



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

DANIEL MATIAS

LUCIANO DA SILVA CARDOSO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA SOBRE UM SISTEMA DE
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA**

Tubarão

2023

**DANIEL MATIAS
LUCIANO DA SILVA CARDOSO**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA SOBRE UM SISTEMA DE
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Me. Eng. Jorge Alberto Lewis Esswein Junior.

Tubarão
2023

**DANIEL MATIAS
LUCIANO DA SILVA CARDOSO**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA SOBRE UM SISTEMA DE
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, (23) de (junho) de (2023).

Professor e orientador Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, Me. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Matheus Rosendo Cesconeto, Esp. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Vladmir Mailiote Antunes, Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Queremos agradecer em primeiro lugar, a Deus, por nos conceder esta oportunidade de iniciar, e agora, poder concluir o curso de Engenharia Elétrica.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer a todos os amigos e familiares, que de alguma forma nos apoiaram e incentivaram em todos os momentos de nossas jornadas acadêmicas.

Agradecemos também a todos os professores, que durante todo o período do curso, se esforçaram para que pudessem transmitir o máximo de conhecimento possível, contribuindo assim para o nosso desenvolvimento pessoal e profissional.

“Se alguém te oferecer uma oportunidade incrível, mas você não tem certeza de que consegue fazer diga sim - e depois aprenda como fazer.” (RICHARD BRANSON).

RESUMO

Por muito tempo, a geração de energia elétrica era sinônimo de grandes hidrelétricas e termelétricas, associada a grandes empresas, visto como algo impossível por consumidores residenciais e comerciais, gerar sua própria energia, principalmente de pequeno porte. Contudo os tempos passam, e surgem avanços nas tecnologias. Atualmente é possível e vantajoso ter sua própria geração, em praticamente qualquer parte do mundo, entre ela a mais acessível e crescente no Brasil, temos a energia solar fotovoltaica, que vem ganhando um maior espaço no mercado de geração atual. Observando o número crescente de empresas no ramo, ofertando produtos e serviços com propostas de retorno de investimento em pouco tempo, conhecido como *payback*, surge assim, a necessidade de uma análise real de viabilidade. Deste modo, realizou-se um estudo de análise técnica-econômica de um sistema de geração solar fotovoltaica, a qual se encontra em operação, desde o mês de maio de 2021, dispondo do ciclo de geração anual. Obtendo assim resultados da real viabilidade ao optar-se por investir em um sistema próprio de geração solar fotovoltaica. Demonstrando um novo *payback* com dados reais em sua elaboração, além disso comparando com outras formas de investimento, de modo a obter total transparência. Para esse estudo utilizou-se um sistema de geração solar fotovoltaica, com potência total instalada de 26,52kWp, ao qual está localizada em Pescaria Brava – SC, proporcionando todos os dados necessários para este estudo. Concluindo assim, um novo *payback* de 3 anos e 9 meses, necessário para que o investidor, no sistema de geração solar fotovoltaica, consiga ter o retorno do valor investido inicialmente no sistema, considerando desta forma, um *payback* relativamente curto e vantajoso em relação a durabilidade do sistema de aproximadamente 25 anos.

Palavras-chave: Tecnologia. Geração própria. Viabilidade.

ABSTRACT

For a long time, electricity generation was synonymous with large hydroelectric and thermoelectric plants, associated with large companies, seen as something impossible for residential and commercial consumers to generate their own energy, especially small ones. However, times pass, and advances in technologies appear. Currently, it is possible and advantageous to have your own generation, in practically any part of the world, among which the most accessible and growing in Brazil, we have photovoltaic solar energy, which has been earning more space in the current generation market. Observing the growing number of companies in the field, offering products and services with proposals for return on investment in a short time, better known as payback, the need for a real feasibility analysis arises. In this way, a technical-economic analysis study was carried out of a photovoltaic solar generation system, which has been in operation since May 2021, with an annual generation cycle. Thus obtaining real viability results when choosing to invest in a own photovoltaic solar generation system. Demonstrating a new payback with real data in its preparation, in addition to comparing it with other forms of investment, in order to obtain total transparency. For this study, a photovoltaic solar generation system was used, with a total installed power of 26.52KWp, which is located in Pescaria Brava - SC, providing all the necessary data for this study. In conclusion, a new payback of 3 years and 9 months, necessary for the investor, in the photovoltaic solar generation system, to be able to have the return of the amount initially invested in the system, considering in this way, a relatively short and advantageous payback in relation to system durability of approximately 25 years.

Keywords: Technology. Own generation. Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local do sistema de geração fotovoltaica em estudo.....	20
Figura 2 - Movimento da terra em torno do sol.....	23
Figura 3 - Disposição de uma célula fotovoltaica típica de silício	26
Figura 4 - Sistema de energia fotovoltaica <i>on-grid</i> e seus componentes	27
Figura 5 - Sistema fotovoltaico	29
Figura 6 - Função do inversor de energia.....	32
Figura 7 - Esquema do sistema de compensação de energia.....	33
Figura 8 - Orientação do sol	39
Figura 9 - Sombreamento sobre os módulos fotovoltaicos	40
Figura 10 - Geração hídrica	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo x Estimativa de geração	37
Gráfico 2 - Geração real	38
Gráfico 3 - Estimativa X Geração real	41
Gráfico 4 - Geração normalizada entre sistemas	45
Gráfico 5 – Retorno do investimento no sistema de geração fotovoltaica.	49
Gráfico 6 – Investimento básico em poupança.....	50
Gráfico 7 - Tempo de retorno do investimento	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da unidade consumidora.....	36
Tabela 2 - Informações iniciais do projeto	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre sistemas de geração	46
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.

CA - Corrente Alternada.

CC – Corrente Contínua.

COP - Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas.

CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica.

DPS - Disjuntores de Proteção de Surto.

KW – Quilowatt.

KWh - Quilowatt-hora.

KWp - Quilowatt de Potência de Pico.

MPPT - Rastreamento do Ponto de Máxima Potência.

OFF-GRID - Sistema Isolado da Rede de Distribuição.

ON-GRID - Sistema Conectado à Rede de Distribuição.

PAYBACK - Tempo de Retorno do Investimento.

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	18
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	Objetivos Gerais	19
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.4	DELIMITAÇÕES	19
1.5	METODOLOGIA	20
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2	ENERGIA QUE O SOL FORNECE	22
2.1	SOL	22
2.2	EFEITO FOTOVOLTAICO	23
2.3	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	24
2.4	PAINÉIS SOLARES.....	24
2.5	EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO	26
2.6	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS (<i>OFF-GRID</i>)	27
2.7	BLOCO DE CONDICIONAMENTO COMPOSTO PELOS INVERSORES DE FREQUÊNCIA E DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO.....	29
2.7.1	Inversor de Frequência	30
2.7.2	Dispositivos de Proteção	32
3	ANÁLISE DE VIABILIDADE	36
3.1	PREMISSAS DO PROJETO	36
3.1.1	Gráfico de Estimativa de Geração x Consumo real	37
3.2	ANÁLISE DE GERAÇÃO REAL ATRAVÉS DO APLICATIVO SEMS	38
3.3	FATORES QUE AFETAM A GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	39
4	COMPARAÇÃO ENTRE GERAÇÃO ESTIMADA E REAL	41
4.1	ANÁLISE DA GERAÇÃO PROPOSTA INICIALMENTE EM RELAÇÃO A GERAÇÃO REAL DO SISTEMA	41
5	COMPARAÇÃO ENTRE FONTES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	43
5.1	COMPARAÇÃO COM SISTEMA DE GERAÇÃO HÍDRICA	43
5.1.1	Comparação Através do Gráfico	45

5.1.2	Cálculo da Variação de Energia Entre os Sistemas de Geração.....	45
5.1.3	Vantagens e Desvantagens de Cada Sistema de Geração.....	46
6	ANÁLISE FINANCEIRA	48
6.1	PAYBACK DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO EM RELAÇÃO A POUPANÇA	48
6.1.1	Cálculo do <i>Payback</i> do Sistema de Geração Solar Fotovoltaica	48
6.1.2	Cálculo do Investimento em Poupança	49
6.1.3	Comparativo Entre Investimentos Através de Gráfico	51
7	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXO A – Proposta Comercial Apresentada ao Cliente.....	56
	ANEXO B – Histórico do Sistema de Geração Hídrica	66

1 INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica, apesar de estar se popularizando nos últimos anos, está longe de ser uma descoberta nova. Segundo Villalva (2012), “foi descoberta em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel”, que já corresponde há dois séculos, desde o início dos estudos e experimentos sobre os efeitos fotovoltaicos.

Desde então, vem-se aprimorando cada vez mais a tecnologia, deixando a eficiência de 1%, no começo de sua criação, para cerca de 20% atualmente, o que vem chamando atenção, pois já demonstra uma grande vantagem em produzir energia a partir das células fotovoltaicas.

Segundo Villalva (2012), “independentemente de números ou de previsões, é certo que o mundo precisa de uma quantidade muito grande de energia elétrica para sustentar o seu consumo atual e para atender a demanda crescente”.

De acordo com o Instituto de energia da PUC Rio (2020) diversos países atravessam mudanças importantes em sua matriz energética e têm diminuído consideravelmente a utilização de combustíveis fósseis como principal fonte de produção de energia.

Energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia que converte diretamente a energia solar em energia elétrica. De acordo com a (CRESCESB, 2008) “o sol fornece para a atmosfera terrestre cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, correspondente a 10.000 vezes o consumo mundial”, com isso percebe-se que a radiação solar é uma fonte de energia inesgotável. Com esta análise se aprofundou um grande estudo neste segmento. Com o avanço da tecnologia nota-se que tipos diferentes de painéis serão mais eficientes em determinada região devido a sua temperatura de atuação.

Os painéis fotovoltaicos são células compostas de dois tipos diferente de silício que servem para criar cargas positivas e negativas: para a criação de cargas negativas, o silício é combinado com bório; já para as cargas positivas, o silício é combinado com fósforo e obtém-se mais elétrons de silício carregado positivamente do que negativamente e os mesmo são colocados em camadas, estas células agrupadas nesta posição reagem com a radiação solar produzindo energia elétrica.

Um painel é constituído de segmentos de várias células interligadas em série para obter-se uma potência desejada. Estas células conseguem absorver cerca de 80 % da radiação solar, porém apenas 5% a 21% são convertidas em energia elétrica. Segundo o (Portal Energia, 2020), “em estudo mais recente conseguiram chegar a uma eficiência próxima de 50%”, porém ainda sem viabilidade comercial.

Os tipos de painéis de silício mais utilizados comercialmente por sua eficiência são o painel de silício monocristalino e o policristalino. O painel mono cristalino tem de 15% a 21% de eficiência energética e o painel policristalino, 13% a 18 % de eficiência.

Os painéis monocristalino são mais indicados em áreas menores e com menor incidência solar, também são utilizados onde a temperatura é mais amena, obtendo assim uma maior eficiência. Já os painéis policristalinos são menos eficientes, porém são indicados a utilização em ambientes com uma temperatura mais elevada, sendo assim, sua aplicação é indicada em lugares com uma maior radiação solar além de possuírem um menor custo para aquisição.

A temperatura nos painéis é um dos maiores problemas que afeta diretamente na eficiência. Deste modo, quanto maior é a temperatura dos painéis, menor será sua eficiência para produção de energia.

No globo terrestre a maior incidência de irradiação solar fica mais próximo a linha do equador. Com base nisso, conclui-se que os painéis no Brasil devem ficar com uma posição voltada para o norte geográfico, obtendo uma maior incidência de radiação solar.

Conforme as estações do ano, a Terra muda sua inclinação deixando-a mais perto ou mais longe do Sol. Por isso, no Brasil, no inverno dispomos de uma menor incidência solar e no verão uma maior incidência solar, dessa forma cada região deve utilizar um grau de inclinação diferente, para que os painéis tenham maior eficiência independentemente do local.

Assim, deve-se adequar a melhor latitude e a longitude para se obter inclinação desejada, sendo direcionada para a linha do Equador para que o projeto tem um melhor aproveitamento no seu rendimento.

Os painéis transformam a radiação solar em energia elétrica de corrente contínua (CC), e para que se possa ser injetada na rede da concessionária ou diretamente utilizada, deve ser convertida em corrente alternada (CA), com todos os parâmetros necessários, e para fazer este processo, devemos utilizar os inversores.

Os inversores têm como finalidade dar proteção ao sistema e transformar a corrente contínua em corrente alternada, ajustando todos os parâmetros como tensão, corrente e frequência. Assim a energia elétrica é injetada no sistema de distribuição. Os sistemas que são conectados em paralelo com a rede da concessionária são classificados como sistemas *on-grid*, e os sistemas de geração isolados, como *off-grid*.

Para que o inversor comece a operar, é necessário existir uma tensão mínima de entrada, e para sua segurança, é limitada a uma tensão máxima de entrada. Por isso os painéis solares devem ser colocados em série, fazendo com que a corrente se mantenha e a tensão aumente conforme a quantidade de painéis a ser aplicado no sistema. O inversor possui entradas

denominadas de MPPT, com objetivo de regular grandezas elétricas fazendo ajustes em tempo real, garantindo o máximo de eficiência na transformação de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA).

Ao se executar um projeto de produção de energia solar temos que levar em conta todos os sistemas de proteção: começando pelos painéis até o inversor, e do inversor até a rede, e no caso de sistemas *off-grid*, até os bancos de baterias.

Os painéis antigos tinham um baixo nível de proteção, ocasionando sobreaquecimento devido a fatores como o sombreamento, causando a queima dos painéis. Hoje em dia os sistemas de segurança existentes nos inversores efetuam a isolação dos painéis caso necessário, operando apenas dentro das condições de funcionamento estabelecidas.

Para proteção do inversor existem diversos tipos de proteção, como os disjuntores de corrente contínua (CC) e os disjuntores de proteção de surto (DPS), além do próprio inversor possuir suas proteções interna, que seguem as normativas nacionais e internacionais de proteção. Essas proteções existem para que não coloque em risco a integridade das pessoas que estão envolvidas diretamente ou indiretamente com o sistema, e assim, os sistemas de energia solar fotovoltaica se tornaram mais seguros e confiáveis.

A COP 27, realizada em novembro de 2022 teve como tema principal o meio ambiente, trazendo em pauta a produção de energias renováveis, a fim de obter a redução da emissão de dióxido de carbono (CO²), na atmosfera. Objetivando um maior investimento em energias renováveis, que por sua vez seria capaz de diminuir outras formas de geração não renováveis, tais como, as usinas que utilizam petróleo, gás natural, carvão e elementos radioativos como seu principal insumo para sua geração.

Com o aumento contínuo do consumo mundial de energia elétrica, com a diminuição acentuada de recursos fósseis e com uma crise europeia onde afeta todo o sistema de energia, o mundo se viu obrigado a investir ainda mais em produção de energia renováveis. A instalação de painéis fotovoltaicos no país teve um salto durante o ano de 2022. Conforme dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). De janeiro a outubro de 2022, a energia solar cresceu 44,4%, com potência instalada avançando de 13,8 gigawatts (GW) para 20 GW.

Tendo em vista a expansão do mercado de energia fotovoltaica, temos um aumento dos surgimentos de empresas que oferecem serviços de instalação de sistemas fotovoltaicos, propondo retornos expressivos, surgem muitos questionamentos referentes e certa desconfiança das ofertas que prometem um *payback* muitas vezes de 2 a 3 anos.

No geral, dispomos de diversas propostas de instalação de sistemas fotovoltaicos feitas por empresas do ramo, vemos que seu *payback* possui uma média de tempo curta em relação ao *payback* real. Por isso, é importante sempre analisar a viabilidade dos investimentos, assim como contratempos, gastos futuros e imprevistos.

