVIÇOS E OU
Roteiro: 004 - 0092 - 020 - 2170
Nº do Medidor: 00000Z80193
MATRÍCULA: 1794562-2020-1-1
DOM. ENT.:
LIGAÇÃO: TRIFASICO
DOM. BANC.:
CNPJ/CPF/RANI: 36.778.249/0001-70

Atendimento ao Cliente ENERGISA
Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta. **0800 722 7272** ligação gratuita Acesse: www.energisa.com.br

Emissão: 07/01/2020 Identificador para Débito Automático: 0001794562-7

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	09/01/2020	05/02/2020	10/1794562-7

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	3.060,000	0,608650	0,772120	2.362,69	2.362,69	17	401,65	2.362,69	17,58	80,98
0601	Adic. B. Amarela				52,13	52,13	17	8,86	52,13	0,39	1,79
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				119,37	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	607,62	23,99
COMPRA DE ENERGIA	[illegible]	[illegible]

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
16/02/2020	R$ 2.534,19

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Fevereiro/2020	10/02/2020	05/03/2020	10/1794562-7

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,8563%)	COFINS(R$) (3,9442%)
0601	Consumo em kWh	2.250,000	0,608650	0,778320	1.751,24	1.751,24	17	297,71	1.751,24	14,99	69,07
0601	Energia Atv Injetada mUC 01/2020 mPT	2.150,000	0,608650	0,778320	-1.673,40	-1.673,40	17	-284,48	-1.673,40	-14,33	-66,00
0601	Adic. B. Amarela				1,45	1,45	17	0,24	1,45	0,01	0,05
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				119,37	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	20,24	10,18
COMPRA DE ENERGIA	[illegible]	[illegible]

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
16/03/2020	R$ 198,66

Figura 39 - Comparativo antes x após instalação em UC - 7.

AUTO POSTO RIO NEGRO LTDA
AVENIDA AURELIANO MOURA BRANDAO 1520 14.023.01.209000 - PARQUE E
CEP 79180000 - RIBAS DO RIO PARDO / MS (AG: 23)

energisa

ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTR. DE ENERGIA S.A.
Av. Gury Marques, 8000
Campo Grande/MS - CEP 79072-900
CNPJ 15.413.826/0001-50 Insc. Est. 28.105.553-0

Cls/Sbc: COMERCIAL/COMERCIAL TRIFÁSICA
Roteiro: 16-0023-010-007 Referência: DEZ/2019
Medidor: 00000F18302 Emissão: 24/12/2019 Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica - Série B2 - NF 015.759.780
Emissão Autorizada por Regime Especial Processo N.11/070256/2004 Código para Débito Automático 00017945858

Atendimento ao Cliente ENERGISA 0800 722 7272 Acesse: www.energisa.com.br

Conta referente a	Apresentação	Data prevista da próxima leitura	CPF/ CNPJ/ RANI
DEZ/2019	26/12/2019	24/01/2020	36.778.249/0001-70

UC (Unidade Consumidora): 10/1794585-8

Demonstrativo

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Imposica	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS (R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. Pis/Cofins (R$)	PIS ($) 0,9564%	COFINS ($) 4,4054%
601	Consumo em kWh	1.160	0.783940	909,38	909,38	17	154,59	909,38	8,70	40,06
601	Adic. B. Amarela			17,99	17,99	17	3,06	17,99	0,17	0,79
601	Adic. B. Vermelha			6,44	6,44	17	1,09	6,44	0,06	0,28
	LANCAMENTOS E SERVICOS									
807	Contrib de Ilum Pub			149,21	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0	16/01/2020	R$ 1.083,02

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PROXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
Janeiro/2020	29/01/2020	22/02/2020	10/1794585-8

DEMONSTRATIVO

CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R$)	Base Calc. ICMS(R$)	Aliq. ICMS	ICMS (R$)	Base Calc. PIS/COFINS (R$)	PIS (R$) (0,7442%)	COFINS(R$) (3,4278%)
0601	Consumo em kWh	1.178,000	0,608650	0,772120	909,56	909,56	17	154,62	909,56	6,77	31,17
0601	Energia Atv Injetada oUC 01/2020 mPT	1.178,000	0,608650	0,772120	-909,56	-909,56	17	-154,62	-909,56	-6,77	-31,18
0601	Dif. Custo Disp. Res. 482.	100,000	0,608650	0,772120	77,21	77,21	17	13,12	77,21	0,57	2,65
0601	Adic. B. Amarela				1,70	1,70	17	0,29	1,70	0,01	0,06
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0807	Contrib de Ilum Pub				149,21	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R$)	%
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	19,86	8,71
COMPRA DE ENERGIA	32,17	14,10

VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
16/02/2020	R$ 228,12

Com uma redução de aproximadamente:

- 77,54% do custo mensal na UC-1.
- 53,28% do custo mensal na UC-2.
- 89,68% do custo mensal na UC-3.
- 79,75% do custo mensal na UC-4.
- 60% do custo mensal na UC-5.
- 92,16% do custo mensal na UC-6.
- 78,93% do custo mensal na UC-7.

O que equivale à redução total de 85,36% dos gastos com consumo de energia elétrica.

6 CONCLUSÃO

Diversificar a matriz energética é imprescindível para sustentabilidade do sistema elétrico brasileiro, a posto que a população não fique à mercê da supremacia de somente um meio de geração de energia muito menos do prejuízo que acomete o meio ambiente com a produção de energia a partir de combustíveis fósseis e desvios no ciclo natural dos rios.

O progressivo investimento no mercado de energia solar além de garantir cada vez mais a sustentabilidade do setor elétrico, beneficia a sociedade como um todo em diversos ângulos, principalmente em relação aos custos com energia elétrica e impactos ambientais que também, distintivamente das outras fontes convencionais, ocasiona a diminuição dos efeitos de gases nocivos pra atmosfera, mitigando o aquecimento solar.

Para essa diversificação, a geração distribuída de energia fotovoltaica vem angariando mais espaço no país. Embora apresentem certas desvantagens como interferência direta na produtividade diante do aumento de temperatura e/ou sombreamentos, os sistemas fotovoltaicos tem sido cada vez mais utilizados diante da praticidade da implantação de módulos solares que produzem energia e, por, geralmente, estar junto ao local de consumo acaba dificultando as perdas ocasionadas com a transmissão de energia e pelas condições favoráveis que o Brasil manifesta para o usufruto da energia solar. Esses sistemas também satisfazem os consumidores que neles investem devido ao ótimo retorno financeiro que a vida útil dos equipamentos e a facilidade de manutenção propõem.

No presente estudo, salienta-se a necessidade de análise de determinadas variáveis sendo algumas dessas a radiação solar do local, a intermitência provável da energia solar e a alteração da arquitetura paisagística. Fundamentado em todos os aspectos descritos ao longo desse estudo, escolheu-se demonstrar como se deu o desenvolvimento e execução dos projetos fotovoltaicos de duas unidades consumidoras comerciais trifásicas, cada qual com uma potência instalada de 35kW e ramal – em Rio Verde, subterrâneo, e em Rio Negro, aéreo – a favor da rede com a finalidade de aplicar todo referencial teórico explorado.

