

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

PROJETO DE INSTALAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA NA SEDE DO CAMPUS DO SERTÃO

EDUARDO FARIAS DE SOUZA FILHO

UFAL - DELMIRO GOUVEIA
ABRIL DE 2025

Eduardo Farias de Souza Filho

Projeto de Instalação de Uma Usina Fotovoltaica na Sede do Campus do Sertão

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao corpo docente do Curso de Engenharia Civil Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, *Campus do Sertão*, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Nascimento de Lima

UFAL - Delmiro Gouveia
Março de 2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S729p Souza Filho, Eduardo Farias de.
Projeto de instalação de uma usina fotovoltaica na Sede do Campus do Sertão
/ Eduardo Farias de Souza Filho. - 2025.
85 f. : il.

Orientador: Agnaldo José dos Santos.
Orientador: Alexandre Nascimento de Lima.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Campus Sertão. Delmiro Gouveia, 2025.

Bibliografia: f. f. 69-72.
Anexos: f. 73-85.

1. Geração de energia fotovoltaica. 2. Energia solar. 3. Fontes renováveis de energia. I. Título.

CDU: 620.91

*Dedico este trabalho a meus pais, que deram suporte
e me incentivaram em toda esta caminhada.*

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos a Deus em primeiro lugar, por todas as bênçãos ao longo de toda minha vida e dessa jornada acadêmica, a minha família que sempre deu suporte e apoio nessa empreitada, aos amigos que fizeram parte dessa caminhada, aqueles que dividiram conhecimentos e compartilharam estudos e diversas vezes romperam madrugadas dentro nos estudos e a toda a equipe do Campus do Sertão, em especial nessa reta final ao meu orientador por toda paciência, empenho e conhecimento passados.

Resumo

Conseguir fontes renováveis de energia para a sempre crescente demanda é o grande desafio do século *XXI*, para o Brasil não seria diferente. Apesar da matriz energética brasileira ser em grande parte de característica renovável, com mais de 60% da sua matriz energética composta por geração hidroelétrica, acompanhar a demanda mostra-se um desafio, sobretudo em períodos de estiagem, por isso além de ampliar é necessário também diversificar essas fontes de geração. Nesse contexto uma fonte renovável abundante e confiável disponível em todo território nacional é a energia solar, que com a construção de geradores fotovoltaicos pode ser amplamente usada na geração de energia elétrica. A irradiação solar é convertida em energia elétrica através de painéis solares que tem seu funcionamento baseado no efeito fotovoltaico, estes módulos podem ser arranjados em série ou paralelo dependendo das características da rede a qual deve ser conectada e da forma de consumo do seu consumidor. Os painéis podem ser instalados em diversos tipos de suporte disponível no mercado, sendo interessante sua integração com a arquitetura do edifício. Buscou-se dimensionar um sistema de geração fotovoltaica para o Campus do Sertão, que atendesse as características de demanda do campus. O estudo considerou as características de consumo das unidades que formam o Campus do Sertão, bem como o regime de faturamento e os padrões de irradiação solar da região para dimensionar o gerador fotovoltaico, de modo a encontrar o número de módulos fotovoltaicos necessários e as características dos inversores para o sistema, avaliando o investimento através de seu tempo de retorno observando a economia mensal ocasionada pela instalação da usina fotovoltaica. O processamento dos dados obtidos durante o estudo revelou os níveis de consumo de energia elétrica e suas variações ao longo do tempo, bem como sua correlação com a produção estimada. Essa análise foi fundamental para a avaliação da viabilidade financeira do empreendimento. Os resultados apresentados expressam o impacto positivo da instalação, com saldo energético mensal positivo na maior parte dos meses e a indicação de um superávit anual.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Energia solar. Fontes renováveis de energia.