Com base neste assunto, iniciasse um estudo científico, baseado em um orçamento e instalações feitas por uma empresa especializada em sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, com intuito da obtenção de uma comparação da quantidade estimada de geração ofertada, contra a geração real do sistema após sua instalação. Proporcionando assim um *payback* real, retirando as dúvidas da real viabilidade de um sistema de geração solar fotovoltaica.

Para este estudo, utilizou-se uma proposta de orçamento real, onde foi investido um valor de R\$90 mil para a realização da implantação do sistema de geração fotovoltaica, a qual está em plena operação, obtendo os dados necessário no período de dois anos, passando pelas quatro estações do ano. Buscando obter todas as informações necessárias para atingir uma precisa análise de viabilidade técnica-econômica, e assim, a confiança do investidor a optar por obter um sistema de geração fotovoltaica.

1.1 JUSTIFICATIVA

Há controvérsias e discussões com relação a viabilidade do investimento na geração própria. Vivemos uma expansão da tecnologia, novas empresas no ramo de energia fotovoltaica surgem, e ofertas de projetos com retornos em poucos anos vem acompanhando.

Pessoas com receio de serem enganadas por propostas de retorno de investimento exageradas, ou até mesmo por falta de conhecimento do assunto, tendo uma maior dificuldade em decidir se é um bom investimento ou não.

Contudo, vemos a necessidade de mostrar a real viabilidade do que é ofertado no início da proposta comercial. Além disso, comparando com outras formas de investimento para que se demonstre a melhor opção de investimento.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Obter a real viabilidade técnica e econômica ao se optar por investir em um sistema de geração solar fotovoltaica para o grupo B, comparado a outras opções de investimento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo geral, analisar e demonstrar a viabilidade de implantação de um sistema de geração fotovoltaica próprio, observando-se assim a viabilidade real com a esperada de um projeto em plena operação.

Da mesma forma, temos o propósito de comparar com outras possíveis formas de investimentos, proporcionando assim uma visão ampla no ramo, obtendo de modo transparente a melhor escolha.

1.3.2 Objetivos Específicos

Objetivos específicos que serão analisados nesse trabalho;

- a) Analisar o projeto como um todo e materiais que foram utilizados.
- b) Analisar a proposta de geração inicial com a geração real através do aplicativo (SEMS) de monitoramento.
- c) Comparar a viabilidade do sistema fotovoltaico com outra opção de sistema de geração de energia renovável.
- d) Definir novo *payback* relacionado ao capital aplicado em poupança.

1.4 DELIMITAÇÕES

Este estudo está delimitado a uma central de geração solar fotovoltaica localizado em Pescaria Brava, Santa Catarina, conforme figura 1. Seu monitoramento é realizado através do aplicativo (SEMS), possuindo um gerenciamento de 24 horas.

Além disso, o estudo está contido a um certo período, contabilizado de maio de 2021, até abril de 2023, obtendo toda a incidência solar no ciclo de geração anual, com todas as estações do ano, dispondo de um período real de geração necessário para a análise em específico.

Figura 1 - Local do sistema de geração fotovoltaica em estudo



Fonte: Solar Inove (2021)

1.5 METODOLOGIA

Devidos aos estudos e conhecimentos adquiridos ao longo da jornada acadêmica, se iniciou uma pesquisa sobre o tema. Com base neste conhecimento, fez-se um estudo de viabilidade sobre um sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

Os objetivos tiveram caráter exploratório, onde tivemos os resultados de viabilidade técnica e econômica do sistema instalado, fazendo que os consumidores tenham uma segurança nas informações passada na pré e pós-venda, analisando os resultados obtidos com os estudos no caso, empregou-se método de cálculo real e dedutivo. Com essas informações chegamos à conclusão no contexto.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 – Introdução. Apresentamos uma introdução sobre o tema e a proposta do trabalho.

Capítulo 2 – Energia que o sol fornece. Realizada uma revisão bibliográfica do sistema de geração solar fotovoltaico.

Capítulo 3 – Análise de viabilidade. Inicia-se com a coleta de dados realizado através do aplicativo de monitoramento SEMS, juntamente com a proposta comercial apresentada na pré-venda.

Capítulo 4 – Comparação entre geração estimada e real. Neste capítulo é comparada a geração estimada no início do projeto contra a geração real, obtendo a veracidade do projeto.

Capítulo 5 – Comparação entre fontes de geração distribuída. É desenvolvida uma comparação com outro potencial de investimento, sendo este investimento um sistema de geração hídrica, correspondente a um investimento no mesmo ramo.

Capítulo 6 – Análise financeira. É obtido um novo índice de retorno de investimento com base na real produção, correlacionado ao investimento em poupança.

Capítulo 7 – Conclusão. Discussão dos resultados e conclusão.

2 ENERGIA QUE O SOL FORNECE

Por muito tempo um método de aproveitamento da energia solar vem sendo pesquisado. Sendo assim, entende-se que uma matriz energética interessante para ser contextualizada nesse é a energia que o Sol fornece.

Habitualmente denominado apenas como “energia solar”, o aproveitamento da energia emitida pelo Sol consiste na conversão dela em energia térmica ou, por meio do efeito fotovoltaico, diretamente em energia elétrica (PEREIRA et al., 2017).

Ainda de acordo com Pereira et al. (2017), as aplicações térmicas da energia solar para temperaturas abaixo de 100 °C são diversas (secagem, controle térmico de ambientes, processos que usam água aquecida e outros), sendo o aquecimento de água para uso doméstico o mais difundido atualmente.

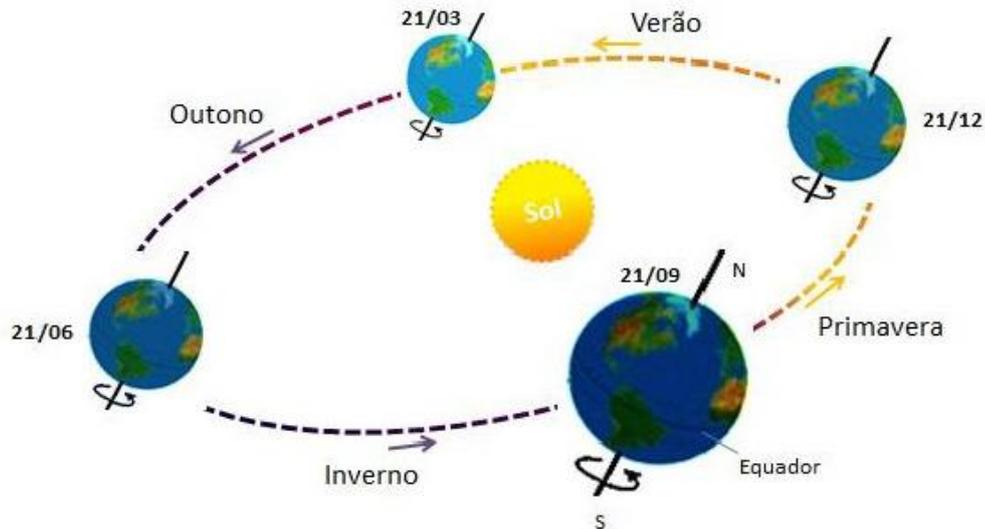
Para temperaturas mais elevadas, existem aplicações em processos industriais que demandam vapor, refrigeração, fornos, geração heliotérmica - termoelétrica a partir da energia solar, podendo ser com uso de coletores solares de concentração linear ou bidimensional, entre outras (PEREIRA et al., 2017).

2.1 SOL

O Sol é uma fonte inesgotável de energia, estando a uma distância aproximada $1,5 \times 10^8$ Km da Terra, com uma produção de energia que chega a $3,8 \times 10^{20}$ MW de potência ao seu redor e sobre a terra irradia cerca de $1,7 \times 10^{17}$ MW de potência em torno ao nosso planeta, mesmo sendo uma pequena fração, estima-se que uma hora e meia desta energia que atinge nosso planeta fosse transformada em energia elétrica, seria equivalente a mais de um ano de consumo (KALOGIROU, 2016).

Sabemos que a cada 24 horas a Terra faz uma rotação completa no próprio eixo, e uma rotação completa em torno do sol em 365,25 dias, levando então um ano, conforme a figura 2. Esse movimento anual da Terra em torno do Sol descreve a trajetória, sendo seu eixo apresentando uma inclinação aproximada de 23,45 graus. Tendo a sua trajetória com algumas variações conforme sua inclinação. Estudos confirmam qual a melhor horário do dia e qual a melhor estação do ano para se ter o melhor rendimento de produção de energia. (PINHO E GALDINO, 2014).

Figura 2 - Movimento da terra em torno do sol



Fonte: Pinho e Galdino (2014).

2.2 EFEITO FOTOVOLTAICO

Segundo Villalva (2012), “o efeito fotovoltaico corresponde ao surgimento de tensão e corrente devido a incidência de radiação solar nos materiais presentes nas células fotovoltaicas”. Isto ocorre devido a diferença de matérias ao qual a célula é composta, pois os elétrons são transferidos da banda de valência para a banda de condução neste processo.

A luz solar é formada por fótons, a qual possuem partículas de energia solar, estes fótons contém uma grande quantidade de energia, que são convertidas pelas células fotovoltaicas em energia elétrica.

Na maioria das células fotovoltaicas, possui como seu material mais utilizado para conversão de energia, o silício, por ele conter quatro elétron na sua última camada eletrônica, sendo ela tetravalente, isso gera uma maior eficiência na sua conversão de energia solar para energia elétrica.

Conforme a combinação dos materiais presentes nas células fotovoltaicas, podemos alcançar uma tensão de até 3eV (elétron volt) por célula. Estas células são ligadas em séries, de modo a obter a tensão necessária para atender as características do inversor. No decorrer do tempo e dos estudos realizados sobre os materiais utilizados nos módulos fotovoltaicos, se obtém um maior índice de eficiência na conversão de energia solar para energia elétrica.

2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica compõe grande parcela das instalações de geração de energia conectadas ao SIN (Sistema Interligado Nacional). Nos últimos anos, percebe-se um aumento de 9,85 GW em 2022, totalizando 24 GW no total de potência instalada, 11,20% da matriz energética brasileira (ABSOLAR, 2023). O potencial “fotovoltaico” da energia solar, citado anteriormente, tem como base de geração de energia elétrica os denominados “geradores fotovoltaicos” que, de acordo com Zilles et al. (2012), são dispositivos que utilizam o efeito fotovoltaico para converter energia solar em energia elétrica, tendo a célula fotovoltaica como unidade básica para sua formação.

Um sistema fotovoltaico é composto por um bloco gerador, um bloco de condicionamento e potência e um bloco de armazenamento. O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituídos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, juntamente com o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte. O bloco de condicionamento de potência pode ter conversores c.c.-c.c., seguidor de ponto de potência máxima (SPPM) e inversores, controladores de carga (se houver armazenamento) e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle. Finalmente, o bloco de armazenamento é constituído por acumuladores elétricos (baterias) e/ou outras formas de armazenamento (PINHO; GALDINO, 2014, p. 144).

Um módulo fotovoltaico é composto de células fotovoltaicas que se conectam a sistemas que produzem tensão e correntes de energia enquanto protegem as células. As células são conectadas em série, de forma que sejam somadas suas tensões, tais células são extremamente frágeis e precisam ser protegidas por placas (PINHO; GALDINO, 2014).

Por sua vez, as células variam de temperatura de acordo com a radiação que incide sobre elas e a variação de temperatura do ambiente em que estão; conforme a célula aumenta a temperatura, a tensão produzida por ela diminui, porém, isso depende da tecnologia empregada na célula (PINHO; GALDINO, 2014). Informações importantes a respeito das células serão tratadas a seguir.

2.4 PAINÉIS SOLARES

Um painel solar compõe-se de células com uma camada fina do material tipo N e uma maior do material tipo P. Que quando unidas (P-N), geram um campo elétrico devido à interação do silício tipo N com os vazios da estrutura do silício tipo P.

As células são compostas de dois tipos diferente de silício que servem para criar cargas positivas e cargas negativas: para se criar cargas negativas, o silício é combinado com bório; e para se criar cargas positivas, combina-se com fósforo. Dessa forma, obtém-se mais elétrons de silício carregado positivamente do que negativamente e os mesmo são colocados em camadas. Estas células agrupadas nesta posição reage a radiação solar produzindo energia elétrica. São segmento de várias células, interligadas em serie entre si para se obter uma potência desejada, estas células conseguem absorver cerca de 80 % da radiação solar, porém apenas 5% a 21% são convertidas em energia elétrica. (PORTAL ENERGIA, 2020).

Uma célula fotovoltaica é fabricada com materiais semicondutores, segundo Zilles et al. (2012), é um componente do módulo fotovoltaico, construído para aproveitar o efeito fotovoltaico para a produção de energia elétrica. A associação das células é feita de modo a atingir as características elétricas desejadas dos módulos. Podem ser fabricadas com diferentes elementos, sendo as mais utilizadas as de silício.

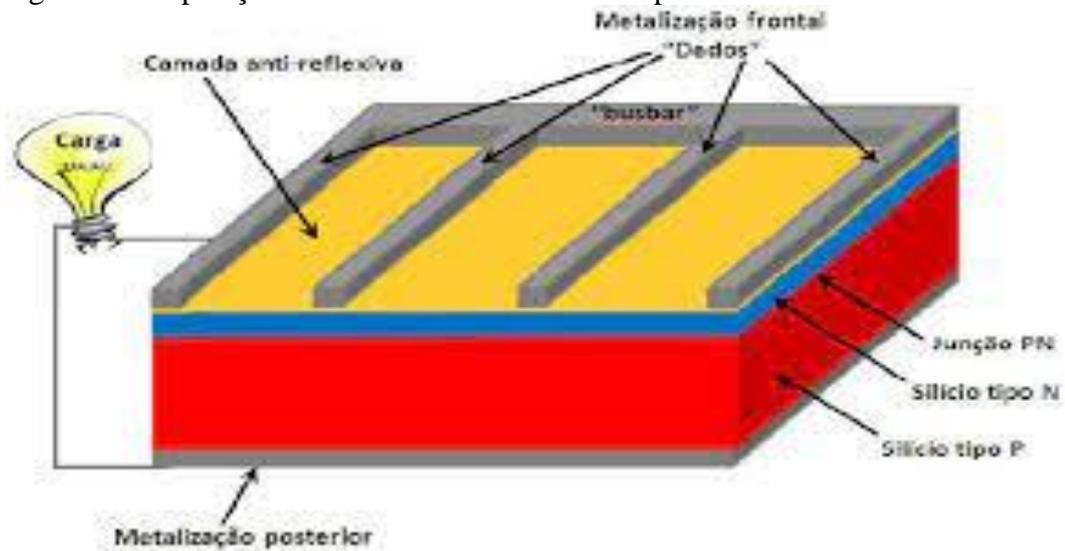
A célula de silício monocristalino (m-Si) é obtida a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino, que são produzidas em fornos especiais. As barras de silício são cortadas em forma de pastilhas finas (em torno de 0,4 a 0,5 mm de espessura) e apresentam um rendimento elevado, chegando a ter rendimento superior a 20%. O tipo mais popular é a célula de silício policristalino (p-Si). Apresentando eficiência em torno de 13 a 15%, é produzida de uma forma diferente da m-Si. Nesse modelo, o silício é aquecido a uma temperatura de 1500°C, depois resfriado a uma temperatura de 800°C. (PINHO; GALDINO, 2014).