Da mesma forma, foi importante enaltecer a viabilidade financeira que caracterizou o investimento realizado, revelando quão frutífera pode ser a geração de energia solar, trazendo à tona, especificamente, um grande montante que poderá ser economizado por parte dos requerentes, o que pode ser visto no cálculo do payback e seu respectivo gráfico onde, notoriamente, observa a grande discrepância entre o investimento comparado ao que seria direcionado à concessionária.

É importante salientar a necessidade de maior incentivo governamental nesse mercado, já que a possibilidade do país taxar essa forma de produção de energia é latente e prevista para os próximos anos, embora, recentemente, o governo tenha garantido o corte dos impostos sobre a importação de módulos solares – o que já caracteriza uma grande benfeitoria.

Além disso, independente da necessidade de incentivo por parte do governo, a Resolução Normativa nº482/2012 (ANEEL) já nos assegura uma série de vantagens na produção de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos, que, como supracitado, permite, por exemplo, que os locais produtores de energia além de seu consumo possam injetar o saldo energético na rede de distribuição para consumo de outros usuários, o que amparou a escolha dos solicitantes do sistema de produzir além do necessário prevendo a transmissão do restante para as outras sete unidades consumidoras.

Todo o cenário deste estudo, diante do êxito dos objetivos propostos, comprova que as maiores vantagens da implantação de um sistema fotovoltaico não se restringem à viabilidade econômica que ele acarreta, dado que pode proporcionar um impacto significativo em todo o contexto elétrico mundial nos anos posteriores, transformando, cada vez mais, a matriz energética atual em uma composição limpa que preserve a humanidade de suas próprias ações e atenue os custos que essa tem com o insumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11704:** Sistemas fotovoltaicos – Classificação. Rio de Janeiro, 2008. Acesso em: 20 de abril de 2020.

ABSOLAR. Matriz Energética do Brasil é uma das mais limpas do mundo. **Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR).** São Paulo, 2020. Disponível em: http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/matriz-energetica-do-brasil-e-uma-das-mais-limpas-do-mundo.html. Acesso em: 05 de maio de 2020.

ALMEIDA, P. M de**. Condicionamento da Energia Solar Fotovoltaica para Sistemas Interligados à Rede Elétrica**, Juiz de fora: UFJF, 2011. Disponível em: < http://www.ufjf.br/labsolar/files/2011/05/Condicionamento-da-Energia-SolarFotovoltaica.pdf>. Acesso em 05 de maio de 2020.

BALFOUR, J. **Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos** (L. C. Faria, trad.). Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2016.

BENEDETTI, O. Uma proposta de modelo para avaliar a viabilidade do biodiesel no Brasil. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v.14, ed. Especial, 2006.

BOTEZELLI, J. A. **Qual a posição ideal para os painéis fotovoltaicos?** São Paulo: ABZ Energia Solar, 2015. Disponível em: <http://www.abzenergiasolar.com.br/hrf_faq/qual-a-posicao-ideal-paraos-seus-paineis-fotovoltaicos/. Acesso em: 05 de maio de 2020.

BRASIL, Governo do. **Fontes de Energia Renováveis representam 83% da Matriz Elétrica Brasileira**. Governo do Brasil. Brasil, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira. Acesso em: 25 de abril de 2020.

COGEN. **Geração Distribuída – Novo Ciclo de Desenvolvimento**. 2013. Disponível em: http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/workshop/2013/Geracao_Distribuida_Calabro_22052013.pdf. Acesso em 11 de junho de 2020.

COGEN. **Inserção da Energia Solar no Brasil**. São Paulo, 2012. 77 p. Disponível em: http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/Insercao_Energia_Solar_Brasil_EPE_16022012.pdf. Acesso em 11 de junho de 2020.

Como Energia Solar é Convertida em Eletricidade? Ep. 29. Brasil: Ponto em Comum, 2016. 1 vídeo (6 min). Publicado por Ponto em Comum. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=TCQhdAHOSIk. Acesso em: 20 mai. 2020.

CRESESB. Banco de dados. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php. 2016. Acesso em: 20 de abril de 2020.

EDENHOFER, O; MADRUGA, R.P; SOKONA, Y.; SEYBOTH, K (org.). Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change**. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1075p.

Energia Solar#2 – O efeito Fotovoltaico. Brasil: MC Elétrica, 2018. 1 vídeo (5 min). Publicado por MC Elétrica. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qK4Sd-RH6JM. Acesso em: 20 mai.2020.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia renovável: Hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica.** Rio de Janeiro: EPE, 2018.

INEE. INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é Geração Distribuída?**. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp. Acesso em: 15 jun. 2020.

INEE. INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Notas sobre Geração Distribuída**. Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/forum/Notas%20sobre%20GD.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

KAFRUNI, Simone. **Fontes Renováveis garantem 75% da energia gerada no país**. Correio Braziliense**.** Brasília, 2020. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2020/01/13/internas_economia,820217/fontes-renovaveis-garantem-75-da-energia-gerada-no-pais.shtml. Acesso em: 20 de abril de 2020.

LIMA, E. J. de; GARCIA, G. dos R.; ROSA, L. M. (org.). **Fundamentos da energia solar: Guia completo para se aprofundar no mundo fotovoltaico**. 2017. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/apostila-energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 11 de maio de 2020.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro.** Abril/2020. Secretaria de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/239673/1059011/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Abr-2020.pdf/7564982e-905a-56a9-cfa7-75a7cb5521c7?version=1.0. Acesso em: 25 de abril de 2020.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**. Resenha Energética Brasileira: Exercício de 2018**. Edição de maio de 2019. Secretaria de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2019+v3.pdf/92ed2633-e412-d064-6ae1-eefac950168b. Acesso em: 03 de maio de 2020.

PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. 2014. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL–CRESESB. Rio de Janeiro.

RODRIGUES, Igor**. 10 Vantagens da Geração Distribuída de Energia**. Interenergia. São Paulo, 2016. Disponível em: https://interenergia.com.br/single-post/2016/07/10-vantagens-da-geracao-distribuida-de-energia/. Acesso em: 21 de abril de 2020.

ROSA, P.; SANTOS, E. **Apostila de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos: Módulo 1**. [S.l.]: ECODOT, 2016.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004. 114p.

SANTOS, P. R. G. dos; FLORENTINO, M. C. C.; BASTOS, J. L. C.; TREVISAN, G.V. **Fontes renováveis e não renováveis geradoras de energia elétrica no brasil**.

SOUSA, Rafaela. Matriz Enérgica Brasileira. **Mundo Educação**. Brasil, 2016. Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/matriz-energetica-brasileira.htm. Acesso em: 30 de abril de 2020.

VIANA, T. **Energia Solar Fotovoltaica - Geração de Energia Elétrica a Partir do Sol**, 2011. Disponível em: http://www.lepten.ufsc.br/disciplinas/emc5489/arquivos/pdf/conteudo_aulas/aula_trajano1.pdf. Acesso em: 10 de junho de 2020.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R**. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.

APÊNDICE A – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar

Eagle 72P
320-340 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008、ISO14001:2004、OHSAS18001 certified factory.
IEC61215、IEC61730 certified products.

(5BB)

KEY FEATURES

5 Busbar Solar Cell:
5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules , offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.

High Power Output:
Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.

PID RESISTANT:
Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.

Low-light Performance:
Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.