Abstract

Obtaining renewable energy sources to meet the ever-growing demand is one of the greatest challenges of the 21st century, and Brazil is no exception. Although Brazil's energy matrix is largely renewable with over 60% of its energy generation coming from hydroelectric power, keeping up with demand has proven challenging, especially during periods of drought. Therefore, in addition to expanding generation, it is also necessary to diversify these sources. In this context, solar energy stands out as an abundant and reliable renewable resource available throughout the national territory. Through the construction of photovoltaic generators, it can be widely used for electricity generation. Solar irradiation is converted into electrical energy by solar panels, which operate based on the photovoltaic effect. These modules can be arranged in series or in parallel, depending on the characteristics of the grid to which they are connected and the consumer's usage profile. The panels can be installed on various types of supports available on the market, and their integration into building architecture is an interesting solution. This study aimed to design a photovoltaic generation system for the Campus do Sertão that would meet the campus's specific demand characteristics. The study considered the energy consumption profiles of the units comprising the Campus do Sertão, as well as the billing regime and the region's solar irradiation patterns, to properly size the photovoltaic generator. It determined the necessary number of photovoltaic modules and the specifications of the system's inverters, evaluating the investment through its payback period, based on the monthly savings generated by the installation of the photovoltaic plant. The data processing carried out during the analysis revealed the electricity consumption levels and their variations over time, as well as their correlation with the estimated production. This analysis was crucial for assessing the financial viability of the project. The results demonstrate the positive impact of the installation, showing a positive monthly energy balance in most months and indicating an annual surplus.

Keywords: Photovoltaic energy. Solar energy. Renewable energy sources.

Lista de Figuras

1.1	Distribuição da matriz energética brasileira	13
1.2	Gerador fotovoltaico <i>on-grid</i>	15
1.3	Gerador fotovoltaico <i>off-grid</i>	16
2.1	Balanço energético da Terra	19
2.2	Irradiação global normal-Brasil (A) / Irradiação global normal-Alemanha (B)	21
2.3	Total diário de radiação global horizontal-média anual	22
2.4	Total diário de radiação global horizontal-médias mensais	23
2.5	Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP.	24
2.6	Estruturas de banda de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes.	26
2.7	Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício destacando: (1) região tipo n; (2) região tipo p, (3) zona de carga espacial, onde se formou a junção pn e o campo elétrico; (4) geração de par elétron-lacuna; (5) filme antirreflexo; (6) contatos metálicos.	27
2.8	Arranjos de células fotovoltaicas em paralelo	28
2.9	Arranjos de células fotovoltaicas em série	28
2.10	Curva da corrente elétrica em função da tensão aplicada a um módulo fotovoltaico, medida em condições padrão.	29
2.11	Efeito causado pela variação da irradiância solar sobre a curva caracte- rística I-V para um módulo fotovoltaico de 36 células de silício cristalino (c-Si) a 25°C.	30
2.12	Efeito causado pela variação da temperatura das células sobre a curva característica I-V para um módulo fotovoltaico de 36 células de silício cristalino (c-Si) sob irradiância de 1.000 W/m ²	31
2.13	Representação da associação em série de n módulos fotovoltaicos . . .	32
2.14	Representação da associação em paralelo de n módulos fotovoltaicos . .	32
2.15	<i>Carport Solar</i>	33
3.1	Fluxograma do roteiro metodológico	37
3.2	Localização do município de Delmiro Gouveia em Alagoas	39

3.3	Localização do Campus do Sertão	40
3.4	Histórico de consumo de energia elétrica do Campus do Sertão	41
3.5	Itens abatidos da conta de energia elétrica	48
4.1	Gráfico do consumo ao longo do ano.	53
4.2	Tarifas sobre a energia elétrica	55
4.3	Comportamento da estimativa de geração de energia ao longo de 1 ano .	60
4.4	Esquema gráfico do gerador fotovoltaico	61
4.5	Saldo de energia elétrica	63
4.6	Tempo de retorno do investimento	64

Lista de Tabelas

2.1	Tabela comparativa de potenciais de irradiação solar.	20
3.1	Consumo mensal Campus do Sertão (Delmiro Gouveia)	42
3.2	Consumo mensal Campus do Sertão (Santana do Ipanema)	42
3.3	Consumo mensal Campus do Sertão (Restaurante Universitário)	43
3.4	Consumo mensal médio	43
3.5	Energia produzida para compensar a diferença de tarifas	44
4.1	Irradiação solar diária média mensal em kWh/m ² dia em 2022.	51
4.2	Consumo mensal do Campus do Sertão (Delmiro Gouveia), abril de 2022 a março de 2023	51
4.3	Consumo mensal do Campus do Sertão (Santana do Ipanema), abril de 2022 a março de 2023.	52
4.4	Consumo mensal Campus do Sertão (Restaurante Universitário), abril de 2022 a março de 2023	52
4.5	Consumo mensal médio em cada sede, abril de 2022 a março de 2023.	54
4.6	Energia a ser produzida mensalmente para compensar a diferença de tarifas, abril de 2022 a março de 2023.	54
4.7	Potência pico do gerador	55
4.8	Dados técnicos da placa solar Jinko Tiger Neo 565W	56
4.9	Potência do inversor	57
4.10	Estimativa de geração mensal	59
4.11	Componentes do gerador fotovoltaico	59
4.12	Valor investido	61
4.13	Saldo de energia elétrica	62
4.14	Projeção financeira	64