Durante o resfriamento, formam-se vários cristais de silício. São criados blocos, que posteriormente são cortados em lâminas, com as quais são fabricadas as células fotovoltaicas. O módulo serve também para proteger as células, após serem encapsuladas em placas rígidas ou flexíveis, dependendo da célula utilizada. Algumas recebem uma ou mais camadas de vidro temperado para proteção mecânica e intempéries, podendo ter ainda uma moldura de alumínio, que serve para facilitar a instalação. No caso das células sem moldura, existem aplicações na construção civil, são usadas em fachadas, parte de uma construção, ou revestimentos, em telhas de cerâmica por exemplo (PINHO; GALDINO, 2014).

Na prática, as células fotovoltaicas são agrupadas em associações série e paralelo para produzir corrente e tensão adequadas às aplicações elétricas a que se destinam. Uma vez tendo a configuração desejada (número de células conectadas em série e/ou paralelo), o conjunto é encapsulado para constituir um módulo fotovoltaico, conforme a figura 3. Os tipos de painéis de silício, mas utilizados comercialmente por sua eficiência são o painel de silício mono

cristalino e o policristalino, o painel mono cristalino tem de 15% a 21% de eficiência energética e o painel policristalino tem de 13% a 18 % de eficiência energética. (ZILLES et al., 2012).

Figura 3 - Disposição de uma célula fotovoltaica típica de silício



Fonte: BÜHLER, (2011).

2.5 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO

De acordo com Pinho; Galdino, (2014), existem dois tipos básicos de sistema solar fotovoltaico, os sistemas isolados, ou *off-grid*, e os sistemas Conectados à Rede, ou *on-grid*. Os sistemas isolados são comumente utilizados em locais remotos, de difícil acesso, que não tenham redes da concessionária próximos para alimentar a residência, comuns em casas de campo para bombeio de água.

Já os sistemas conectados à rede são utilizados como complemento à energia elétrica disponível pelas concessionárias na rede de distribuição, classificados como *on-grid*, como mostra a figura 4, são comumente utilizados em centros urbanos em residências e comércios. A única diferença entre esses dois sistemas, quando se fala em equipamentos, é que o sistema *off-grid* tem um controlador de carga e um conjunto de baterias. Os equipamentos são divididos em bloco gerador, bloco de condicionamento e bloco de armazenamento. (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 4 - Sistema de energia fotovoltaica *on-grid* e seus componentes



Fonte: Souza (2016).

O Bloco Gerador apresenta três componentes os painéis solares que é o responsável pela conversão da energia solar em energia elétrica. Estruturas de suporte, são materiais resistentes e projetados para suportar o peso dos painéis e fazer a fixação dos mesmos no telhado ou no chão. Cabos são os responsáveis pela interconexão dos componentes como um todo, devem ser dimensionados para suportar as correntes produzidas pelo módulo de painéis solares. Existem os cabos do lado CC (Painéis – Inversor) e os cabos do lado CA (Inversor – QDG) (ECYCLE, 2018).

2.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS (*OFF-GRID*)

São sistemas que dispensam o uso da rede elétrica convencional para operar, sendo mais usual em áreas de difícil acesso, onde não há abastecimento de energia elétrica pela distribuidora local. Pode ser usado na iluminação pública, sinalização de estradas, carregamento de baterias e pequenos aparelhos portáteis (VILLALVA, 2015). Em geral “os sistemas isolados necessitam de acumuladores de energia para desunir o horário de consumo do horário de geração” (PINHO; GALDINO, 2014, p. 258).

Acrescenta-se que um sistema autônomo, conforme visto em Sowmy (2017), os sistemas não conectados à rede ou isolados dependem exclusivamente da geração de energia a partir da conversão fotovoltaica para atender à demanda da edificação, sendo necessário a utilização de armazenadores (baterias) para que esse sistema possa operar sem interrupções e, assim,

conseguir suprir a demanda de energia elétrica para a edificação em momentos onde não haja (ou esta seja reduzida) disponibilidade de sol.

Durante o dia a produção de energia é armazenada em baterias. Em consequência por não ser ligado à rede, não se pode usar mais energia contínua do que é fornecido pelos painéis. O sistema não conectado (autônomo) é composto, geralmente, por uma placa ou um conjunto de placas fotovoltaicas, um controlador de carga e uma bateria e, conforme a aplicação, um inversor de tensão contínua para tensão alternada (PINHO; GALDINO, 2014).

2.6.1 Sistemas Fotovoltaicos Híbridos

Os sistemas fotovoltaicos híbridos têm como característica o uso de outro sistema de geração de energia que trabalham em conjunto, que pode ser fotovoltaico combinado com um motor gerador a combustível (diesel, gás) ou aerogerador (placa fotovoltaica com um sistema eólico). Quando há acumuladores de energia sua autonomia geralmente não passa de um dia, os sistemas híbridos solares fotovoltaicos dependem muito dos fatores de irradiação solar e velocidade média do vento no local de instalação. Em alguns lugares do Brasil a implantação do sistema seria inviável, sendo mais usual em áreas litorâneas. (SOUZA, 2016).

2.6.2 Sistemas Conectados à Rede (*on-grid*)

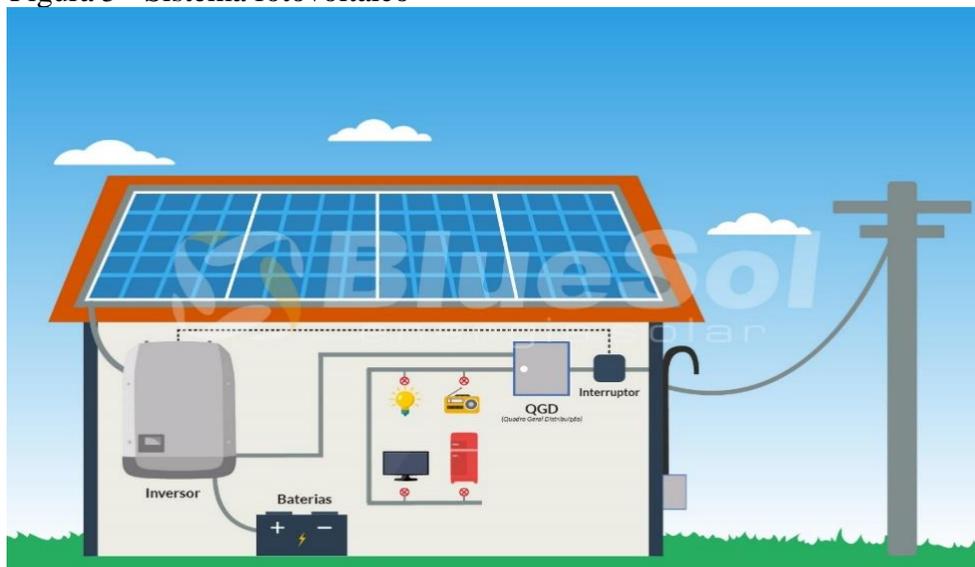
O principal objetivo desse sistema é gerar eletricidade para o próprio consumo, reduzindo o uso e a dependência de eletricidade da distribuidora local. A geração solar e a rede elétrica abastecem simultaneamente a carga, caso a demanda de energia seja superior a geração, a diferença de energia é suprida de imediato pela distribuidora, por outro lado, se a geração for superior a demanda da carga, a energia excedente será injetada diretamente na rede, assim, a unidade consumidora passa a ter um crédito em quantidade de energia que poderá ser usada em outra unidade consumidora (PINHO; GALDINO, 2014).

Diferentemente dos sistemas isolados (não conectados), os sistemas conectados à rede oferecem a vantagem de não necessitar de armazenadores (baterias), pois caso a geração de energia proveniente do sol seja insuficiente para suprir a demanda necessária para atendimento do imóvel, esta pode ser atendida pela rede local de distribuição de energia. Outro aspecto desse sistema é a possibilidade de transmitir a energia excedente para a rede local de distribuição de energia, ou seja, aquela energia que é gerada pelo sistema fotovoltaico e não é utilizada pelo

imóvel, onde este sistema está instalado, é direcionada para a rede de distribuição de energia da concessionária (SOWMY, 2017).

A geração solar fotovoltaica simplificada é o uso da energia solar para geração de energia elétrica via efeito fotovoltaico. Esse efeito é explorado pelo meio dos conhecidos painéis fotovoltaicos, que são compostos por diversas células fotovoltaicas, que fazem o papel de conversor, transformando a energia solar para a energia elétrica, como demonstrado na figura 5. (MARANGONI, 2012).

Figura 5 - Sistema fotovoltaico



Fonte: (BLUESOL, 2016).

A instalação dos painéis é realizada por empresas nomeadas como integradoras solares. São essas empresas as responsáveis pelo projeto do sistema fotovoltaico, que inclui o dimensionamento de todos os componentes de geração e de segurança, o contato com a concessionária de energia elétrica referente ao cadastro do sistema, aprovação do mesmo pela concessionária, instalação dos equipamentos na residência do consumidor e posterior ajustes requisitados pela concessionária do sistema de energia após a verificação final. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.7 BLOCO DE CONDICIONAMENTO COMPOSTO PELOS INVERSORES DE FREQUÊNCIA E DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO

De acordo com Dugan *et al.*, (2004) o Inversor é considerado o “cérebro” de todo o sistema solar, sendo o responsável pela conversão da corrente contínua, que é gerada pelos

painéis, para corrente alternada, injetada no Quadro de Distribuição Geral da UC (Unidade Consumidora). Além dessa conversão da corrente, o inversor faz também a sincronização da energia gerada com a energia distribuída pelas concessionárias, que deverá obedecer a parâmetros pré-estabelecidos pela própria. Existem ainda, os micros inversores, que são inversores de menor tamanho que funcionam acoplados a cada um dos painéis solares, ao contrário do inversor geral, que atende o conjunto inteiro.

2.7.1 Inversor de Frequência

O inversor de frequência é um equipamento eletrônico capaz de transformar um sinal contínuo em um sinal alternado. É bastante utilizado no acionamento de motores de indução, pois permite um bom ajuste sobre a amplitude de tensão e frequência de alimentação do motor, visando o controle de sua velocidade e torque mecânico.

Conforme a definição do *Institute of Electrical and Electronic Engineers* - IEEE, mais precisamente a IEEE 929-2000, os inversores são equipamentos que convertem corrente contínua - CC em corrente alternada – CA, que é uma característica necessária para aproveitar a energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos - SFV para os padrões de energia elétrica existentes na rede de distribuição das concessionárias para que o SFV seja conectado diretamente à rede de energia (DUGAN *et al.*, 2004).

Um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCCR) pode ser definido como um conjunto de equipamentos que permitem transformar energia solar em energia elétrica e trocar essa energia com a rede elétrica de alta ou baixa tensão, dependendo da aplicação.

Marangoni, (2012), em princípio, a saída deve ser independente de: alterações limitadas na tensão (ou corrente) presente no barramento CC; nas cargas alimentadas pela rede CA (situação de operação ilhada) ou na própria rede CA (mudanças na tensão e, em menor escala, na frequência). O inversor deve ser capaz de fornecer uma tensão de qualidade aceitável, ou seja, em conformidade com as normas pertinentes. Quando o inversor estiver conectado a uma rede CA, dado que a tensão é definida pelo sistema, o conversor é responsável pela injeção (ou absorção) de corrente e, conseqüentemente, de potência na rede. O principal papel dos inversores nos sistemas de geração distribuída e de acumuladores de energia é entregar energia elétrica à rede de distribuição em corrente alternada, dentro de padrões de qualidade adequados.

Segundo Macedo (2004), esses sistemas são constituídos basicamente por: Módulo(s) fotovoltaico(s): responsáveis pela captação e transformação de energia solar em energia elétrica CC; Sistema de condicionamento de potência: responsável pela transferência da energia CC

produzida pelo(s) módulo(s) à rede elétrica CA, e pela operação adequada do sistema com a rede elétrica; Rede elétrica: responsável pelo transporte da energia produzida pelo sistema fotovoltaico, e outras fontes aos centros de consumo ou carga, funcionando como uma espécie de sistema de armazenamento com capacidade infinita; carga elétrica: utiliza a energia elétrica produzida pelos geradores, podendo também afetar o funcionamento do SFCR.

Em aplicações monofásicas residenciais e comerciais de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, geralmente é utilizado um inversor em ponte. Em tais sistemas de baixa potência é possível adotar uma topologia de conversor sem isolamento galvânica entre os painéis fotovoltaicos e a rede elétrica da concessionária. A ausência do transformador reduz as perdas de potência, custo e tamanho do conversor. Por outro lado, na ausência da isolamento galvânica, uma grande corrente de fuga pode surgir devido às capacitâncias parasitas presentes no módulo fotovoltaico. Essa corrente de fuga pode causar problemas elétricos (queima de componentes do inversor), problemas de segurança (risco de choque elétrico ao tocar no inversor), aumento da EMI e uma redução na qualidade da energia. (MARANGONI, 2012 p. 29)

Devido à dependência de fatores climáticos como irradiação e temperatura, a geração de eletricidade em um painel fotovoltaico requer um ajuste contínuo de sua carga, a fim de se obter uma impedância cujo valor possibilite que a máxima potência seja extraída do painel. Esse ponto onde a potência fornecida é máxima. Segundo Marangoni (2012), o Ponto de Máxima Potência (*Maximum Power Point - MPP*), é único para cada condição de temperatura e irradiação. Para assegurar que este ponto é rastreado com relação às mudanças climáticas, uma das funções dos conversores eletrônicos conectados ao painel ou arranjo fotovoltaico é buscar este ponto através de algoritmos e técnicas de controle. Muitos métodos de MPPT são mostrados na literatura, dentre eles: método de tensão constante, método de corrente de curto circuito, método de tensão de circuito aberto, perturbação e observação, condutância incremental.

Como o gerador fotovoltaico fornece potência CC em função da radiação solar no plano do gerador (H_t , β) e da temperatura da célula (TC), para otimizar a produção é necessário seguir o Ponto de Máxima Potência (PMP) do gerador fotovoltaico com a maior precisão possível. O inversor é responsável pela conversão da potência CC em CA com Fator de Potência (FP) o mais próximo da unidade e a maior eficiência possível. (MACEDO, 2004)

Um inversor equipado com Modulação por Largura de Pulso (*Pulse-Width Modulation - PWM*) e transformador de alta frequência é frequentemente utilizado, como demonstra a figura 6, tem-se de forma resumida, a função do inversor em um sistema fotovoltaico.

Uma vez que a carga demandada flutua, um pequeno armazenamento (capacitor C) é necessário para balancear essas flutuações, mantendo pequenas as ondulações da tensão CC. Isso se baseia no fato de que em um sistema monofásico ou bifásico a potência instantânea oscila em duas vezes a frequência da linha. A oscilação da potência CA também causa uma

oscilação (*ripple*) de duas vezes a frequência da rede na tensão e na potência do lado CC do gerador fotovoltaico (CALAIS, 1998).

Figura 6 - Função do inversor de energia



Fonte: ENERGÊS (2020).

Como afirma Macêdo (2004), o uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica era, até pouco tempo, influenciado pelas topologias dos inversores utilizados e dos padrões de conexão exigidos pela concessionária local. No entanto, a disseminação dessa aplicação por meio de políticas de incentivos faz com que as particularidades desses sistemas, assim como sua interação com a rede elétrica, possibilitassem uma série de configurações que implicaram em várias formas de controle e conexão com a rede. Em consequência, surgiram várias formas de se computar os fluxos para efeito de faturamento ou não.

Ainda segundo o autor acima citado, na atualidade, a tendência para a utilização da configuração baseada no conceito de *string* implica em uma padronização no que se refere à combinação gerador fotovoltaico mais inversor, principalmente nas aplicações em edificações. No entanto, a conexão e a consequente interação com a rede elétrica dependem também do tratamento dado a essa alternativa de geração de eletricidade, em cada localidade específica.