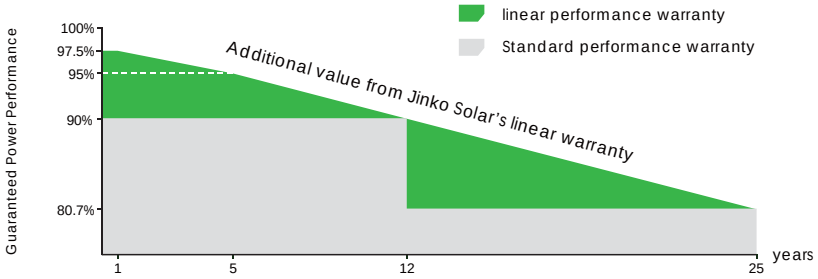
Severe Weather Resilience:
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

Durability against extreme environmental conditions:
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

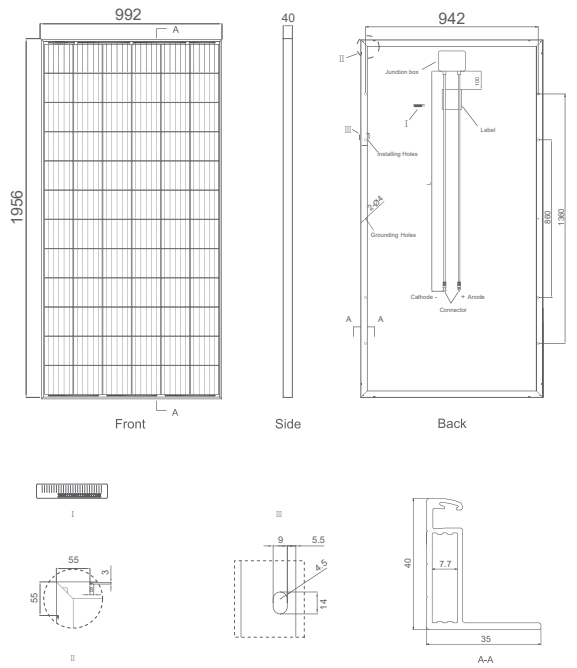
Temperature Coefficient:
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

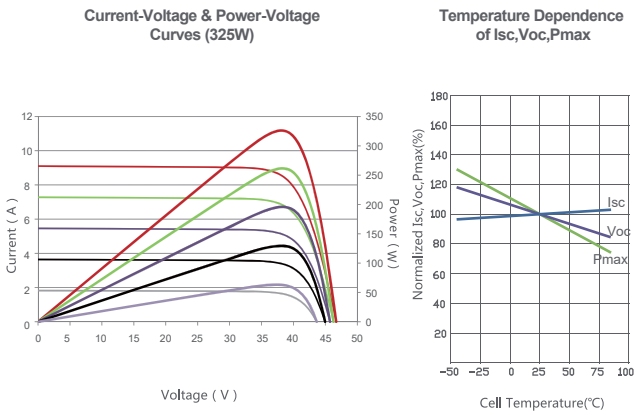
10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)
No.of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs.)
Front Glass	4.0mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm², Length: 1200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets=One stack)

26pcs/pallet, 52pcs/stack, 624 pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72		JKM340PP-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-340PP-72_rev2017

APÊNDICE B – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO INVERSOR PHB35K-MT

INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO TRIFÁSICO

35KW(220/127V) E
60KW(380/220V)

Adequado para plantas FV de média e grande escala, tanto para telhados comerciais quanto para plantas FV montadas em solo. Além de design moderno e compacto e maior potência de saída.

Possui String Box CC integrado, reduzindo o tempo e a área de instalação.

PHB35K-MT INVERSOR FOTOVOLTAICO
PHB60K-MT INVERSOR FOTOVOLTAICO
Atende as normas (ABNT NBR-16149; ABNT NBR-16150; ABNT NBR-IEC -62116)
Possui a garantia de 5 anos para defeitos de fabricação (Ver observação no manual)

EXCELENTE DESEMPENHO

- Tensão de partida 200V
- Temperatura de Operação 50°C (Potência Máxima)
- Max. Eficiência 98,8%

ALTA SEGURANÇA E CONFIABILIDADE

- IP65 anti-poeira e à prova d'água
- 4 MPPTs
- String Box Integrado

PROJETO ORIENTADO PARA O CLIENTE

- LCD gráfico em português
- Monitoração e comunicação
- Design de baixo ruído
- Peso < 64Kg
- 20% mais compacto do que os produtos semelhantes
- Adequado para instalações comerciais e industriais
- Interface de Comunicação RS485, USB e Wi-Fi

PHB ELETRÔNICA LTDA

Telefone: (11) 3835-8300
Rua São Bernadino nº 12 - Parque Anhanguera
CEP: 05120-050
www.energiasolarphb.com.br

DADOS TÉCNICOS

Dados da Entrada CC	PHB35K-MT	PHB60K-MT
Max. Potência Fotovoltáica[W]	43750	75000
Max. Tensão CC [V]	800	1000
Faixa de Operação SPMP [V]	200~650	200~850
Tensão CC de Partida [V]	200	200
Corrente CC Máxima [A]	30/30/30/30	30/30/30/30
Número de Strings em Paralelo/MPPT	3/4	3/4
Conector CC	MC4/Phoenix/Amphenol	
Consumo em Standby [W]	25	
String Box Integrado	DPS CC (EN50539-11), Fusível gPV 15A/1000V, Chave CC	
Dados da Saída CA		
Potência CA Nominal [W]	35000	60000
Max. Potência CA [W]	36500	63400
Max. Corrente CA [A]	96	
Saída Nominal CA	60Hz; 220/127Vca	60Hz; 380/220Vca
Faixa de Operação CA	57.5~62Hz; 101.6~139.7Vca	57.5~62Hz; 176~242Vca
THD	<3%	
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo. / 0.8 Indutivo)	
Conexão CA	Trifásico (3F+N+T) ou (3F+T)	
Eficiência		
Max. Eficiência	98.8%	
Eficiência SPMP	>99.9%	
Segurança do Equipamento		
Monitoramento de corrente de fuga	Integrado	
Proteção Anti-ilhamento	AFD	
Monitoramento de Rede	VDE-AR-N 4105, VDE 0126-1-1, EN50438, G59/3, AS4777.2	
NBR (Normas Brasileiras)	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116	
Normas de Referência		
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2	
	EN 61000-6-3, EN 61000-6-4	
Segurança	IEC 62109-1& -2	
Dados Gerais		
Dimensões (L*A*P) [mm]	586*788*264	
Peso Líquido [kg]	64	
Ambiente de Operação	Interno ou Externo	
Montagem	Fixado na parede	
Temperatura de Operação	-30~60°C	
Umidade relativa	0~95%	
Altitude [m]	4000m	
Grau de Proteção IP	IP65	
Topologia	Sem Transformador	
Ventilação	Ventilação Forçada	
Display	LCD gráfico (Português)	
Comunicação	Wi-Fi ,USB2.0 e RS485 (MODBUS)	
Cor	Vermelho	
Garantia [anos]	5/10/15/20/25 (opcional)	

SUPORTE TÉCNICO

A PHB mantém uma estrutura de equipamentos calibrados, "setups" de testes e técnicos treinados, para proporcionar aos seus clientes um rápido serviço de reparo.