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Radiação Solar	18
2.2	Potencial de Irradiação Solar	19
2.3	Horas de Sol Pleno	20
2.4	Efeito Fotovoltaico	23
2.5	Células Fotovoltaicas	24
2.6	Módulo Fotovoltaico	27
2.7	Inversor	34
2.8	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)	34
2.9	Análise de Retorno Financeiro (<i>Payback</i>)	35
3	METODOLOGIA	36
3.1	Roteiro Metodológico	36
3.2	Região de Estudo: UFAL - Campus do Sertão	37
3.3	Dados da Incidência de Radiação Solar	39
3.4	Análise do Consumo de Energia Elétrica	39
3.5	Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico	43
3.6	Estimativa de Geração Mensal	46
3.7	Análise Econômica	46
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	50
4.1	Dados Obtidos	50
4.2	Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico	54
4.3	Estimativa de Geração Mensal	58
4.4	Modelo Esquemático do Gerador Fotovoltaico	59
4.5	Análise Econômica	60
4.6	Implicações Práticas	65
5	CONCLUSÃO	67

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	74

1

INTRODUÇÃO

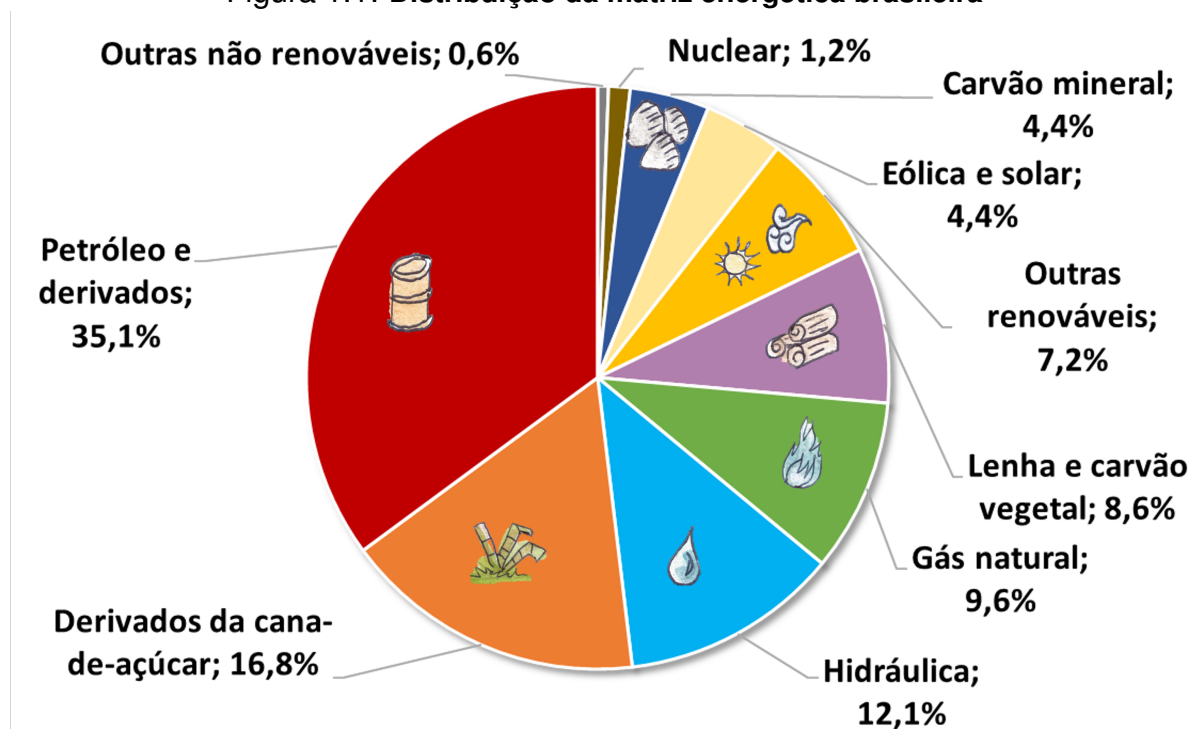
Conseguir um futuro de energia sustentável é o grande desafio do século XXI. Os padrões atuais de recursos energéticos e de uso de energia se mostram prejudiciais para o bem-estar de longo prazo da humanidade. A integridade dos sistemas naturais essenciais já está em risco por causa da mudança climática causada pelas emissões de gás estufa na atmosfera. Ao mesmo tempo, os serviços básicos de energia atualmente não estão disponíveis a um terço das pessoas do mundo e mais energia será essencial para um desenvolvimento sustentável e equitativo. Os riscos à segurança energética nacionais e globais são ainda mais exacerbados pelo custo crescente da energia e pela competição pelos recursos energéticos distribuídos irregularmente, Goldemberg e Chu (2010). Fica claro que a busca por fontes renováveis e com o mínimo de impacto ambiental possível é o melhor caminho a seguir, contudo a fonte escolhida deve ser também confiável e abundante a fim de garantir uma oferta energética segura e contínua em relação à sempre crescente demanda.