2.7.2 Dispositivos de Proteção

Dispositivos de Proteção (*string box*), como todo sistema elétrico, os sistemas fotovoltaicos *on-grid* também estão sujeitos a sobrecorrentes, sobretensões e surtos elétricos provocados por raios ou chaveamento de cargas no sistema de distribuição da concessionária de energia. Os sistemas em corrente contínua, e arranjos fotovoltaicos em particular, trazem

riscos além daqueles originados de sistemas de potência convencionais em corrente alternada, incluindo a capacidade de produzir e sustentar arcos elétricos com correntes que não sejam maiores do que as correntes de operação normais. (BERNARDON, 2015).

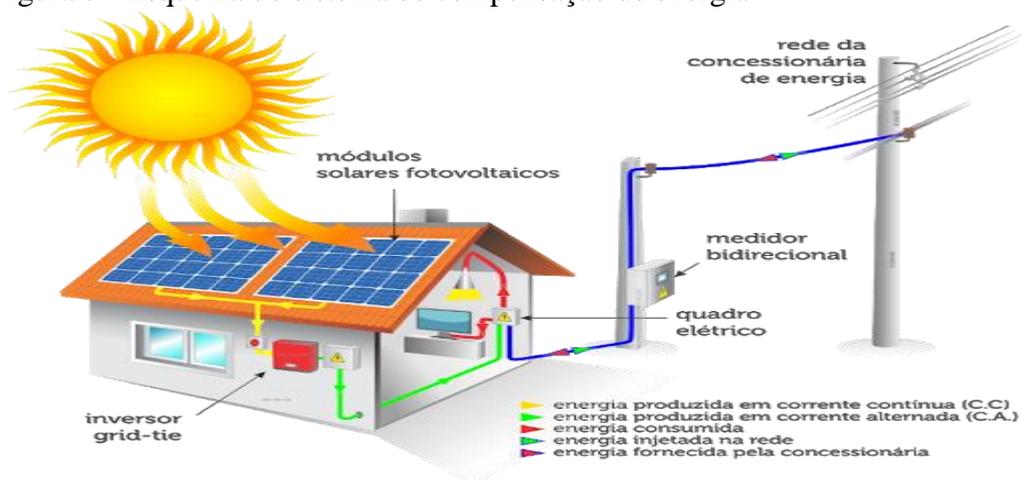
2.7.3 Vantagens do Sistema *On-Grid* em Relação ao Sistema *Off-Grid*

Possui 30% mais eficiência em relação ao sistema *off-grid*; permite a utilização do sistema de créditos. Desvantagens impõe obrigatoriedade de conexão à rede pública de distribuição; não possui sistema de armazenamento. (ENERGÊS, 2020)

Para saber se a instalação de um sistema conectado à rede em seu imóvel ou estabelecimento é opção mais viável, é preciso colocar na balança suas vantagens e desvantagens. Por isso, separamos os principais benefícios (ou não) para você decidir: quando a geração de energia ocorre próxima ao ponto de consumo, dispensando o uso de longas redes, estando conectada à rede local ou à rede de distribuição, usa-se o termo geração distribuída (BERNARDON, 2015).

Conforme a figura 7, podemos observar um sistema de geração fotovoltaica *on-grid*, onde possui um sistema de compensação pela rede de distribuição da concessionária.

Figura 7 - Esquema do sistema de compensação de energia



Fonte: ENERGÊS, (2020).

Em 2004, através do Decreto Lei nº 5.163, o termo “geração distribuída” foi incluído na legislação brasileira e em 2012, na Resolução Normativa nº 482 da ANEEL o processo de geração distribuída (GD) foi regulamentado no setor elétrico.

Os sistemas fotovoltaicos são amplamente utilizados em geração distribuída, por causa da baixa complexidade de instalação e dimensão reduzida de componentes, se comparado a

outras fontes. Os sistemas fotovoltaicos autônomos ou isolados são aqueles que estão apenas conectados à rede local do consumo, com independência da distribuidora. Como a geração ocorre apenas durante o dia, algumas ações precisam ser tomadas para garantir eletricidade durante a noite, como por exemplo, o uso de baterias (URBANETZ JUNIOR, 2010).

A grande maioria dos sistemas fotovoltaicos de geração distribuída no Brasil são os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR). Nos SFCR a vantagem é que quando o sistema não está gerando, o suprimento de energia é garantido pela distribuidora e quando a geração é maior que o consumo instantâneo, a energia é injetada na rede de distribuição. Portanto, pode-se dizer que a rede funciona como um sistema de armazenamento do sistema (CEPEL, 2014).

A publicação da REN 482/2012 estabeleceu regras para a permitir a conexão de unidades de geração de energia elétrica ao sistema de distribuição (ANEEL, 2012). Já em 2015, a REN ANEEL 687/2015 torna possível a compensação de energia em outras unidades consumidoras, desde que estas estejam cadastradas como unidade de rateio de energia para aquele ponto de geração e tenham mesma titularidade da geradora (ANEEL, 2015).

No decorrer dos anos foram feitas alterações no texto original desta Resolução e a partir de 2021, entrou em vigência a Resolução Normativa número 1000, que definia as regras para conexão e faturamento de energia em unidades com geração que tiveram seus projetos protocolados na concessionária até seis de janeiro de 2023. (ANEEL, 2021)

Para unidades consumidoras atendidas em baixa tensão, denotadas como grupo B, a distribuidora de energia deve fazer a cobrança relativa ao maior valor entre o custo de disponibilidade e o consumo de energia deduzida a quantidade de energia injetada e o eventual crédito acumulado de ciclos de faturamento anteriores, sendo que o custo de disponibilidade é definido como o equivalente a 30 kWh para unidade com atendimento monofásico, 50kWh para unidades bifásicas e 100 kWh para unidades trifásicas. (ANEEL 2021)

A REN ANEEL 1000/2021 define também que unidades consumidoras atendidas em média tensão em que a soma das potências nominais dos transformadores seja menor ou igual a 112,5 kVA, ou que se encaixem em outras regras estabelecidas na resolução, podem optar pela tarifação imposta ao grupo B. (ANEEL, 2021)

Já para as demais unidades consumidoras do grupo A, o valor faturado é calculado de acordo com a demanda contratada pelo cliente e o montante de energia elétrica ativa medido e cada ciclo de faturamento. (ANEEL, 2021)

Vigente para os projetos protocolados junto às concessionárias a partir do dia sete de janeiro de 2023, a Lei nº 14.300/2022 institui o marco legal do micro e minigeração de energia

(BRASIL, 2022). A Lei nº 14300/2022 traz importantes alterações em relação à normativa anterior, e inclui a cobrança quando ocorre injeção de energia na rede de distribuição da concessionária e é justificável pela necessidade de cobrir gastos relacionados à manutenção da infraestrutura dessas redes.

3 ANÁLISE DE VIABILIDADE

Neste capítulo é analisado e coletado todos os dados necessários para o desenvolvimento do estudo, de modo a compreender desde o início do projeto, com a proposta comercial ofertada ao cliente, até os dias atuais ao qual o sistema está em pleno funcionamento.

3.1 PREMISSAS DO PROJETO

Para ter uma análise de viabilidade técnica econômica, deve-se conhecer a unidade consumidora que foi realizada a instalação, assim também como todas as informações possíveis para a análise. Tais informações iniciais foram obtidas através da proposta comercial, no anexo1, para maiores informações. Apresentada ao cliente pela empresa Solar Inove, localizada em Tubarão, Santa Catarina.

De acordo com a tabela 1, observa-se uma estimativa do consumo anual e mensal em kWh, estimada pela Empresa Solar Inove no início da proposta de implantação do sistema de energia solar fotovoltaica, calculada conforme o seu histórico de consumo.

O histórico de consumo é um dos principais dados a ser considerado no projeto de implantação do sistema, visto que com ele será decidido a potência total a ser instalada, de modo a abater o seu consumo.

Tabela 1 - Dados da unidade consumidora	
Titular da conta:	
Concessionária:	CELESC
Unidade Consumidora:	19437876
Localização:	PESCARIA BRAVA-SC
Classificação:	Trifásico
Consumo Médio	2401 kWh
MENSAL estimado:	
Consumo Médio	28817 kWh
ANUAL estimado:	

Fonte: Solar Inove (2021).

Analisando a tabela 2, obtivemos os materiais utilizados no projeto, como o número de módulos, inversor e suas potências. Verificando a potência total instalada de 26,52kWp, que foi definida de modo a abater o consumo. Assim estimou-se um abatimento da fatura, de até 115%, no início do projeto.

Tabela 2 - Informações iniciais do projeto

Potência instalada:	26,52	kWp
Área necessária para instalação:	156	m ²
Geração de energia MENSAL estimada:	2766,24	kWh
Geração de energia ANUAL estimada:	33194,90	kWh
Número de módulos:	78	un
Potência dos módulos:	340	Wp
Número de Inversores:	1	un
Inversores:	GoodWe GW30K-MT	kW
Abatimento por fatura: Até	115	%

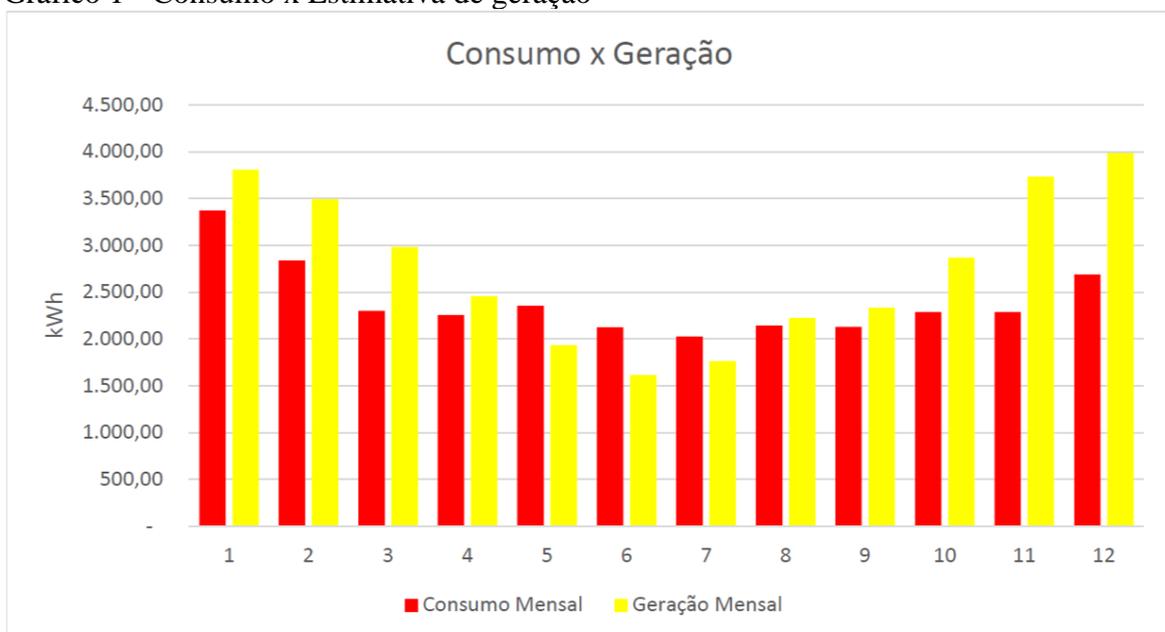
Fonte: Solar Inove (2021).

3.1.1 Gráfico de Estimativa de Geração x Consumo real

De acordo com o gráfico 1, em amarelo, temos a expectativa de geração inicial de acordo com a proposta comercial, e em vermelho temos o consumo real, no período de um ano.

Verificando a expectativa de geração, ao qual demonstra como possivelmente o sistema, em que estava sendo ofertado ao cliente, deve se comportar após sua instalação.

Gráfico 1 - Consumo x Estimativa de geração



Fonte: Proposta comercial (2021).

O gráfico 1 objetiva-se propor o nivelamento do consumo com a geração, conseguindo assim, gerar a quantidade necessária para suprir o consumo, podendo ficar meses em crédito e meses em déficit.

3.2 ANÁLISE DE GERAÇÃO REAL ATRAVÉS DO APLICATIVO SEMS

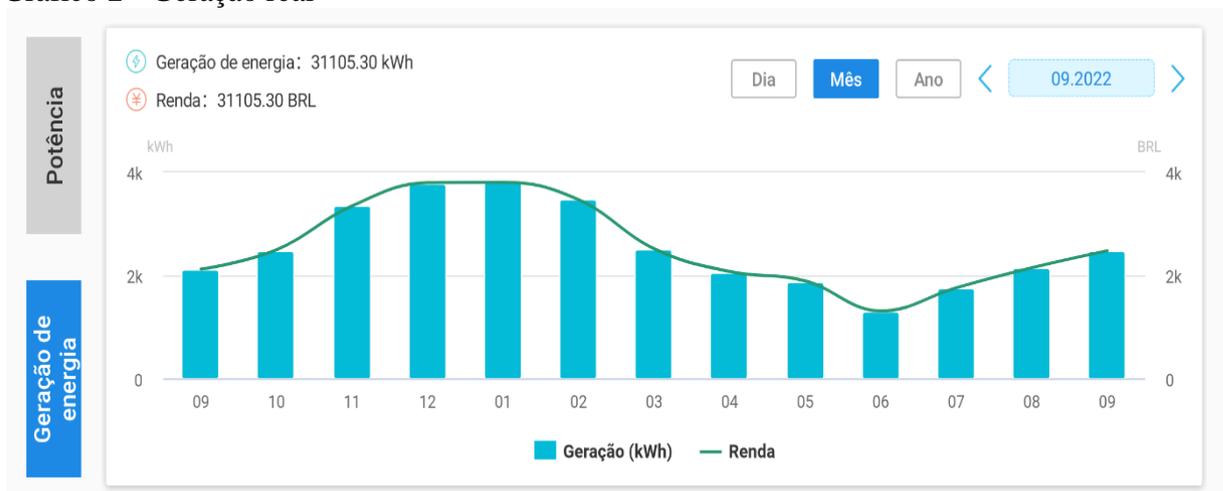
O sistema de coleta de dados, sobre a quantidade gerada é expressamente dado pelo aplicativo *GoodWe SEMS Portal*, oferecido livremente pela *GoodWe Technologies*, seu inversor é conectado à internet, obtendo seu monitoramento via celular ou tablet em qualquer lugar.

O aplicativo tem por objetivo o monitoramento dos inversores e da quantidade de energia gerada, realizando o acompanhamento da geração em tempo real, armazenando todo seu histórico, assim, obtivemos os dados de geração desde o início da implantação do sistema de geração solar fotovoltaico.

Além de monitorar a geração em tempo real, tem-se também o monitoramento de outras grandezas relacionada ao inversor, como tensão e corrente de saída para rede, temperatura interna, tensão e corrente por MPPT, proteções entre outros.

De acordo com a gráfico 2, temos a geração real no determinado período, do mês de setembro de 2021 até setembro de 2022, coletado pelo histórico de geração do aplicativo SEMS, assim como todo os dados de geração atualmente.