ATENDE A TODAS AS TENSÕES DO PRODIST

Atenta as divergências da rede Brasileira, a PHB oferece um software que permite alterar as faixas de operação, que permite a instalação em qualquer parte do território nacional.
Para obter mais informações sobre qualquer um de nossos produtos ou serviços, visite-nos na Web em: www.energiasolarphb.com.br

PHB ELETRÔNICA LTDA

Telefone: (11) 3835-8300
Rua São Bernadino nº 12 - Parque Anhanguera
CEP: 05120-050
www.energiasolarphb.com.br

QUADRO DE PROTEÇÃO CA (QDCA/72)

QUADRO DE PROTEÇÃO E ISOLAMENTO DA REDE TRIFÁSICA

DIMENSÕES:

340X 640 X 170 MM
(L X A X P)

PHB ELETRÔNICA LTDA

Telefone: (11) 3835-8300
Rua São Bernadino nº 12 - Parque Anhanguera
CEP: 05120-050
www.energiasolarphb.com.br

COMPOSIÇÃO DO QUADRO DE PROTEÇÄO CA

LADO CA:

- Protetores de surto (DPS) para proteção contra descargas atmosféricas - 175Vca 45 kA
- Disjuntor tripolar (100A).
- Caixa com grau de proteção IP65.

— FASE 1 (R)

FASE 2 (S)

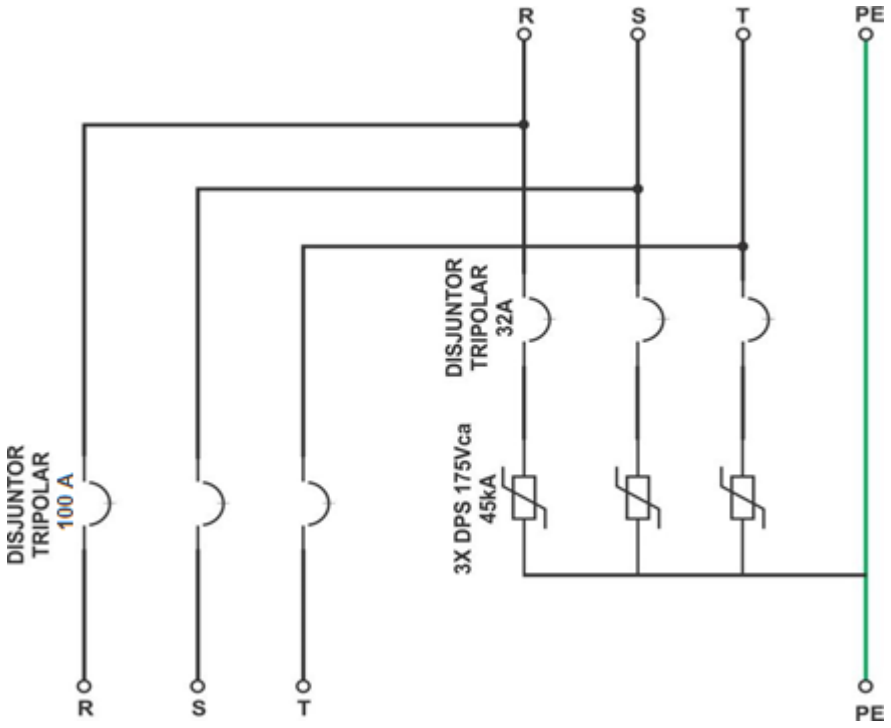
— FASE 3 (T)

— TERRA (PE)

ENTRADA CA (REDE ELÉTRICA)

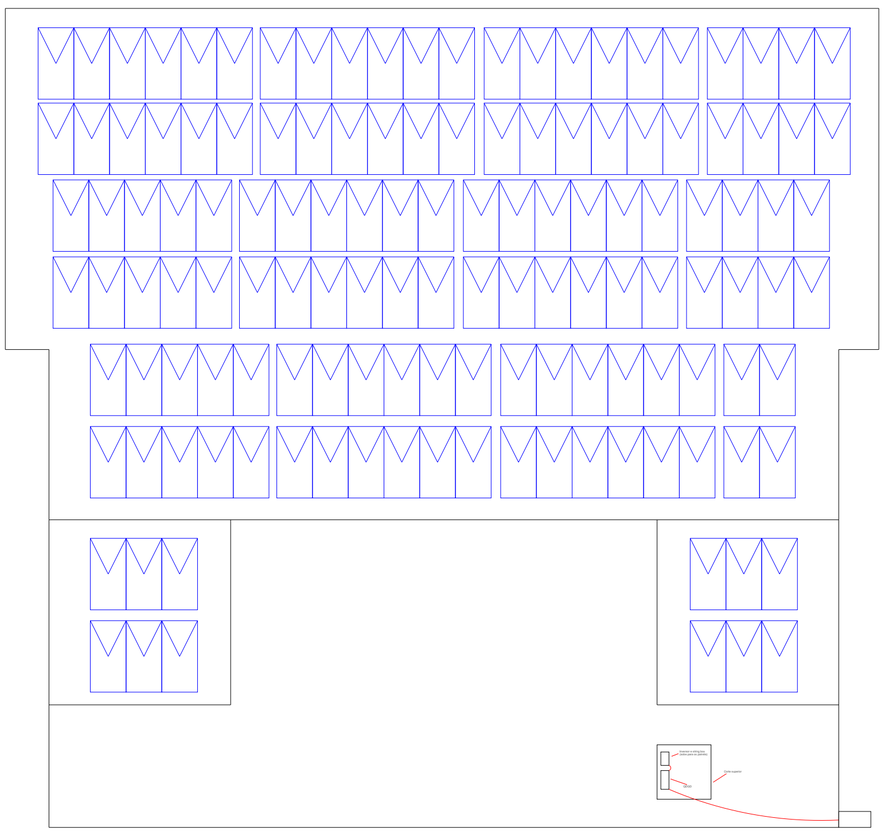
PHB ELETRÔNICA LTDA

Telefone: (11) 3835-8300
Rua São Bernadino nº 12 - Parque Anhanguera
CEP: 05120-050
www.energiasolarphb.com.br



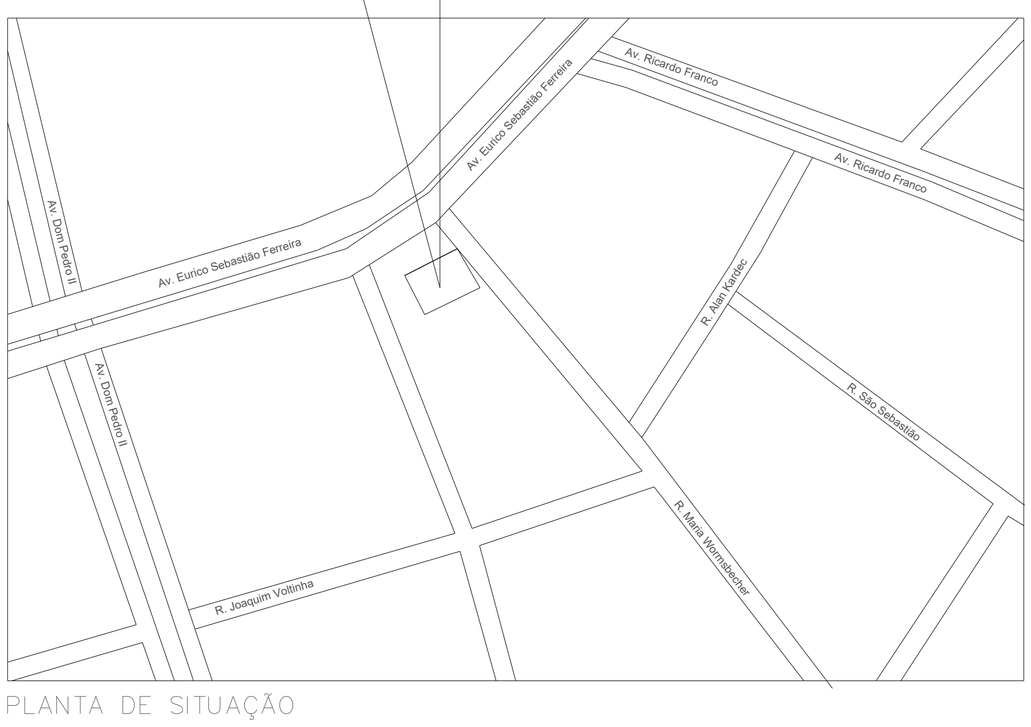
SAÍDA CA (INVERSOR)