Segundo Gomes e Vieira (2009), a importância da energia elétrica é cada vez mais evidente na forma de organização da vida das nações e dos indivíduos, num processo de valorização crescente dessa fonte de energia que vem desde o começo da sua exploração comercial nos EUA e na Europa no final do século XIX.

O Brasil possui uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo, particularmente devido ao elevado percentual hidrelétrico, segundo o que os dados mostram há um crescimento da participação de fontes intensivas em carbono na geração de eletricidade. Enquanto os recursos hídricos tiveram uma variação de 2,3% entre 2018 e 2019, esse valor foi de 10,9% para o gás natural e de 7,9% para o carvão de acordo com Ministério de Minas e Energia em 2020, Silva e Barros (2021), porém ainda há grande dependência ao setor hidroelétrico na matriz energética o que pode gerar crises em tempos de estiagem, acarretando aumentos nas tarifas e instabilidade no fornecimento, além do aumento do uso de combustíveis fósseis para geração de energia. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética do Governo do Brasil a matriz nacional é predominantemente renovável como pode ser visto na Figura 1.1, porém é necessário

dar atenção ao uso cada mais acentuado de matrizes energéticas não renováveis.

Figura 1.1: **Distribuição da matriz energética brasileira**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE) Governo do Brasil, 2023.

Com o crescente aumento populacional e consumo de combustíveis fósseis, deve-se adotar um sistema de produção de energia que seja totalmente e ou parcialmente limpo, representando soluções para a crescente demanda energética mundiais visando minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente, dentre tais soluções destacam-se aquelas baseadas em fontes inesgotáveis de energia, tal como a energia solar, que aumenta gradativamente devido a consciência ambiental das pessoas como a economia que a mesma trás possibilitando um melhor aproveitamento financeiro e energético.

Nesse contexto, destaca-se o grande potencial solar que o Brasil possui, sendo possível interligar a energia solar com uma complementação nas redes elétricas atuais, Kemerich et al. (2016), além de atender as demandas ambientais, a microgeração fotovoltaica distribuída alivia o sistema elétrico e por vezes até complementa injetando energia elétrica no próprio sistema.

Uma alternativa viável em relação a essas matrizes comumente utilizadas em nosso país seriam as fontes renováveis, que são de certa forma, abundantes em todo território nacional, com Freitas e Zattar (2025) definindo essas fontes por elas se caracterizarem por serem reabastecidas pela própria natureza, podendo ser derivadas diretamente do Sol, como a fotovoltaica, ou indiretamente, como a eólica, até geotérmica e das energia das marés. Analisando as diferentes regiões brasileiras e suas subdivisões geográficas, fica claro que em cada uma delas há condições específicas que favorecem

o uso de uma ou outra dessas fontes renováveis não fósseis, entretanto a solar tem maior potencial visto a incidência de raios solares sobre o Brasil. Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro são superiores aos da maioria dos países da União Europeia (como Alemanha, França e Espanha), onde projetos para aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados, ENERGIA (2013).

A energia elétrica é uma forma de energia secundária, obtida a partir de diferentes fontes de energia primárias, capaz de entregar aos usuários finais energia através de extensas redes de distribuição. Ao longo das últimas décadas, a matriz energética de produção de energia elétrica tem-se diversificado de forma intensiva, como resposta ao aumento dos níveis de consumo Farias e Sellitto (2011), assim uma fonte primária confiável é a energia solar que segundo Bjork et al. (2011) é a energia obtida através do Sol usada para gerar eletricidade ou aquecer água.