Gráfico 2 - Geração real



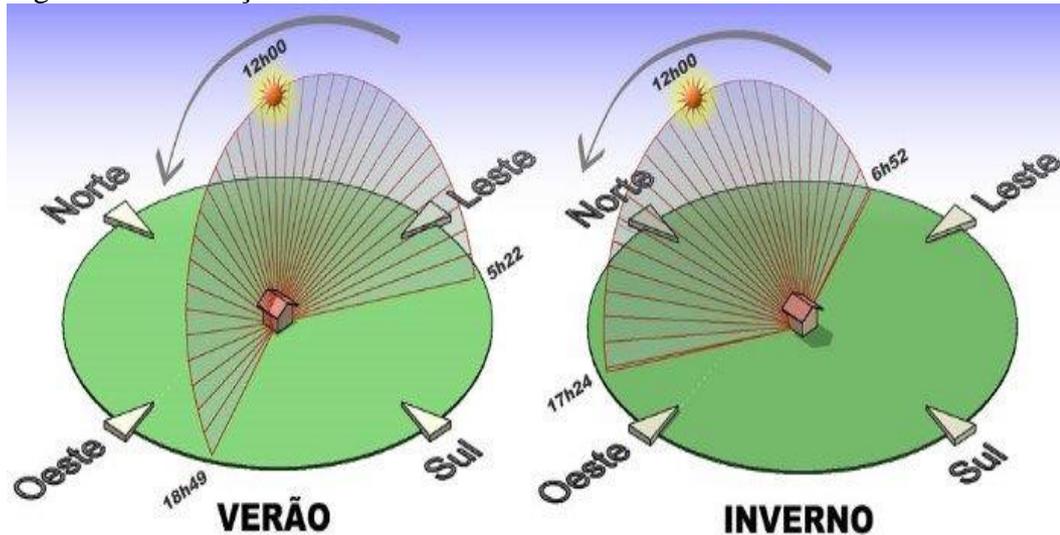
Fonte: Aplicativo SEMS, adaptado pelos autores (2022).

Obtendo então uma ampla visão de um ciclo de geração, observando os períodos de maior e menor geração, a qual já é previsto, principalmente pela variação que temos da angulação dos módulos fotovoltaicos em comparação com a incidência de radiação solar, mais conhecida como azimute.

3.3 FATORES QUE AFETAM A GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Na figura 8, uma explicação didática é apresentada, sobre a inclinação que o Sol se encontra em diferentes estações do ano, sobre um ponto fixo de referência, ao qual seria os módulos fotovoltaicos.

Figura 8 - Orientação do sol



Fonte: Portal energia (2022).

Segundo Villalva (2012), “A melhor maneira de instalar um módulo solar fixo, é orientá-lo com sua face voltada para o norte geográfico”. Essa orientação melhora o aproveitamento da luz solar ao longo do dia, pois durante um maior período, o módulo tem raios solares incidindo sobre sua superfície, com maior incidência ao meio-dia, quando o módulo fica extremamente de frente para o sol, ou seja, com ângulo azimutal zero.

Há ainda um terceiro aspecto, o sombreamento nos módulos fotovoltaicos. Como todo projeto, necessita-se analisar a estrutura de instalação dos módulos a fim de observar se haverá pontos de sombreamento no local onde serão fixados.

Figura 9 - Sombreamento sobre os módulos fotovoltaicos



Autor: Aatoria própria (2023).

Em visita ao local de instalação, verifica-se um ponto de sombreamento na parte posterior da instalação, referente as próprias placas e a construção do local, conforme exibido na figura 9. Este sombreamento causará uma redução na geração e um sobreaquecimento nos módulos, ocasionando a interrupção de uma série de módulos ligados no mesmo MPPT, que por sua vez, é controlada pelo inversor e suas proteções, evitando riscos.

No início do projeto foi identificado que haveria o sombreamento mencionado, porém com a limitação de espaço para a instalação de 78 módulos, optou-se por manter o local de instalação, sendo que este sombreamento ocorre somente depois das 15:20h, onde se tem um menor índice de geração, não afetando expressivamente a produção.

Analisando a instalação, podemos observar que há diversos módulos orientados em direção contrária ao norte, ocasionando perda de eficiência, uma vez que a área provida para a instalação do sistema é limitada, um número maior de módulos é adicionado ao sistema afim de suprir a perda de eficiência de alguns componentes.

Outro ponto importante a ser analisado que influenciam diretamente na eficiência, é as limpezas dos módulos, ao qual no dia da visita, contatou-se um acúmulo de poeira sobre eles, causando assim perda de eficiência. De um modo geral, vemos que as limpezas dos módulos são negligenciadas, não sendo realizadas nos períodos mais adequados.

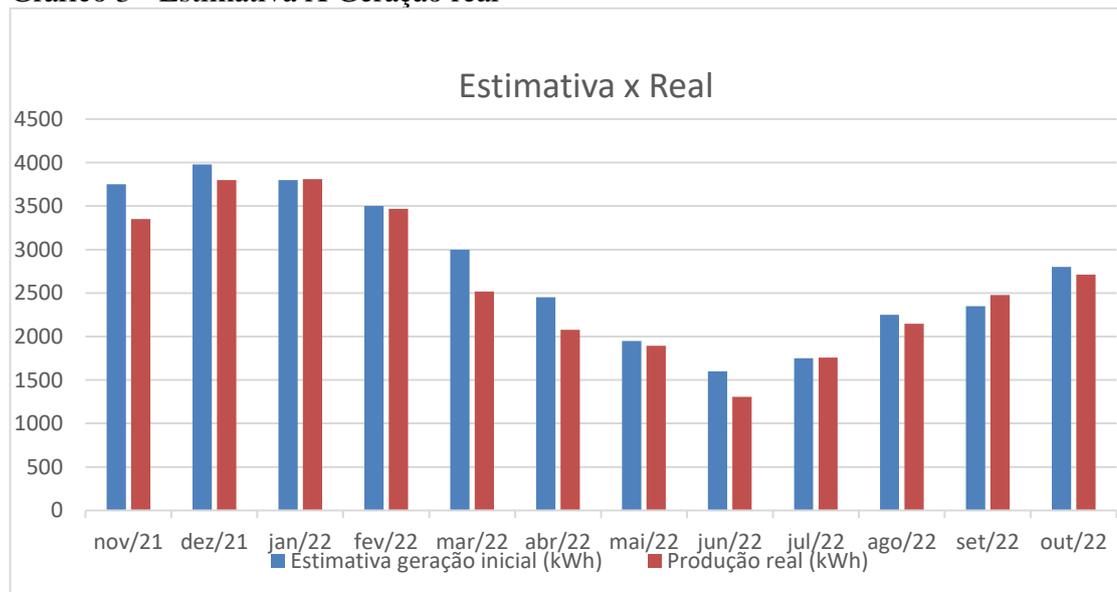
4 COMPARAÇÃO ENTRE GERAÇÃO ESTIMADA E REAL

Este capítulo tem como principal objetivo, analisar a real veracidade das informações apresentadas ao cliente no início do projeto, comparando assim a expectativa de geração demonstrada com a geração real obtida após a aquisição do sistema.

4.1 ANÁLISE DA GERAÇÃO PROPOSTA INICIALMENTE EM RELAÇÃO A GERAÇÃO REAL DO SISTEMA

De acordo com o gráfico 3, podemos compreender de uma forma simplificada lado a lado entre a estimativa de geração, em azul, apresentada no início da proposta comercial, em comparação com a geração real do sistema solar fotovoltaico, em vermelho.

Gráfico 3 - Estimativa X Geração real



Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se, então, que a estimativa de geração proposta no início do projeto em comparação com a geração real obtida através do aplicativo de monitoramento (SEMS), resulta em uma semelhança aceitável.

Tendo seu período de análise do mês de novembro de 2021 ao mês de outubro de 2022, ao qual o período corresponde a um ano da estimativa junto a proposta comercial, presente para mais detalhe junto ao anexo A.

Para compreender melhor a diferença entre a geração estimada com a geração real, obtém-se o percentual de variação através da equação 1, e, assim, um valor mais preciso.

$$\Delta G = \left(\left(\frac{\Sigma Ge}{\Sigma Gr} \right) - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

$$\Delta G = \left(\left(\frac{33180}{31319,5} \right) - 1 \right) \times 100$$

$$\Delta G = 5,94\%$$

Onde:

ΣGe = Somatório da geração estimada no devido período (kWh)

ΣGr = Somatório da geração real no devido período (kWh)

ΔG = Variação da geração esperada em relação a real (%)

Dispõe-se do valor da variação em porcentagem equivalente a 5,94%, havendo uma estimativa de geração acima da real. Entretanto, como o valor percentual é baixo e tolerável dentro da margem de erro, considerando uma estimativa inicial correspondente.

À outras considerações a serem analisadas, como tempo de limpeza recomendado dos módulos fotovoltaicos e inclinação inapropriado, como visto anteriormente na figura 2, que contribuem para um baixo rendimento.

Relacionando a geração proposta inicialmente, contra a geração real, a qual o investidor no sistema de geração solar fotovoltaica realmente conseguirá produzir. Obtém-se um índice de confiabilidade sobre a proposta comercial apresentada na pré-venda de aproximadamente 94%.

5 COMPARAÇÃO ENTRE FONTES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Neste capítulo veremos uma comparação entre o sistema de geração solar fotovoltaico, em estudo, com relação ao um sistema de geração hídrica, demonstrando uma segunda opção possível para o investidor e mantendo o ramo de investimento, em fontes de geração de energias renováveis.

5.1 COMPARAÇÃO COM SISTEMA DE GERAÇÃO HÍDRICA

Sendo capaz de optar por outras fontes de geração distribuída, temos a geração hídrica, conforme a situação pode ser considerada um bom investimento, analisamos então uma outra opção de investimento em geração de energia renováveis.

Para esta comparação utilizamos uma fonte de geração hídrica localizada na ESTR G RIO DAS FURNAS, S/N em Orleans / SC, tem sua potência instalada de 60 kVA. Que segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é classificada como Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH's), as quais possuem até 1 MW de potência.

Como observa-se na figura 10, o conjunto gerador é composto principalmente pela turbina pelton e o alternador, ao qual é realizada a transformação da energia potencial gravitacional da água, em energia mecânica, que através de polias e eixo, é transferida para o alternador, transformando em energia elétrica. O conjunto é relativamente simples e frequentemente encontrado em CGH's.

Figura 10 - Geração hídrica



Fonte: Autoria própria (2023).

Para a obtenção do histórico de geração desta unidade geradora, solicitou-se junto a cooperativa de eletricidade de São Ludgero (CEGERO), que forneceu o histórico de geração, em anexo B, para análise em razão da não disponibilidade de dados no local ou por qualquer tipo de *software*.

Essa comparação foi realizada através da potência instalada normalizada, devido a diferença de potência instalada em cada tipo de geração. No sistema de geração solar fotovoltaica temos 26,52kWp e o sistema de geração hídrica temos 60kVA de potência instalada, sendo necessário uma normalização entre os dois tipos de geração.

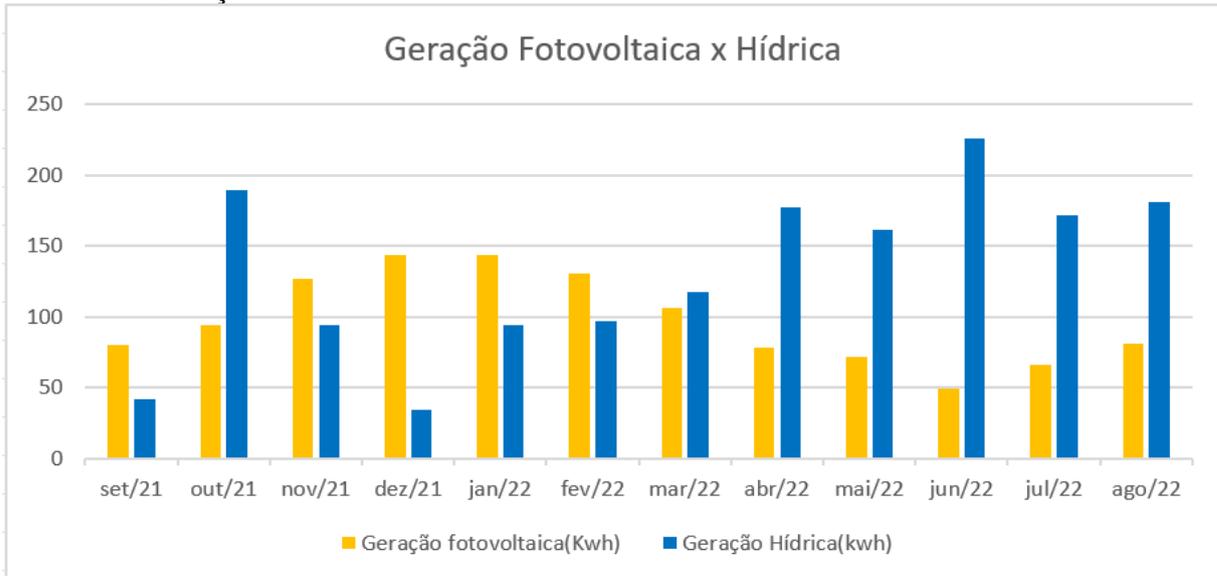
Constatando que o total de energia gerada de cada tipo de sistema de geração de energia, foi dividido pelo seu potencial equivalente obtendo sua normalização.

Devido ao sistema de geração hídrica já estar operando há muitos anos, desprezamos as informações de valor do investimento inicial nesta comparação, ressaltando que a o valor do investimento inicial a ser pago pelos dois tipos de sistemas (R\$/kW instalados), sejam iguais.

5.1.1 Comparação Através do Gráfico

O gráfico 4 compara a quantidade gerada de cada sistema, ambas as fontes em funcionamento e comparadas pelo mesmo período do mês de setembro 2021 ao mês de agosto 2022.

Gráfico 4 - Geração normalizada entre sistemas



Fonte: Autoria própria (2022).

No geral, tem-se uma curva oposta entre os meios de geração os meses que dispomos de uma maior quantidade de dias ensolarados, obtemos maior geração no sistema fotovoltaico. Já nos meses que temos maior quantidade de dias de chuva, vê-se uma maior geração no sistema hídrico, pois gera um aumento da quantidade de água que o sistema necessita.

Deste modo, podemos verificar a complementação dos dois diferentes tipos de sistemas de geração. No período de setembro 2021 a fevereiro 2022, temos uma maior quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, já no período de abril 2022 a agosto 2022, temos uma maior quantidade de energia gerada pelo sistema hídrico. O que ocasiona um equilíbrio essencial para o Sistema Interligado Nacional (SIN), observando assim como a diversificação de meios de geração de energia se faz necessária.

5.1.2 Cálculo da Variação de Energia Entre os Sistemas de Geração

Dispondo do somatório da quantidade gerada e normalizada, é calculado, em percentual, a diferença de geração entre os dois sistemas em estudo, conforme a equação 2.

$$\Delta EG = \left(\left(\frac{\Sigma GH}{\Sigma GF} \right) - 1 \right) \times 100 \quad (2)$$

$$\Delta EG = \left(\left(\frac{1.584,80}{1.170,69} \right) - 1 \right) \times 100$$

$$\Delta EG = 35,45\%$$

Onde:

ΔEG = Variação de energia gerada entre os sistemas (%)

ΣGF = Somatório da geração fotovoltaica (kWh)

ΣGH = Somatório da geração hídrica (kWh)

Realizando os cálculos da fórmula, obtém-se um resultado já em porcentagem de 35,45%, em vantagem para a geração hídrica, sendo assim ela conseguiu gerar 415,11kWh/kW instalado, a mais que a geração fotovoltaica no mesmo período.

5.1.3 Vantagens e Desvantagens de Cada Sistema de Geração

No quadro 1, observa-se as vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema de geração em estudo.

Quadro 1 – Comparação entre sistemas de geração

	Vantagens	Desvantagens
Fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema simplificado para instalação em diversos locais. • Baixa manutenção. • Baixo nível de ruído. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção em horários específicos.
Hídrica	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produção de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Local propício para a instalação. • Maior manutenção. • Alto nível de ruído.

Fonte: Autoria própria (2023).