APÊNDICE C – PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM RIO VERDE DE MATO GROSSO – MS.

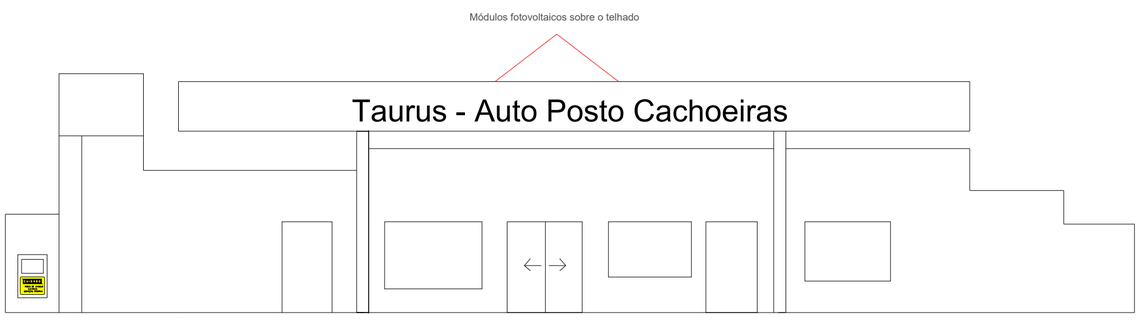


LAYOUT

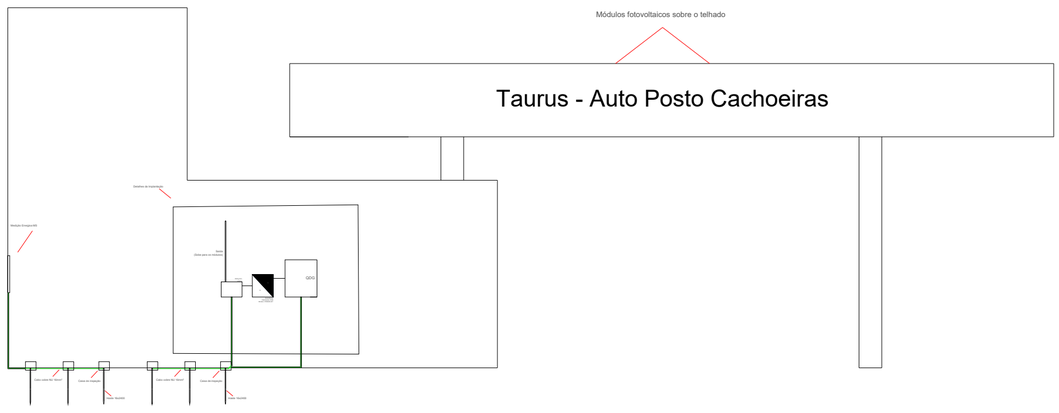
Titular da UC: Auto Posto Cachoeiras LTDA
Num. UC: 10/267205-3
Coord. em UTM
Fuso: 21
X: 727111.78 m E
Y: 7906395.68 m S
18°55'19.88"S 54°50'36.86"O



PLANTA DE SITUAÇÃO



VISTA FRONTAL



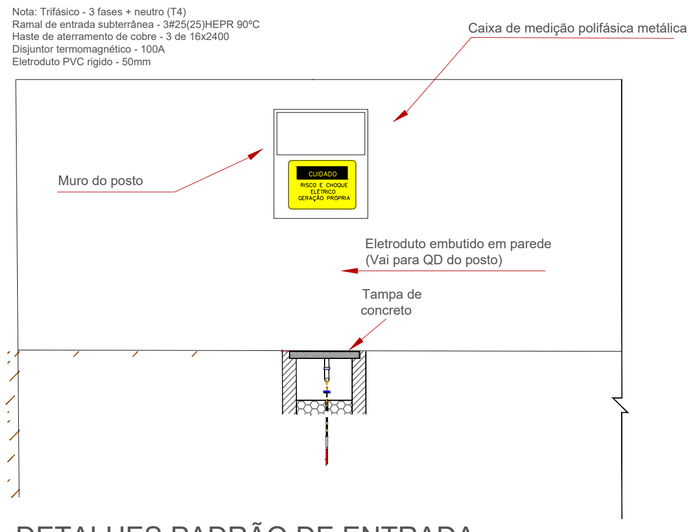
VISTA LATERAL

LEGENDA E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

- PLACA SOLAR 0,330 kwP JINKO SOLAR: JKM330PP-72
- DISJUNTOR MONOPOLAR
- DISJUNTOR BIPOLAR
- DISJUNTOR TRIPOLAR
- DPS CA
- INVERSOR CC/CA PHB 35k-MT
- DPS CC

* **SOLICITADO AUMENTO DE CARGA (A alteração será feita após aprovação do financiamento)**

Nota: Trifásico - 3 fases + neutro (T4)
Ramal de entrada subterrânea - 3#25(25)HEPR 90ºC
Haste de aterramento de cobre - 3 de 16x2400
Disjuntor termomagnético - 100A
Eletroduto PVC rigido - 50mm



DETALHES PADRÃO DE ENTRADA

DETALHES SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA
(Unidade em mm)