Ainda assim, produzir eletricidade através da energia solar não é exatamente uma novidade. Em 1839, Edmond Becquerel, um físico francês, observou que duas placas de metal imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar. A esse fenômeno deu-se o nome de efeito fotovoltaico como afirma Machado e Miranda (2015) e é valendo-se desse efeito que a tecnologia de células fotovoltaicas converte a energia irradiada pelo Sol em energia elétrica e onde é baseada a tecnologia empregada atualmente em sistemas fotovoltaicos. A explicação do fenômeno é feita através da Física Quântica.

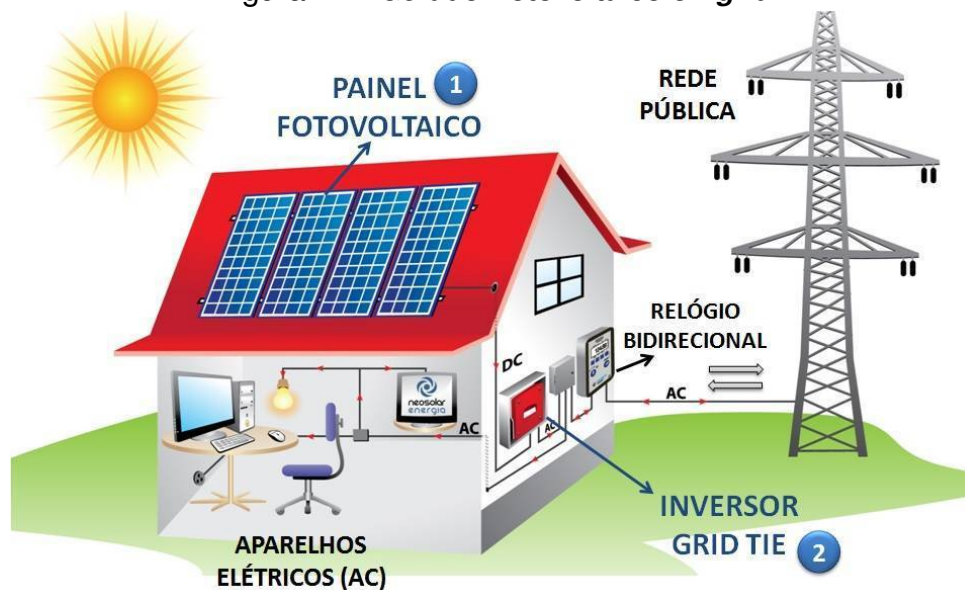
Quando integradas nos edifícios, as energias renováveis permitem que o balanço energético entre o despendido pela edificação e o gerado pela mesma, passe a ser próximo a zero ou positivo no lado da geração ao longo de um intervalo de tempo Fernandes e Haddad (2019), esse é de forma simplificada o conceito de edificação com energia líquida zero, que é a autossuficiência energética ou o mais próximo possível disso.

A geração fotovoltaica ocorre quando as células fotovoltaicas são expostas à luz, necessitando que esta energia tenha consumo imediato ou então seja armazenada. Assim, a geração fotovoltaica é dividida em dois grupos: sistemas fotovoltaicos conectados à rede ou sistemas isolados como define Santos et al. (2013).

Ainda que o conceito de energia líquida zero seja aplicado ao edifício é importante que este esteja conectado a rede elétrica pública ou tenha em seu sistema um banco de baterias. A Figura 1.2 exemplifica isso representando um sistema fotovoltaico conectado a rede pública de distribuição de energia elétrica, chamado sistema *on-grid*, que é constituído pelos módulos fotovoltaicos, o inversor de corrente e o medidor de energia.

O sistema *off-grid* representado na Figura 1.3 é constituído pelos mesmos com-

Figura 1.2: Gerador fotovoltaico *on-grid*



Fonte: Neo Solar, 2024.

ponentes, mas com a adição de controladores de carga e um banco de baterias para armazenamento de energia, que possibilita o isolamento em relação a rede de distribuição de energia elétrica, sendo esta característica a principal diferenciação entre eles.