A geração hídrica pode proporcionar um maior retorno do investimento pela sua vantagem de sua produção ser praticamente 24 horas por dia, porém não possui algumas vantagens que a maioria dos investidores no sistema de geração necessitam, como baixa manutenção, haja vista que a grande maioria das pessoas que optam pelo sistema de geração

solar fotovoltaica são leigas no sentido de geração de energia e optam por um sistema que não tenha muita manutenção.

Outro fator considerável em vantagem para o sistema de energia solar fotovoltaica, é a instalação em praticamente qualquer lugar de forma facilitada, atrelado ao baixo nível de ruído.

Assim como todo projeto, deve-se analisar em sua totalidade, adequando a melhor proposta dentro dos parâmetros existentes, a fim de obter a melhor opção de investimento para o melhor caso.

6 ANÁLISE FINANCEIRA

Neste capítulo, realizaremos a análise financeira através do cálculo do tempo de retorno (*payback*), com os valores de geração real e a tarifa cobrada pela concessionária local, visto que possuímos um período de geração significativo, ao qual determinaremos com uma grande confiabilidade. Comparando com a hipótese de o capital utilizado para aquisição do sistema de geração solar fotovoltaico ter sido mantido guardado a juros da poupança, ao qual visto que seria o mínimo de retorno que o investidor teria ao não optar pelo sistema.

6.1 PAYBACK DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO EM RELAÇÃO A POUPANÇA

6.1.1 Cálculo do *Payback* do Sistema de Geração Solar Fotovoltaica

Payback é o cálculo que prevê quando o consumidor começará a ter retorno sobre o investimento feito em seu sistema, e para calcular o valor do *payback* leva-se em consideração algumas variáveis, como valor total do custo de implantação do sistema, as despesas de manutenção, taxas do valor da energia elétrica em kWh, impostos como ICMS, CONFINS e bandeiras tarifária.

Com o intuito de efetuar uma comparação mais objetiva, foi realizado um novo *payback* através de dados já existentes, obtendo assim o valor com maior precisão, a qual o proprietário do sistema de geração economizou. Com um período de dois anos de funcionamento, do mês de maio de 2021 até abril de 2023, após esta data calcularemos em cima da base de reajustes estimadas.

Valor de investimento são os valores gastos com desenvolvimento do projeto mão de obra, compra dos materiais e instalações, ao qual em conversa com o proprietário do sistema, foi pago a empresa que prestou o serviço, a quantia de R\$ 90 mil. Valor este utilizado em estudo sendo um dos principais influenciador no novo *payback*.

Despesas anuais são referentes a manutenções necessária para um bom funcionamento do sistema, com o propósito de não sofrer perda de rendimento na geração e evitar danos. Estas manutenções podem envolver limpeza dos módulos, medições elétricas e conferência da estrutura.

Visto que toda a economia trazida ao investidor, também será contabilizada juros compostos pela poupança, a fim de obter resultados mais precisos. Todos os cálculos foram

feitos através da plataforma do *Excel*, visto que há um número expressivo de cálculos consecutivos.

Para realizar os cálculos, utiliza-se o valor de energia gerado de cada mês multiplicado pelo preço do kWh da concessionária local, aplicando todo valor economizado de cada mês no sistema básico da poupança, descontado também serviços de manutenções e limpeza dos módulos com um valor estimado de R\$1 mil, a cada ano.

Após a data de abril de 2023, estima-se os valores de geração com base nos dois anos que o sistema possui de geração real, descontando uma perda de eficiência dos módulos de 1% ao ano, sendo essa uma média estimada entre fabricantes.

O gráfico 5 demonstra a economia gerada pelo sistema solar fotovoltaico e aplicada com rendimentos da poupança e descontos com despesas.

Gráfico 5 – Retorno do investimento no sistema de geração fotovoltaica.



Fonte: Autoria própria (2023).

6.1.2 Cálculo do Investimento em Poupança

Para obtenção do valor de retorno em poupança é necessário considerar alguns fatores importantes, como taxa de juros, valor aplicado inicialmente e o período foram considerados. Para a contabilização dos resultados o valor inicial de R\$ 90 mil, será utilizado como base da

comparação, realizando cálculos de juros compostos a partir da data do mês de maio de 2021 até a data de abril de 2031, contabilizando 10 anos.

Considerando as taxas de juros já existentes até a data do mês de abril de 2023, para uma maior precisão, e então a partir da data do mês de abril de 2023, realizou-se uma estimativa de juros da poupança de 8% ao ano, para obtenção dos resultados.

Para este cálculo foi utilizada a equação 3, destinada ao cálculo do montante de juros compostos.

$$M=C*(1 + i)^t \quad (3)$$

Aonde:

M= Valor total com juros (R\$)

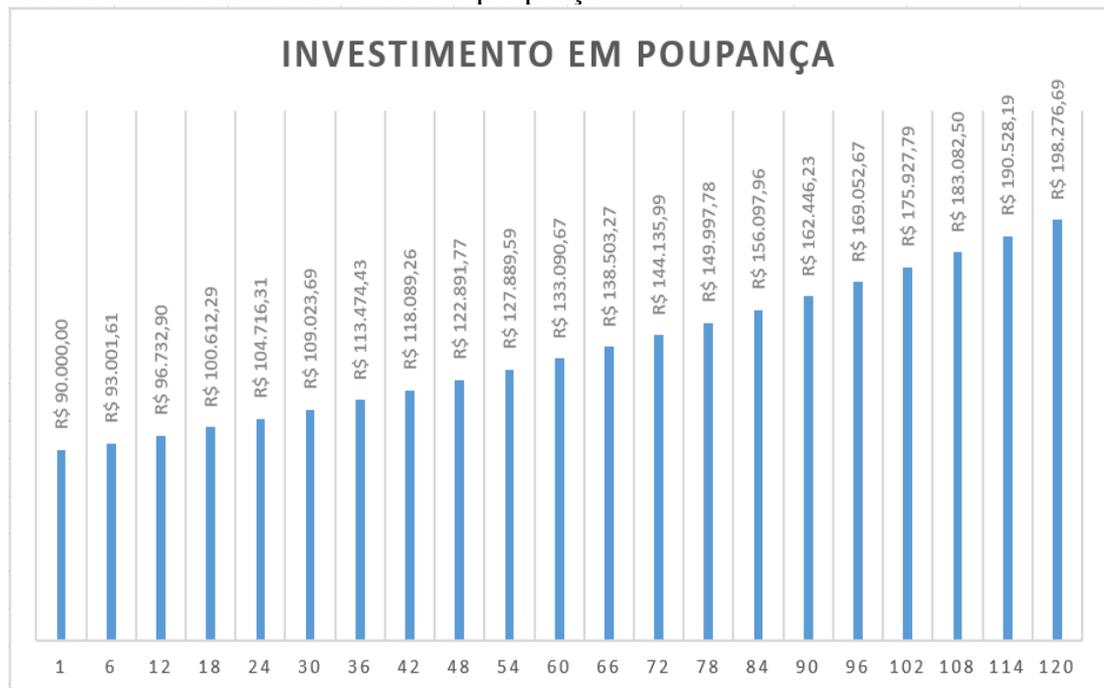
C= Capital inicial investido (R\$)

i = Taxa de juros (%)

t= tempo da aplicação

De acordo com o gráfico 6, temos o capital acumulado de 6 em 6 meses, por um período de 10 anos, ao qual será necessário para a comparação do investimento no sistema de geração solar fotovoltaico em análise.

Gráfico 6 – Investimento básico em poupança.



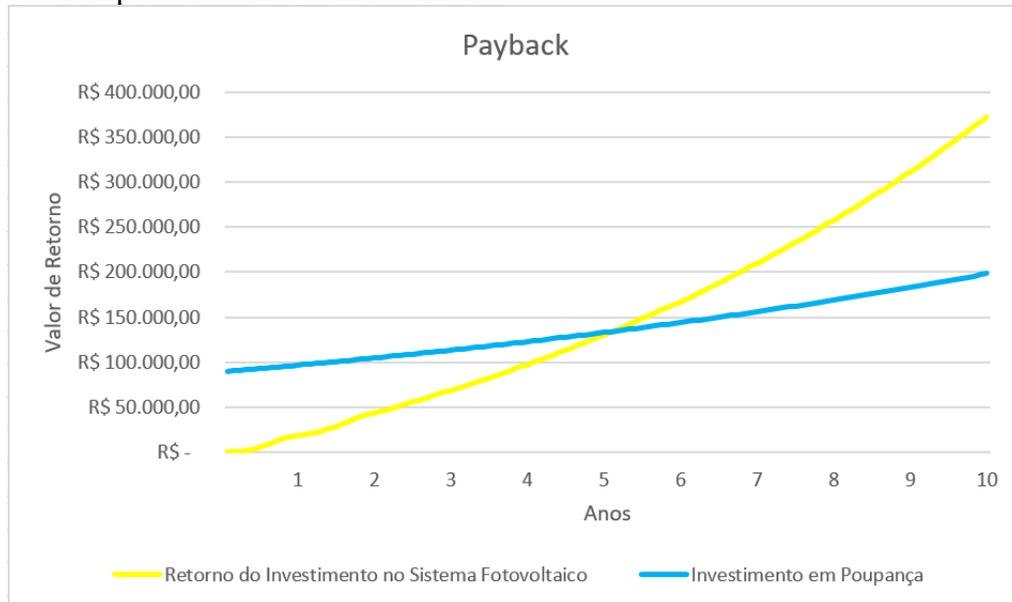
Fonte: Autoria própria (2023)

6.1.3 Comparativo Entre Investimentos Através de Gráfico

Comparando o retorno de investimento no sistema de geração solar fotovoltaica, com o investimento do capital inicial aplicado em poupança. Uma vez que, seria o mínimo que ele obteria de retorno, ao não optar pelo sistema de geração fotovoltaica.

Obtendo então, todos os valores necessários para um cálculo mais próximo possível de um retorno de investimento real, analisaremos este retorno através do gráfico 7, a qual podemos observar, em amarelo, o acúmulo de capital obtido através da economia que o sistema de geração solar fotovoltaica proporcionou, e em azul temos o acúmulo de capital referente a poupança.

Gráfico 7 - Tempo de retorno do investimento



Fonte: Autoria própria (2023).

Percebe-se um retorno médio em economia com o sistema fotovoltaico, nos dois anos de operação do sistema de geração fotovoltaico de R\$ 1.771,24, no qual foi utilizado para estimativas futuras de geração.

O período necessário para que o retorno do investimento no sistema de geração solar fotovoltaica, possa ultrapassar o retorno que teríamos apenas deixando o capital inicial mantido na poupança, seria de 5 anos e 2 meses.

Além disso, podemos analisar o *payback* unicamente do sistema de geração solar fotovoltaico, possuindo um retorno do capital inicial investido, no valor de R\$90 mil, em apenas 3 anos e 9 meses, a qual este tipo de *payback* é comumente apresentado por empresas do ramo aos seus clientes, devido ao menor tempo de retorno do investimento a ser demonstrado.

7 CONCLUSÃO

Conformes os estudos realizados sobre este sistema de geração solar fotovoltaica, constatou-se uma margem de erro, em relação a proposta de geração apresentada inicialmente contra a geração real obtida pelo sistema, com um valor percentual calculado de 5,94% acima da real, ao qual está dentro de uma margem aceitável devido a diversos fatores que contribuem para uma significativa perda de eficiência. Em geral, a correta limpeza dos módulos fotovoltaicos, seja um dos principais fatores relacionados a perda e eficiência, a qual deve-se ser realizada periodicamente. Obtivemos então um índice de confiabilidade, sobre a proposta inicial de geração, de 94,06%.

Realizando a comparação entre outro sistema de geração distribuída, sendo ela uma central de geração hídrica, podemos verificar a sua vantagem de 35,45%, a mais de produção de energia elétrica, em relação ao sistema fotovoltaico. Contudo, devemos citar que este tipo de sistema de geração hídrica necessita um ambiente propício para sua instalação. Por mais que o sistema obtenha um melhor resultado de produção, poucas pessoas dispõem de um local próprio para este tipo de sistema, não sendo uma opção para a maior parte dos investidores.

Relacionando o investimento no sistema de geração solar fotovoltaico entre o rendimento da poupança, concluiu-se que após o período de 5 anos e 2 meses de investimento, o sistema fotovoltaico é mais vantajoso, e levaria apenas 3 anos e 9 meses para que o investidor consiga recuperar o seu investimento inicial, no valor de R\$ 90 mil, a qual foi aplicado inicialmente, no sistema de geração solar fotovoltaica.

Conclui-se então que o investimento aplicado em um sistema de geração de energia solar fotovoltaica, possui um *payback* curto e vantajoso, considerando a durabilidade do sistema de aproximadamente 25 anos. Além da economia gerada pelo sistema sobre a fatura, escolhendo o sistema de geração solar fotovoltaica, temos uma redução do dióxido de carbono emitido na atmosfera, por ser um sistema de energia renovável, ajudando assim, o meio ambiente.

Propondo assim, como um estudo futuro, uma análise de viabilidade técnica-econômica sobre um sistema de geração solar fotovoltaica em operação, para um consumidor do grupo A. Obtendo também uma comparação com um possível sistema de geração eólica, ao qual este estudo possa alcançar um importante resultado sobre a real viabilidade da geração solar fotovoltaica para o consumidor do grupo A.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Panorama da energia solar fotovoltaico no Brasil e no mundo**. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/>. Acesso em: 24 nov 2022.

ABNT, NBR. 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ANEEL, **Banco de Informações da Geração**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 17 mai. 2023.

ANEEL. **Matriz Elétrica Brasileira**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em 15 mar. 2023.

ANEEL, Resolução Normativa Nº. 414. **Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada**. De 9 de setembro de 2010.

ANEEL, Resolução Normativa Nº. 482. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. De 17 de abril de 2012.

ANEEL, Cadernos Temáticos. Micro e Minigeração Distribuída. **Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc**, 2016.

ANEEL, Resolução Normativa Nº. 687. **Brasília: ANEEL**, de 24 de novembro de 2015.

ANEEL, Resolução Normativa Nº. 786. **Brasília: ANEEL**, de 17 de outubro de 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília: MME/EPE, 2017.

BCB. **Remuneração dos depósitos de poupança**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/remuneradepositospoupanca>. Acesso em 09 mai 2023.

BERNARDON, Daniel Pinheiro et al. **Sistemas de Distribuição no contexto das redes elétricas inteligentes: uma abordagem para reconfiguração de redes**. Santa Maria: Agepoc, 2015. 163 p

BÜHLER, Alexandre José. **Estudo de técnicas de determinação experimental e pós processamento de curvas características de módulos fotovoltaicos**. 2011. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BÜHLER, A. J. e KRENZINGER, A., 2006. “**Análise de Curvas Características Sem Iluminação como Ferramenta para Determinação de Parâmetros Fotovoltaicos**”, *Avances em energias Renovables y Medio Ambiente*, v. 10, pp. 17-24.

CALAIS, M.; AGELIDIS, V. **Multilevel converters for single-phase grid connected photovoltaic systems, an overview**. *IEEE - International Symposium on Industrial Electronics*, p. 224-229, julho 1998

CRESESB. **Centro de Referências para as Energias Solar e Eólicas**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&catid=4. Acesso em 06 dez 2022.

DUGAN, R. C.; PRICE, S. K. **Issues for distributed generation in the US**. *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting*, v. 1, p. 121–126, janeiro 2002.

ESFERABLOG. **Energia hidrelétrica**. Disponível em: [https://esferaenergia.com.br/blog/fontes-de-energia/tipos-geracao-energia/#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20as%20usinas%20hidrel%C3%A9tricas,Hidrel%C3%A9tricas%20de%20Energia%20\(UHE\)%2C](https://esferaenergia.com.br/blog/fontes-de-energia/tipos-geracao-energia/#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%2C%20as%20usinas%20hidrel%C3%A9tricas,Hidrel%C3%A9tricas%20de%20Energia%20(UHE)%2C). Acesso em: 25 nov. 2022.

FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, Eloi. **O sol vai voltar amanhã: um espectro de análises sobre a energia fotovoltaica**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Lexikon: Instituto de Energia da PUC-Rio, 2020.

H3 SOLAR. **Como calcular o retorno de um investimento em energia solar**. Disponível em: <https://h3solar.com/payback-como-calculer-o-retorno-de-um-investimento-em-energia-solar/>. Acesso em 10 mai. 2023.

KALOGIROU, Soteris A. **Engenharia de Energia Solar: Processos e Sistemas**. Elsevier Brasil, 2016.

MACEDO, Wilson Negrão, **Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos Conectados a rede**, São Paulo, 2004

MARANGONI, Filipe; DREHER, J. R.; ORTIZ, J. L. R.; MARTINS, M. L. S.; DELLA FLORA, L. **String PV Inverters for Single-Phase Transformerless Grid Connected Applications** In: *Power Electronics South America*, 2012, São Paulo - SP. PESA, 2012. v. único. p. 1-8.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPTEL – CRESESB, 2014.

PORTAL ENERGIA. **Recorde de eficiência de 50% com nova célula solar de seis junções**. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/recorde-eficiencia-nova-celula-solar-seis-juncoes/>. Acesso em 25 mai 2023.

REIS, Pedro. **Portal Energia**. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/como-saber-inclinacao-painel-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 27 nov. 2022.

SOUZA, (2016). José Ricardo Patrício da Silva. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações para o ensino médio**. Disponível em: <http://mnpef.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Ricardo.pdf> Acesso em: outubro. 2019.

SOWMY, Daniel Setrak. Energia Solar – Tecnologia E Aplicações. In: MOREIRA, José Roberto Simões. **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. 1. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2017, p. 224-234.

TORO BLOG. **Afinal, quanto rende a Poupança hoje, por mês e ao ano?** Disponível em: <https://blog.toroinvestimentos.com.br/renda-fixa/quanto-rende-a-poupanca#:~:text=Como%20falamos%2C%20o%20rendimento%20da,seu%20dinheiro%20render%20bem%20mais>. Acesso em 20 mai 2023.

URBANETZ JÚNIOR, Jair. **Análise das Consequências Provocadas Pelo Aquecimento de Componentes e Aumento de Temperatura Ambiente em Sistemas Fotovoltaicos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2020. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/559/432> . Acessado em maio de 2023
VILLALVA, Marcelo. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações** - 2. ed. - São Paulo: Erica, 2012. Acesso em 16 set 2022.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. . São Paulo: 2012. Oficina de texto. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002303103> Acesso em: 12 jun. 2023., 2012

ANEXO A – Proposta Comercial Apresentada ao Cliente



**Avaliação Técnica e Financeira para
implantação de sistema de energia solar
fotovoltaica.**



Elaborado por: [Redacted]

CONTATO:
[Redacted]



1. APRESENTAÇÃO

Prezado Sr;

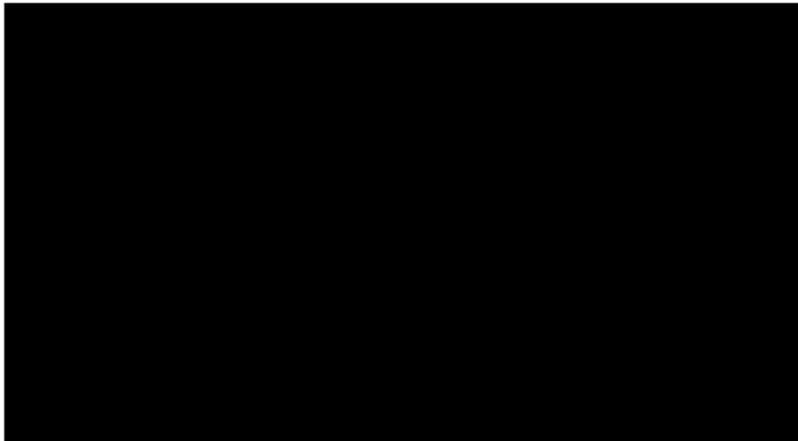
É com enorme Satisfação que a Solar Inove apresenta a proposta para apreciação, análise e aprovação do fornecimento do sistema de Geração de Energia Solar Fotovoltaica. E esperamos que após análise deste você faça parte da equipe de clientes da Solar Inove, ao qual hoje se faz presente em várias residências e industrias no sul do Brasil. Com a missão de atender as necessidades energéticas de nossos clientes prezando sempre pelo melhor custo x benefício.

O sistema é dimensionado a partir do histórico de consumo da unidade consumidora, assim o sistema fotovoltaico irá gerar o montante anual necessário para atender todo o consumo. Para esta prática é utilizado o sistema de créditos de energia, onde a energia excedente gerada poderá ser utilizada nos meses seguintes (prazo de 60 meses).

Adicionalmente, com a redução do consumo, haverá menor incidência de impostos/tributos, degraus e bandeiras tarifárias.

Hoje os sistemas da SOLAR INOVE se fazem presentes nos estados de RS, SC e PR.

Abaixo segue os dados da empresa e sua respectiva localização:



Use um leitor de QR Code e veja quem somos :





1.1 ENERGIA SOLAR

O Sol é a fonte de energia mais abundante do universo e está disponível diariamente de forma gratuita e infinita para todos, igualmente. A tecnologia para gerar energia elétrica a partir da luz do sol é antiga, porém tem se popularizado nos últimos 20 anos em virtude da necessidade de geração mais sustentável, renovável e mais próxima dos consumidores.

No Brasil, as dificuldades energéticas pelas quais estamos atravessando devido à escassez hídrica e o alto custo das alternativas termoelétricas, colocaram a opção de energia solar em destaque, como solução de médio e longo prazo, tanto para usinas centralizadas como para a “geração distribuída”, conceito novo por aqui, mas que já existe e é sucesso em vários países por ser a melhor forma de geração urbana e rural.

A “Geração Distribuída” permite que cada cidadão gere sua própria energia com a instalação de micro geradores em sua própria residência ou empresa. A energia gerada é consumida instantaneamente no mesmo local onde é produzida, dispensando os recursos de linhas de transmissão e distribuição que encarecem o sistema. Ainda, caso a energia produzida não seja consumida integralmente, o valor excedente pode ser “injetado” e “armazenado” na rede da concessionária (Ex. CELESC), gerando créditos para serem utilizados no momento em que for necessário. Essa energia pode ainda ser aproveitada em outros imóveis do mesmo proprietário, desde que este esteja conectado à mesma concessionária.

Este sistema é conhecido como “sistema de compensação de energia” e foi instituído pela ANEEL em abril de 2012.

1.1 ENERGIA SOLAR

- Recurso solar abundante em todo país de forma inesgotável e gratuita;
- Economia financeira na conta de energia elétrica já no primeiro mês de geração;
- Contribuição para a preservação do meio ambiente;
- A economia em energia elétrica é superior a muitos outros investimentos;
- A geração de energia fotovoltaica não polui e não gera ruídos;
- A geração de energia fotovoltaica dispensa manutenções;
- A vida útil do sistema fotovoltaico pode ultrapassar os 25 anos;
- O sistema é modular, facilitando a instalação e mobilidade;
- O sistema fotovoltaico gera valorização imobiliária;
- Redução do impacto com os aumentos no preço de energia.



2. PROJETO

2.1 DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

Titular da conta:	
CPF/CNPJ:	
Pessoa de contato:	
Telefone:	
Concessionária:	CELESC
Unidade Consumidora:	19437876
Localização:	PESCARIA BRAVA-SC
Classificação:	Trifasico
Demanda Contratada:	0
Demanda a ser Contratada	0

Consumo médio MENSAL estimado:	2401	kWh
Consumo médio ANUAL estimado:	28817	kWh

2.2 PREMISSAS DO PROJETO

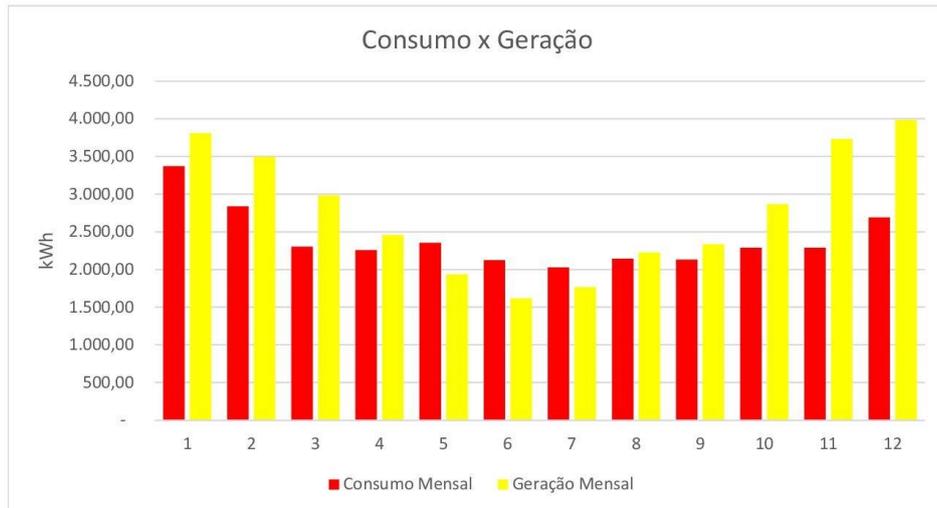
Potência à ser instalada:	26,52	kWp
Área necessária para instalação:	156	m ²
Geração de energia MENSAL estimada:	2766,24	kWh
Geração de energia ANUAL estimada:	33194,90	kWh
Número de módulos:	78	un
Potência dos módulos:	340	Wp
Número de Inversores:	1	un
Inversores:	GoodWe GW30K-MT	kW
Abatimento por fatura: Até	115%	%

¹A produção de eletricidade é uma estimativa baseada em um banco de dados de Energia Solar (INPE), com médias históricas de irradiação no plano inclinado com ângulo igual a latitude do local.

A atual performance pode variar.

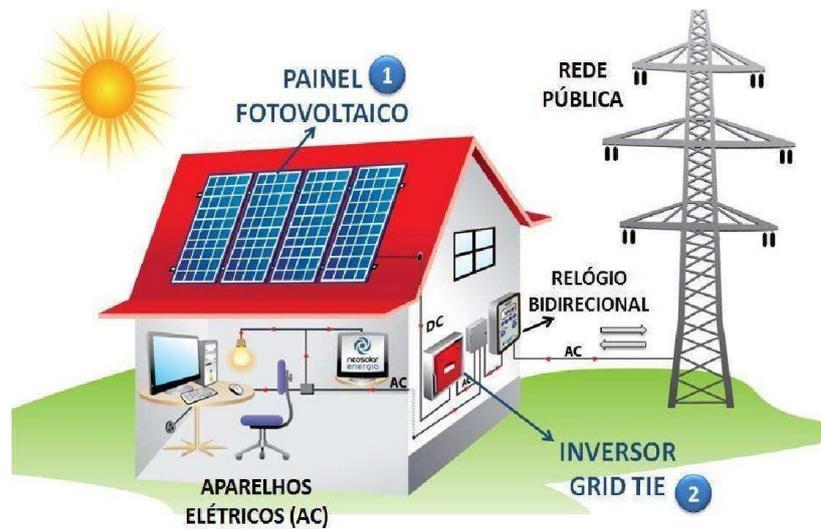
2.3 GRAFICO DE GERAÇÃO

Este gráfico traz um comparativo médio do que o sistema vai gerar (em amarelo), para o que é consumido (em vermelho).



OBS.: Os módulos deverão ser orientados de modo que a sua parte frontal olhe para o Norte geográfico (ou Sul, quando no hemisfério Norte). Para conseguir um melhor aproveitamento da irradiação solar incidente, os módulos deverão estar inclinados em relação ao plano horizontal num ângulo que varia conforme a latitude da instalação.

3. CARACTERISTICA DO INVESTIMENTO





3.1 MODULOS FOTOVOLTAICOS

Trabalhamos com Fornecedores Líderes do mercado mundial detentores da mais alta tecnologia da atualidade, além de nossos modelos obterem o selo do Inmetro, e a taxa de 80% de nacionalização. Todos os módulos são testados.



3.2 INVERSORES FOTOVOLTAICOS

A marca dos inversores é referência mundial ao qual são homologadas e testadas para o mercado brasileiro. Todos os inversores Goodwe são testados.



3.3 ESTRUTURA DE FIXAÇÃO

As nossas estruturas são de fabricação própria, em aço galvanizado a fogo e alumínio anodizado, projetadas conforme o seu projeto, para melhor atendê-lo.

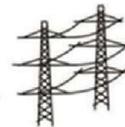


3.4 MONITORAMENTO

Todos nossos sistemas são compatíveis com monitoramento a distância, via celular, computador, tablets.



3.5 COMPOSIÇÃO DO GERADOR





4. GARANTIA

- Módulos: 10 anos contra defeitos de fabricação pelo fabricante;
- Inversores: 5 anos contra defeitos de fabricação pelo fabricante podendo ser estendido até 15 anos;
- Estrutura de fixação: 20 anos contra defeitos de fabricação pelo fabricante;
- A garantia não cobre danos ocasionados por intempéries, danos ocasionados pela concessionária de energia, ou provocado por ação de terceiros.
- Garantia de geração dos módulos 25 anos.

5. ESTRUTURA E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

5.1 ITENS FORA DO ESCOPO DE FORNECIMENTO:

- Ajuste na subestação ou padrão de entrada de energia caso seja necessário;
- Eventuais despesas de serviços públicos;
- Instalação de sistema de vigilância e alarme;
- Obras civis, reforços nas estruturas do telhado ou preparação do terreno para instalação em solo, caso necessário;
- Licenças ambientais;
- Medidor bidirecional;
- Qualquer item que não conste no escopo desta proposta.
- Cabeamento CA do ponto de conexão até o inversor.

OBS: Os serviços aqui propostos se encerram na conexão do sistema fotovoltaico ao quadro de distribuição existente.

5.2 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

A implantação de um Sistema Fotovoltaico obedece às seguintes etapas:

1. Elaboração de projeto e solicitação de acesso à concessionária;
2. Aprovação do projeto e emissão do parecer de acesso pela concessionária;
3. Fornecimento de materiais e instalação do sistema fotovoltaico;
4. Vistoria técnica e aprovação das instalações pela concessionária;
5. Conexão definitiva do sistema à rede da concessionária.

OBS: O prazo médio para execução de todas as etapas será de até 60 dias, sendo contados a partir do recebimento.