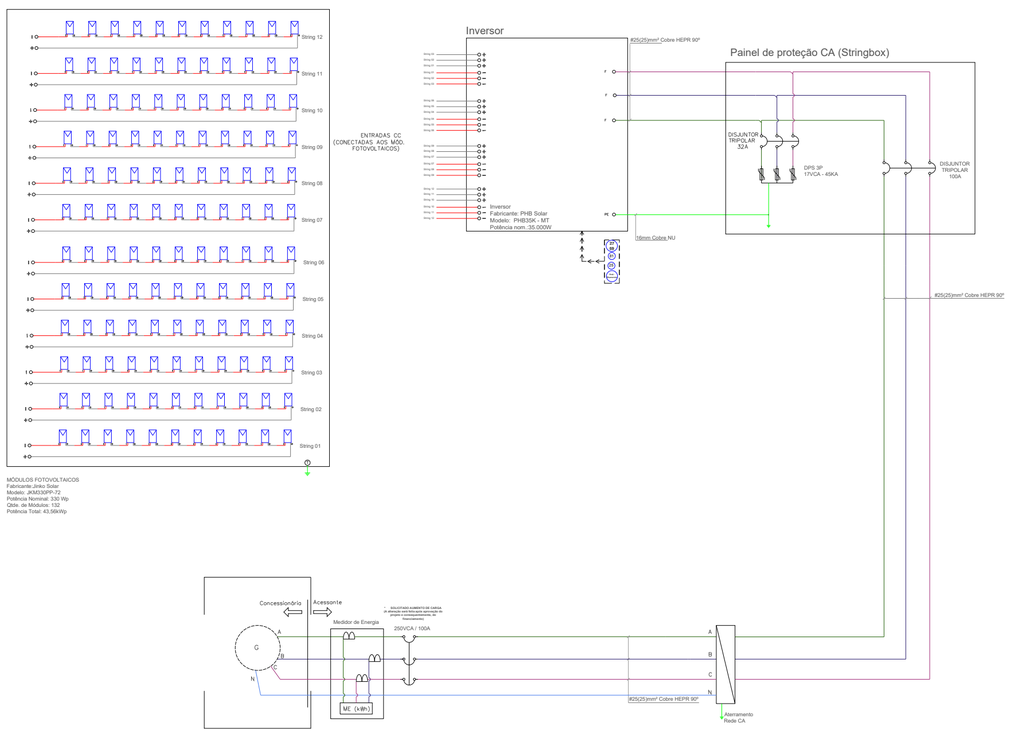


DIAGRAMA MULTIFILAR

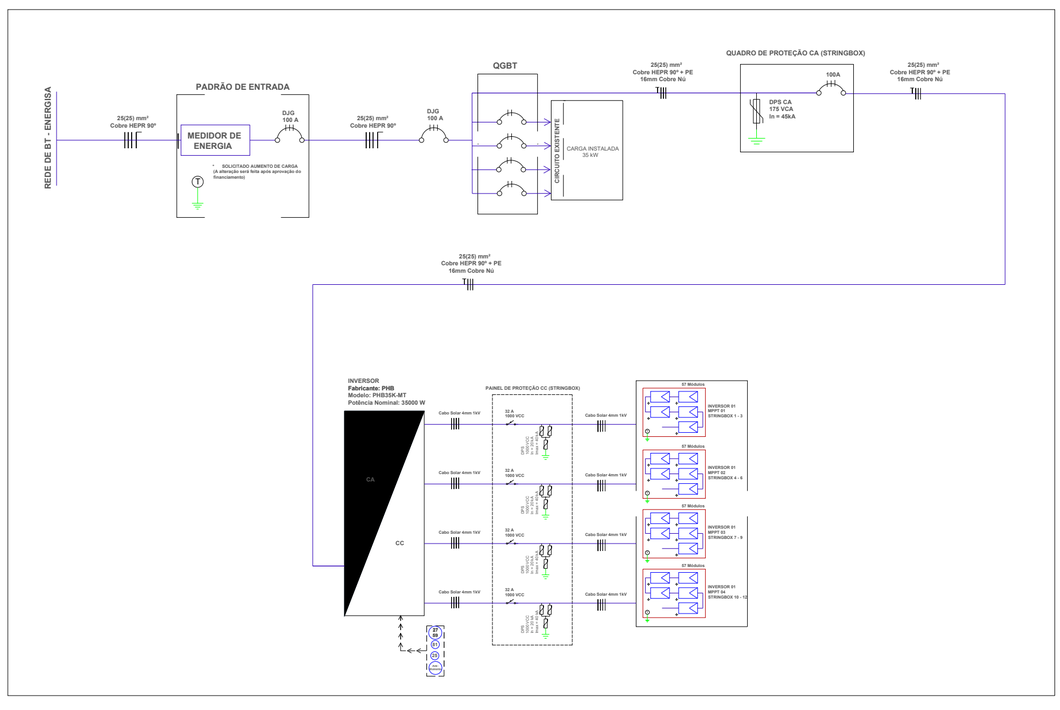
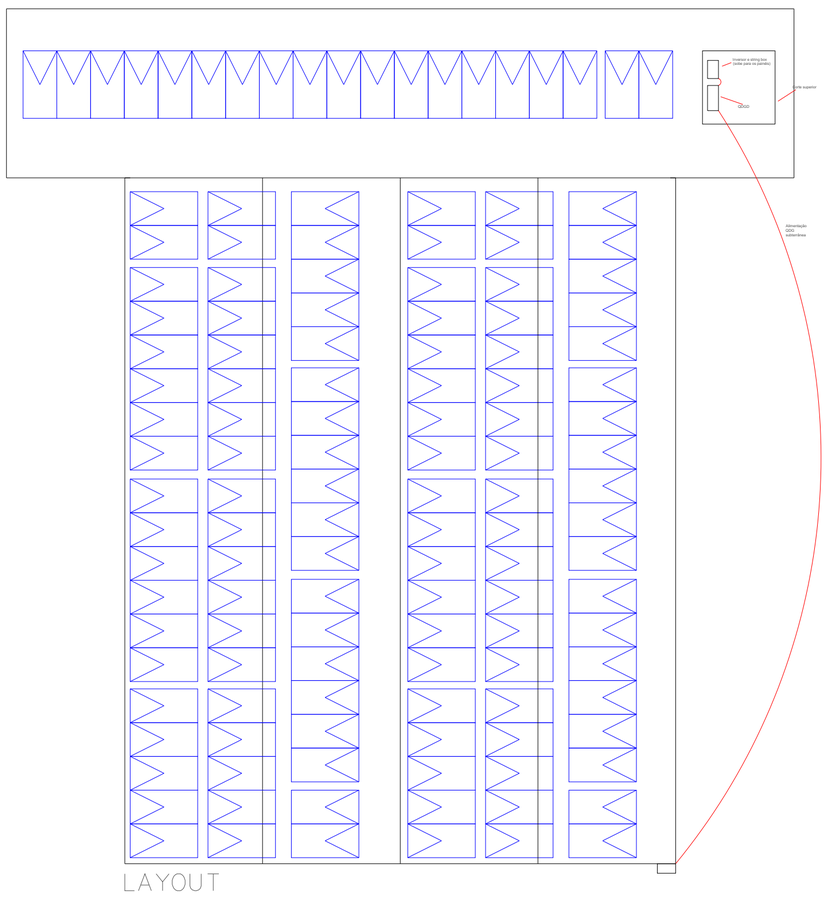