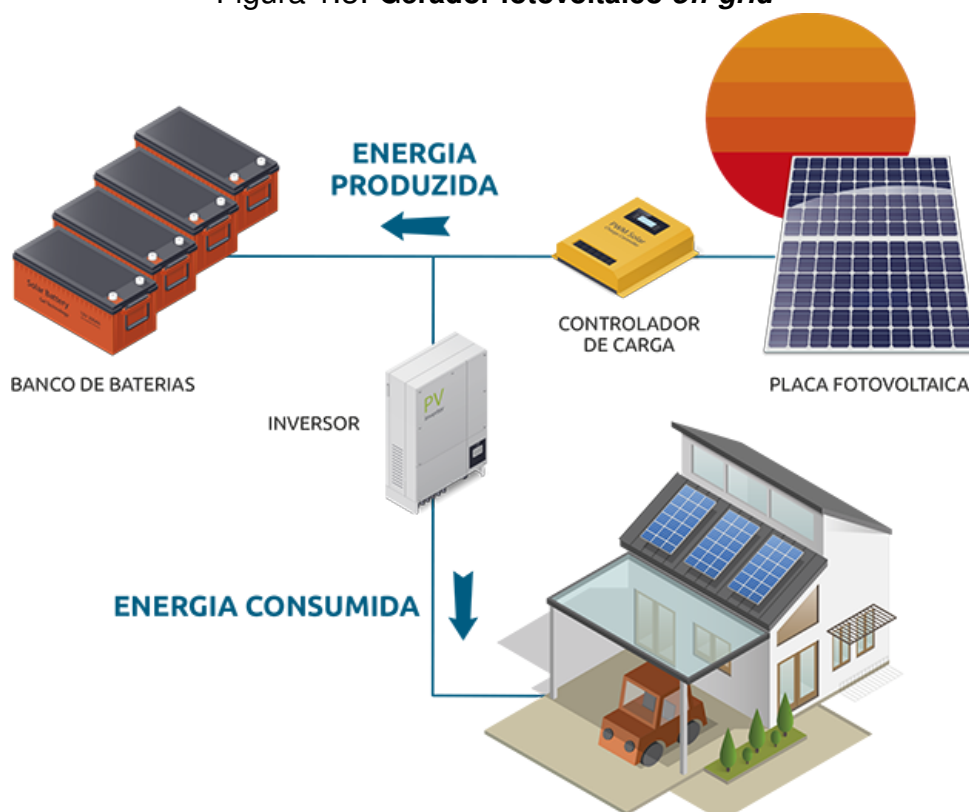
A despeito das vantagens e desvantagens em cada sistema, neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) será abordado o sistema conectado à rede ou sistema *on-grid*, visto que este é o sistema mais usual atualmente.

Objetivo

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo analisar a viabilidade e aplicabilidade da utilização de um sistema de energia solar fotovoltaico no Campus do Sertão da UFAL, verificando as possibilidades de consolidação de um projeto a ser instalado na região sertaneja em que o mesmo está localizado.

Para este fim é necessário analisar especificamente, o consumo energético e a irradiação solar incidente na região, para dessa forma, dimensionar um sistema de geração de energia fotovoltaico e por fim, estabelecer o nível de atratividade do custo em relação aos possíveis benefícios da instalação de uma usina fotovoltaica para o Campus do Sertão.

Figura 1.3: Gerador fotovoltaico *off-grid*



Fonte: Tecsystem informática, 2024.

Justificativa

Buscar formas de energia confiáveis e com baixo custo é o grande desafio atual, assim, uma matriz energética favorável a esse contexto é a fotovoltaica, sobretudo considerando-se a área de estudo observada nesse trabalho, o *Campus* do Sertão que é situado no sertão de Alagoas na região nordeste do Brasil.

Conciliar as necessidades energética, com seus custos cada vez maiores é um grande desafio para qualquer gestão institucional, desta maneira, buscar formas de mitigar o máximo possível o impacto financeiro da demanda de energia elétrica é o ponto central, ainda mais valendo-se de uma forma de produção mais limpa e abundante como a fotovoltaica.

Desta forma, essa pesquisa pode trazer aspectos positivos para a comunidade acadêmica do sertão, visto que através dela é possível projetar um gerador fotovoltaico para o *campus* e atender a suas necessidades energéticas ao mesmo tempo em que desalocará recursos que antes seriam destinados a manutenção, pagamento de contas, endereçando-os agora ao ensino e extensão, que dão a finalidade primordial a Universidade.

Contextualização do Problema

Neste trabalho busca-se determinar a viabilidade da instalação de uma usina solar fotovoltaica no *Campus* do Sertão, desta maneira, observando a viabilidade do empreendimento do ponto de vista de se atingir a potência necessária em função da oferta de irradiação solar na região, observando a área necessária para tal instalação e a conformidade financeira do investimento inicial com o tempo de retorno desse aporte.