6. ECONOMIA ESTIMADA

Tarifa atual	R\$ 0,72/kWh
Taxa aprox. que continuará pagando s/ Cosip:	-R\$190,14
Economia estimada MENSAL:	R\$1.986,16
Economia estimada ANUAL:	R\$23.833,94
Taxa de atratividade:	2,05%

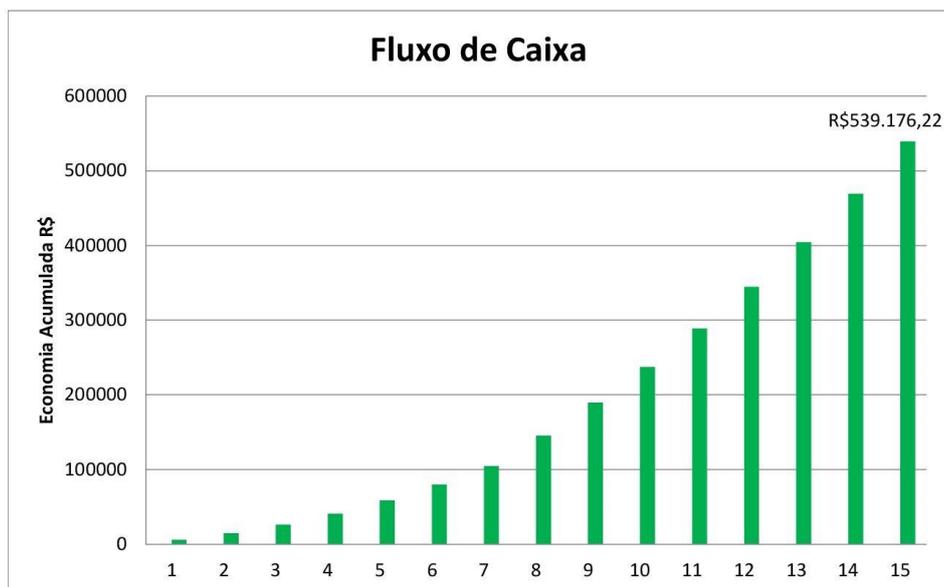
De acordo com o consumo médio informado pelo cliente nos últimos 12 meses.

Os valores de consumo referentes à conta de energia constantes nessa proposta se referem apenas ao consumo de energia elétrica medida. Há ainda na conta a incidência de Bandeira Tarifária, taxa de iluminação pública e ICMS. O consumo do HORÁRIO DE PONTA (para consumidores do grupo A) não poderá ser abatido, visto que o mesmo é registrado em períodos onde não há incidência solar (das 18h30m às 21h30m). Para abatimento do horário ponta utiliza-se o fator de ajuste e considera-se o abatimento de 100% do horário fora ponta.

7. CONDIÇÕES COMERCIAIS IMPORTANTES

CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA É DE:
R\$ 96.700,00

7.1 RETORNO DO INVESTIMENTO



03/03/2021



7.2 SIMULAÇÃO DE FINANCIAMENTO

Prazo: 10,00 anos
Taxa anual: 9%

Modelo de financiamento: SAC
Taxa mensal: 0,71%

SIMULAÇÃO DE FINANCIAMENTO				
Saldo Devedor	Parcela	Total Prestação	Prestação	Parcelas
[R\$/ano]	Principal	[R\$/ano]	Média [R\$/mês]	Ano
R\$96.700,00	R\$9.670,00	R\$17.889,50	R\$1.490,79	1º Ano
R\$87.030,00	R\$9.670,00	R\$17.067,55	R\$1.422,30	2º Ano
R\$77.360,00	R\$9.670,00	R\$16.245,60	R\$1.353,80	3º Ano
R\$67.690,00	R\$9.670,00	R\$15.423,65	R\$1.285,30	4º Ano
R\$58.020,00	R\$9.670,00	R\$14.601,70	R\$1.216,81	5º Ano
R\$48.350,00	R\$9.670,00	R\$13.779,75	R\$1.148,31	6º Ano
R\$38.680,00	R\$9.670,00	R\$12.957,80	R\$1.079,82	7º Ano
R\$29.010,00	R\$9.670,00	R\$12.135,85	R\$1.011,32	8º Ano
R\$19.340,00	R\$9.670,00	R\$11.313,90	R\$942,83	9º Ano
R\$9.670,00	R\$9.670,00	R\$10.491,95	R\$874,33	10º Ano
Total	R\$96.700,00	R\$141.907,25		

8. CLIENTES SATISFEITOS

Use um leitor de QR Code e conheça alguns de nossos clientes :





9. CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL



10. OPÇÃO DE LAYOUT

Os módulos poderão estar alocados em telhados ou no chão. Existe a possibilidade de dividir em blocos, sendo uma parte da potência instalada em telhado e a outra no solo. Para o sistema alocado em telhados serão respeitadas a orientação e a inclinação existentes, e para o sistema no chão haverá uma otimização da posição dos módulos para atingir a orientação Norte e inclinação da latitude do local, proporcionando a melhor captação da irradiação solar.

11. CONDIÇÕES DE VENDA

Os preços apresentados nesta proposta estão expressos em reais (R\$) e são válidos para as quantidades e especificações indicadas, diretamente vinculados ao cumprimento dos eventos financeiros previstos nas condições de pagamento.

Os preços serão revisados nos casos de desequilíbrio econômico/financeiro das prestações de cada uma das partes na hipótese de onerosidade excessiva superveniente, especialmente em caso de alteração na legislação que crie ou modifique tributos e/ou obrigações legais, ou ainda outras medidas de ordem econômica, que desequilibrem a relação das partes.

Os preços apresentados nesta proposta são fixos durante a validade da proposta.

Validade do orçamento: 15 dias



ANEXO B – Histórico do Sistema de Geração Hídrica



14/11/2022 14:35:19

Página 1 de 4

HISTÓRICO - MICROGERAÇÃO

Filtros

--

UC: 7763

ESTR G RIO DAS FURNAS, S/N
RIO DAS FURNAS
Orleans / SC - 88870-000

Histórico	Faturamento	Geração em	kWh		
			Gerado	Creditado	Saldo
KWH Normal					
(C) Energia gerada		01/2019	9249		9249
(D) Energia utilizada	01/2019			197	9052
(D) Transferido para UC:1029	01/2019			9052	0
(C) Energia gerada		02/2019	9428		9428
(D) Energia utilizada	02/2019			364	9064
(D) Transferido para UC:1029	02/2019			9064	0
(C) Energia gerada		03/2019	8712		8712
(D) Energia utilizada	03/2019			18	8694
(D) Transferido para UC:1029	03/2019			8694	0
(C) Energia gerada		04/2019	2225		2225
(D) Energia utilizada	04/2019			13	2212
(D) Transferido para UC:1029	04/2019			2212	0
(C) Energia gerada		05/2019	11640		11640
(D) Energia utilizada	05/2019			6	11634
(D) Transferido para UC:7107	05/2019			2265	9369
(D) Transferido para UC:1029	05/2019			9369	0
(C) Energia gerada		06/2019	14309		14309
(D) Energia utilizada	06/2019			95	14214
(D) Transferido para UC:7107	06/2019			2209	12005
(D) Transferido para UC:1029	06/2019			9750	2255
(C) Energia gerada		07/2019	13694		15949
(D) Energia utilizada	07/2019			238	15711
(D) Transferido para UC:7107	07/2019			2413	13298
(D) Transferido para UC:1029	07/2019			11042	2256
(C) Energia gerada		08/2019	5579		7835
(D) Energia utilizada	08/2019			114	7721
(D) Transferido para UC:1029	08/2019			5465	2256
(D) Transferido para UC:1029	g(06/2019)	08/2019		2255	1
(D) Transferido para UC:1029	g(07/2019)	08/2019		1	0
(C) Energia gerada		09/2019	3228		3228
(D) Energia utilizada	09/2019			189	3039
(D) Transferido para UC:7107	09/2019			2632	407
(D) Transferido para UC:1029	09/2019			407	0
(C) Energia gerada		10/2019	3550		3550
(D) Transferido para UC:1029	10/2019			2007	1543
(D) Transferido para UC:7107	10/2019			1080	463
(D) Energia utilizada	10/2019			463	0
(C) Energia gerada		11/2019	3128		3128
(D) Transferido para UC:1029	11/2019			1994	1134
(D) Transferido para UC:7107	11/2019			1074	60
(D) Energia utilizada	11/2019			60	0
(C) Energia gerada		12/2019	3707		3707
(D) Transferido para UC:1029	12/2019			2395	1312
(D) Transferido para UC:7107	12/2019			1290	22
(D) Energia utilizada	12/2019			22	0
(C) Energia gerada		01/2020	11557		11557
(D) Transferido para UC:1029	01/2020			7472	4085

**HISTÓRICO - MICROGERAÇÃO**

Histórico	Faturamento	Geração em	kWh		
			Gerado	Creditado	Saldo
(C) Energia gerada		03/2021	17116		17116
(D) Energia utilizada	03/2021			7	17109
(D) Transferido para UC:1029	03/2021			11121	5988
(D) Transferido para UC:7107	03/2021			5988	0
(C) Energia gerada		04/2021	13050		13050
(D) Energia utilizada	04/2021			9	13041
(D) Transferido para UC:1029	04/2021			8477	4564
(D) Transferido para UC:7107	04/2021			4564	0
(C) Energia gerada		05/2021	11562		11562
(D) Transferido para UC:1029	05/2021			7515	4047
(D) Transferido para UC:7107	05/2021			4046	1
(D) Energia utilizada	05/2021			1	0
(C) Energia gerada		06/2021	11254		11254
(D) Transferido para UC:1029	06/2021			7168	4086
(D) Transferido para UC:7107	06/2021			3860	226
(D) Energia utilizada	06/2021			226	0
(C) Energia gerada		07/2021	12969		12969
(D) Transferido para UC:1029	07/2021			8426	4543
(D) Transferido para UC:7107	07/2021			4537	6
(D) Energia utilizada	07/2021			6	0
(C) Energia gerada		08/2021	9995		9995
(D) Transferido para UC:1029	08/2021			6497	3498
(D) Transferido para UC:7107	08/2021			3498	0
(C) Energia gerada		09/2021	2492		2492
(D) Transferido para UC:1029	09/2021			1571	921
(D) Transferido para UC:7107	09/2021			846	75
(D) Energia utilizada	09/2021			75	0
(C) Energia gerada		10/2021	11367		11367
(D) Transferido para UC:1029	10/2021			7348	4019
(D) Transferido para UC:7107	10/2021			3957	62
(D) Energia utilizada	10/2021			62	0
(C) Energia gerada		11/2021	5654		5654
(D) Transferido para UC:1029	11/2021			3674	1980
(D) Transferido para UC:7107	11/2021			1979	1
(D) Energia utilizada	11/2021			1	0
(C) Energia gerada		12/2021	2050		2050
(D) Transferido para UC:1029	12/2021			1331	719
(D) Transferido para UC:7107	12/2021			717	2
(D) Energia utilizada	12/2021			2	0
(C) Energia gerada		01/2022	5655		5655
(D) Energia utilizada	01/2022			111	5544
(D) Transferido para UC:1029	01/2022			3604	1940
(D) Transferido para UC:7107	01/2022			1940	0
(C) Energia gerada		02/2022	5822		5822
(D) Energia utilizada	02/2022			20	5802
(D) Transferido para UC:1029	02/2022			3771	2031
(D) Transferido para UC:7107	02/2022			2031	0
(C) Energia gerada		03/2022	7058		7058
(D) Energia utilizada	03/2022			8	7050
(D) Transferido para UC:1029	03/2022			4583	2467
(D) Transferido para UC:7107	03/2022			2467	0
(C) Energia gerada		04/2022	10645		10645
(D) Energia utilizada	04/2022			1	10644
(D) Transferido para UC:1029	04/2022			6919	3725



14/11/2022 14:35:19

Página 2 de 4

HISTÓRICO - MICROGERAÇÃO

Histórico	Faturamento	Geração em	kWh		
			Gerado	Creditado	Saldo
(D) Transferido para UC:7107	01/2020			4023	62
(D) Energia utilizada	01/2020			62	0
(C) Energia gerada		02/2020	11881		11881
(D) Transferido para UC:1029	02/2020			7706	4175
(D) Transferido para UC:7107	02/2020			4150	25
(D) Energia utilizada	02/2020			25	0
(C) Energia gerada		03/2020	10974		10974
(D) Transferido para UC:1029	03/2020			7102	3872
(D) Transferido para UC:7107	03/2020			3824	48
(D) Energia utilizada	03/2020			48	0
(C) Energia gerada		04/2020	3965		3965
(D) Energia utilizada	04/2020			58	3907
(D) Transferido para UC:1029	04/2020			2540	1367
(D) Transferido para UC:7107	04/2020			1367	0
(C) Energia gerada		05/2020	2044		2044
(D) Transferido para UC:1029	05/2020			1233	811
(D) Transferido para UC:7107	05/2020			664	147
(D) Energia utilizada	05/2020			147	0
(C) Energia gerada		06/2020	3101		3101
(D) Energia utilizada	06/2020			26	3075
(D) Transferido para UC:1029	06/2020			1999	1076
(D) Transferido para UC:7107	06/2020			1076	0
(C) Energia gerada		07/2020	7299		7299
(D) Energia utilizada	07/2020			9	7290
(D) Transferido para UC:1029	07/2020			4739	2551
(D) Transferido para UC:7107	07/2020			2551	0
(C) Energia gerada		08/2020	7231		7231
(D) Energia utilizada	08/2020			2	7229
(D) Transferido para UC:1029	08/2020			4699	2530
(D) Transferido para UC:7107	08/2020			2530	0
(C) Energia gerada		09/2020	8015		8015
(D) Energia utilizada	09/2020			48	7967
(D) Transferido para UC:1029	09/2020			5179	2788
(D) Transferido para UC:7107	09/2020			2788	0
(C) Energia gerada		10/2020	9162		9162
(D) Energia utilizada	10/2020			15	9147
(D) Transferido para UC:1029	10/2020			5946	3201
(D) Transferido para UC:7107	10/2020			3201	0
(C) Energia gerada		11/2020	8341		8341
(D) Energia utilizada	11/2020			37	8304
(D) Transferido para UC:1029	11/2020			5398	2906
(D) Transferido para UC:7107	11/2020			2906	0
(C) Energia gerada		12/2020	15432		15432
(D) Energia utilizada	12/2020			3	15429
(D) Transferido para UC:1029	12/2020			10029	5400
(D) Transferido para UC:7107	12/2020			5400	0
(C) Energia gerada		01/2021	15803		15803
(D) Energia utilizada	01/2021			4	15799
(D) Transferido para UC:1029	01/2021			10269	5530
(D) Transferido para UC:7107	01/2021			5530	0
(C) Energia gerada		02/2021	14496		14496
(D) Energia utilizada	02/2021			75	14421
(D) Transferido para UC:1029	02/2021			9374	5047
(D) Transferido para UC:7107	02/2021			5047	0



14/11/2022 14:35:19

Página 4 de 4

HISTÓRICO - MICROGERAÇÃO

Histórico	Faturamento	Geração em	kWh		
			Gerado	Creditado	Saldo
(D) Transferido para UC:7107	04/2022			3725	0
(C) Energia gerada		05/2022	9651		9651
(D) Energia utilizada	05/2022			25	9626
(D) Transferido para UC:1029	05/2022			6257	3369
(D) Transferido para UC:7107	05/2022			3369	0
(C) Energia gerada		06/2022	13556		13556
(D) Energia utilizada	06/2022			2	13554
(D) Transferido para UC:1029	06/2022			8810	4744
(D) Transferido para UC:7107	06/2022			4744	0
(C) Energia gerada		07/2022	10318		10318
(D) Energia utilizada	07/2022			3	10315
(D) Transferido para UC:1029	07/2022			6705	3610
(D) Transferido para UC:7107	07/2022			3610	0
(C) Energia gerada		08/2022	10882		10882
(D) Energia utilizada	08/2022			3	10879
(D) Transferido para UC:1029	08/2022			7071	3808
(D) Transferido para UC:7107	08/2022			3808	0
(C) Energia gerada		09/2022	8047		8047
(D) Energia utilizada	09/2022			1	8046
(D) Transferido para UC:1029	09/2022			5230	2816
(D) Transferido para UC:7107	09/2022			2816	0
(C) Energia gerada		10/2022	8196		8196
(D) Energia utilizada	10/2022			160	8036
(D) Transferido para UC:1029	10/2022			5223	2813
(D) Transferido para UC:7107	10/2022			2813	0