DIAGRAMA UNIFILAR

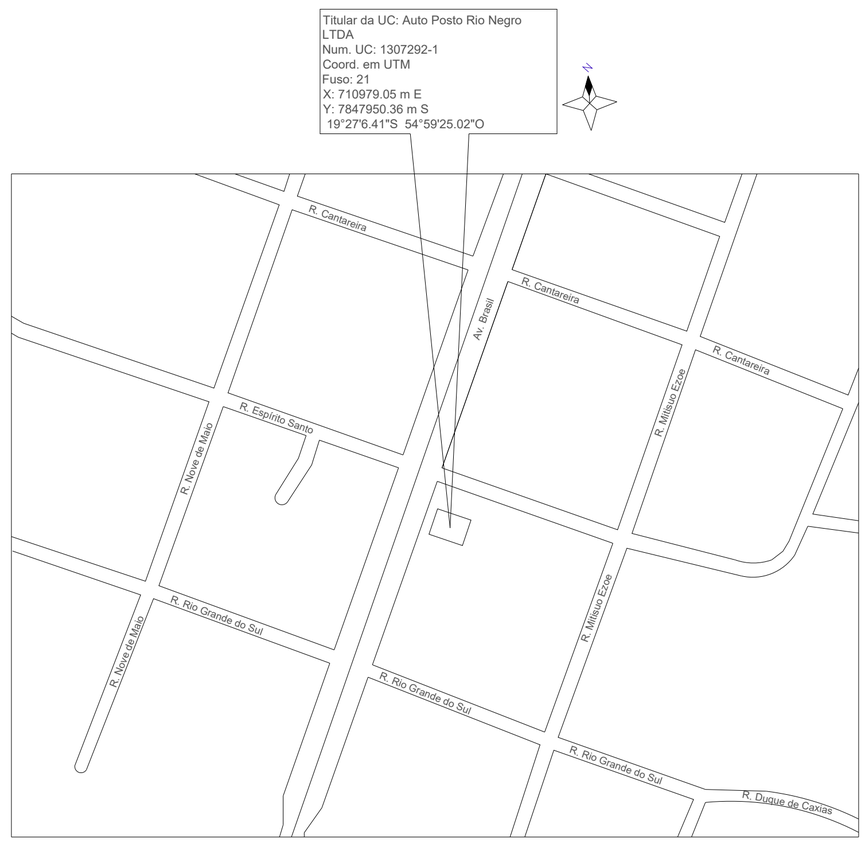
WB Energy

WB ENERGY			
Responsável: Eliton Rockenbach Bemme	RNP - CREA: 1317924070	Folha: 01/01	Prancha: A1
Desenho: Ana Luiza Mussi Brusarosco	Projeto: Eliton Rockenback Bemme	Data: 27/10/2019	Escala: S/E
Assinatura: Eliton Bemme		Coordenadas Geográficas (UTM): X: 727111.78 Y: 7906395.68	
TITULO: Diagrama Multifilar / Diagrama Unifilar / Detalhes Padrão de Entrada e Sinalização Vista Frontal / Vista Lateral / Layout / Planta de Situação		Micro Geração Fotovoltaica Auto Posto Cachoeiras LTDA	

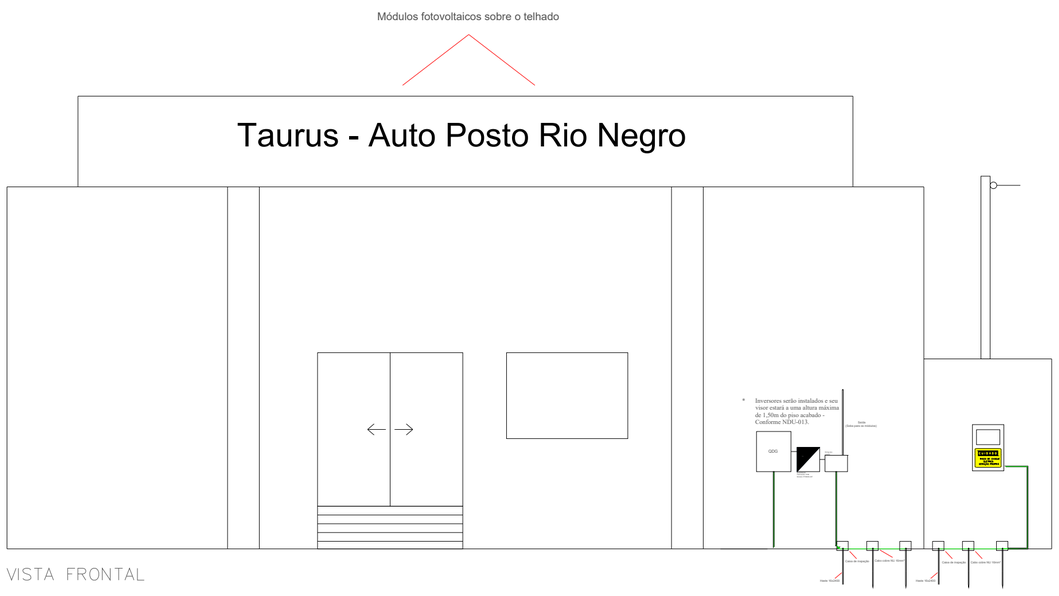
APÊNDICE D – PROJETO DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM RIO NEGRO – MS.