Assim, devemos analisar para tanto, a oferta de irradiação solar na região com intuito de verificar o atendimento da demanda energética e verificar a correlação com o consumo, observando ainda a atratividade financeira do projeto em relação ao tempo de retorno.

Estrutura do Trabalho

O trabalho estrutura-se em cinco capítulos, onde estão organizados os conteúdos que constituem o embasamento teórico até a ordenação dos dados e os resultados obtidos através da análise destes dados.

No primeiro capítulo temos a introdução, com um apanhado sobre os desafios atuais em questões energéticas, ao mesmo tempo em que é apresentado um retrato da matriz energética brasileira e a introdução de termos e conceitos que serão abordados no decorrer deste trabalho.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, sendo exposto nessa parte do trabalho todo o embasamento científico no qual a tecnologia estudada alicerça seu funcionamento, bem como uma apresentação de como estes componentes funcionam e a interdependência entre eles, além de conceitos necessários para a análise final da viabilidade do projeto proposto. Bem como também o aprofundamento em alguns conceitos apresentados no capítulo inicial.

O metodologia utilizada é apresentada no terceiro capítulo, com a exposição dos métodos empregados na aquisição de dados para a análise no trabalho, a forma como esses dados foram processados e a apresentação do equacionamento utilizado para se projetar a usina fotogeradora proposta, assim como o método de análise financeira empregado.

No quarto capítulo são expostos os resultados obtidos através do emprego da metodologia apresentada no capítulo 3, com estes sendo apresentados em tabelas organizadas para melhor compreensão do que foi dimensionado, bem como a apresentação de gráficos para ilustrar esse processo. Neste capítulo também são apresentados exemplos dos cálculos executados com as equações apresentadas anteriormente.

Por fim, as conclusões a cerca do que foi proposto são expostas no quinto capítulo deste trabalho.

2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Radiação Solar

A radiação solar é emitida pelo Sol na forma de ondas eletromagnéticas. Essa é a fonte energética que causa os fenômenos atmosféricos, como o ciclo da água, os ventos e os processos físico-químicos desenvolvidos pelos ecossistemas. Essa abundante fonte de energia pode ser aproveitada para os mais diversos fins, desde a simples iluminação direta à geração de energia solar fotovoltaica. Com a vantagem de poder ser considerada uma fonte de energia limpa, amplamente disponível e potencialmente inesgotável quando se leva em conta a escala de tempo da vida no planeta.

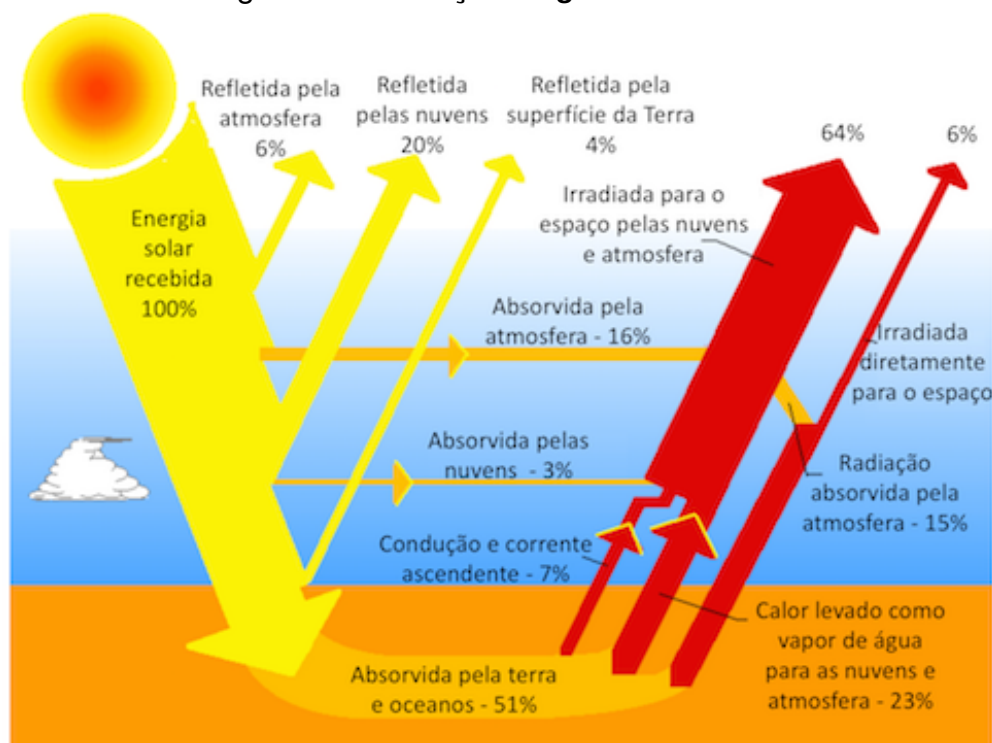
O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, $1,5 \cdot 10^{18}$ kWh de energia. Trata-se de um valor considerável, correspondendo a 10000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia (térmica, elétrica, etc.), CRESESB (2023).