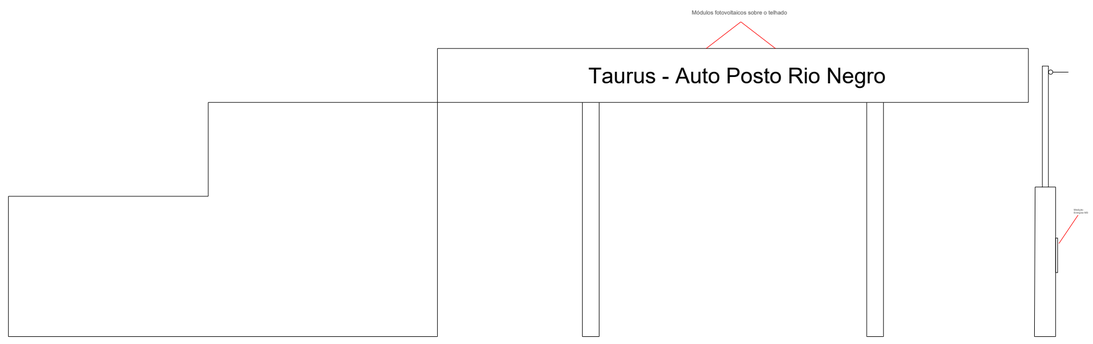
LAYOUT



PLANTA DE SITUAÇÃO



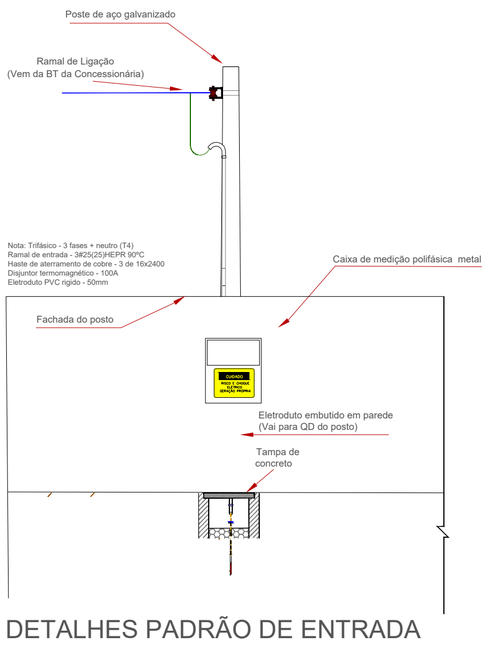
VISTA FRONTAL



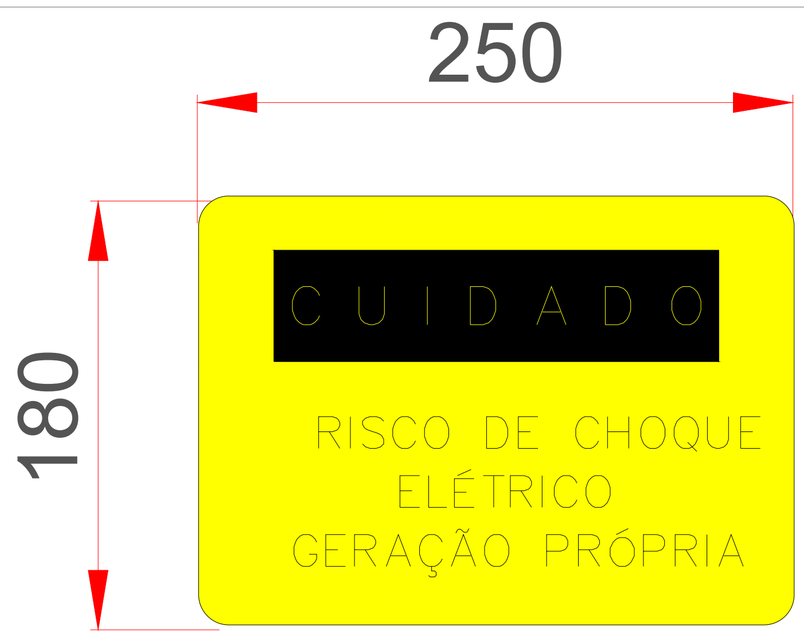
VISTA LATERAL

LEGENDA E ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

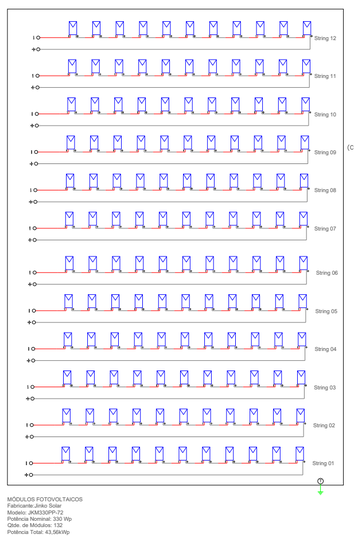
- PLACA SOLAR 0,330 kwP JINKO SOLAR: JKM330PP-72
- DISJUNTOR MONOPOLAR
- DISJUNTOR BIPOLAR
- DISJUNTOR TRIPOLAR
- DPS CA
- INVERSOR CC/CA PHB 35k-MT
- DPS CC



DETALHES PADRÃO DE ENTRADA



DETALHES SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA
(Unidade em mm)



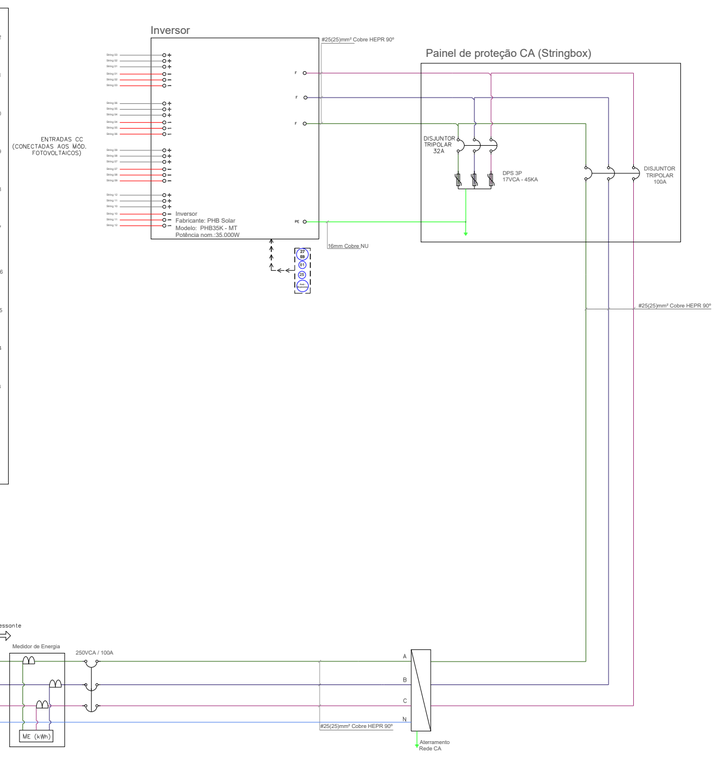


DIAGRAMA MULTIFILAR

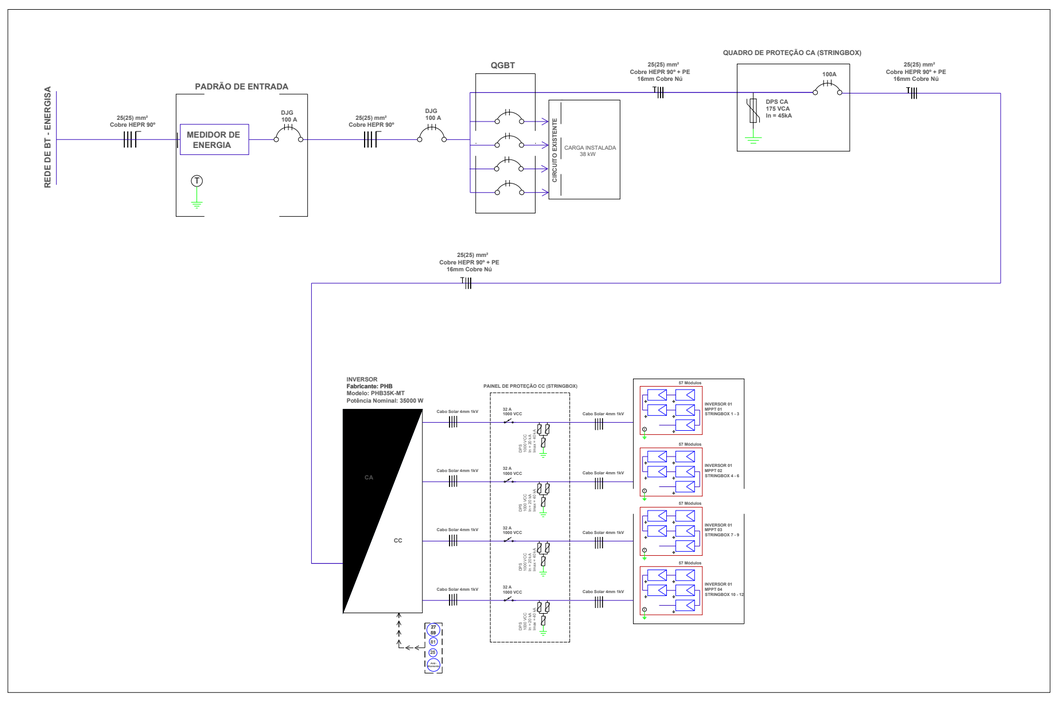


DIAGRAMA UNIFILAR

WB Energy

WB ENERGY			
Responsável: Eliton Rockenbach Bemme	RNP - CREA: 1317924070	Folha: 01/01	Prancha: A1
Desenho: Ana Luiza Mussi Brusarosco	Projeto: Eliton Rockenbach Bemme	Data: 27/10/2019	Escala: S/E
Assinatura: Eliton Bemme		Coordenadas Geográficas (UTM): X: 710979.05 Y: 7847950.36	
TITULO: Diagrama Multifilar / Diagrama Unifilar / Detalhes Padrão de Entrada e Sinalização Vista Frontal / Vista Lateral / Layout / Planta de Situação		Micro Geração Fotovoltaica Auto Posto Rio Negro LTDA	