A disponibilidade do recurso energético solar e a sua variação espacial e temporal estão intrinsecamente relacionadas a conceitos astronômicos, o fluxo de irradiância solar apresenta variação de incidência oscilando entre $1.325W/m^2$ e $1.412W/m^2$, com o valor médio de $1.366W/m^2$ que é definido como a constante solar por Pereira et al. (2017).

Embora a atmosfera seja muito transparente à radiação solar incidente, somente em torno de 25% dessa radiação penetra diretamente na superfície da Terra sem nenhuma interferência da atmosfera. Os outros 75% restante é refletido de volta para o espaço ou é absorvido ou é espalhado e volta até atingir a superfície da Terra ou pode retornar ao espaço, UFPR (2023). A energia solar que incide sobre a superfície do planeta influenciada por processos físicos também sofre variação, com isso a irradiância solar

é atenuada fazendo com que esta atinja seu valor máximo de $1.000W/m^2$ durante o meio dia solar, porém no Brasil já foram observados valores máximos de $1.822W/m^2$ segundo RÜTHER et al. (2017).

Figura 2.1: **Balanco energético da Terra**



Fonte: Wikimedia Commons, 2023.

O balanço energético da radiação solar que chega à Terra pode ser observado na Figura 2.1, onde são ilustrados os meios de absorção e refração da irradiação. De toda radiação recebida pelo sistema atmosfera-superfície cerca de 30% é diretamente refletida para o espaço e 19% sendo absorvida pela atmosfera e nuvens, permitindo que 51% da energia projetada sobre o planeta seja absorvida pela superfície.

2.2 Potencial de Irradiação Solar

A irradiação solar é definida como a quantidade de energia que o Sol irradia sobre determinada área em certa quantidade de tempo, usualmente é medida em kilowatt hora por metro quadrado, kWh/m^2 .

Os níveis de irradiação solar no Brasil são favoráveis a geração de energia elétrica fotovoltaica, com maior potencial mesmo quando comparado a Europa que é uma das regiões do mundo que mais incentiva a produção desse tipo de energia.

A área que apresenta o menor nível de irradiação solar no Brasil é o litoral norte de Santa Catarina com $1500kWh/m^2$ de irradiação global anual, enquanto na Europa

nos países líderes em geração de energia solar, Alemanha e Espanha, apresentam índices de incidência variando entre $900kWh/m^2$ a $1250kWh/m^2$ e $1200kWh/m^2$ a $1950kWh/m^2$ respectivamente de acordo com Rosa e Gasparin (2016), a Tabela 2.1 mostra esses dados de forma ordenada.

Tabela 2.1: Tabela comparativa de potenciais de irradiação solar.

Região	Menor incidência kWh/m^2	maior incidência kWh/m^2
Alemanha	900	1250
Espanha	1200	1950
litoral norte de Santa Catarina	1500	2350

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Rosa & Gasparin, 2016

Comparando-se, especificamente, Brasil e Alemanha, visto que este país é considerado um dos maiores detentores do estado da arte e da técnica do aproveitamento da radiação solar, tanto por seus resultados quanto por suas políticas de energias renováveis, através da Figura 2.2 é possível notar que a região menos ensolarada no Brasil recebe cerca de 40% mais radiação que a região mais ensolarada da Alemanha, destacando que o Brasil tem maior potencial.

É evidente o enorme potencial de geração de energia fotovoltaica do Brasil, visto que comparativamente a países mais adiantados no uso da energia solar, os níveis de irradiação no território brasileiro, mesmo nas áreas de menor insolação, são consideravelmente maiores.

A 2ª edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar disponibiliza mapas com a média anual de irradiação diária, Figura 2.3, como também mapas com as médias mensais, Figura 2.4. Dados mais detalhados para cada município específico podem ser adquiridos no site do LABREN (2021) - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia.

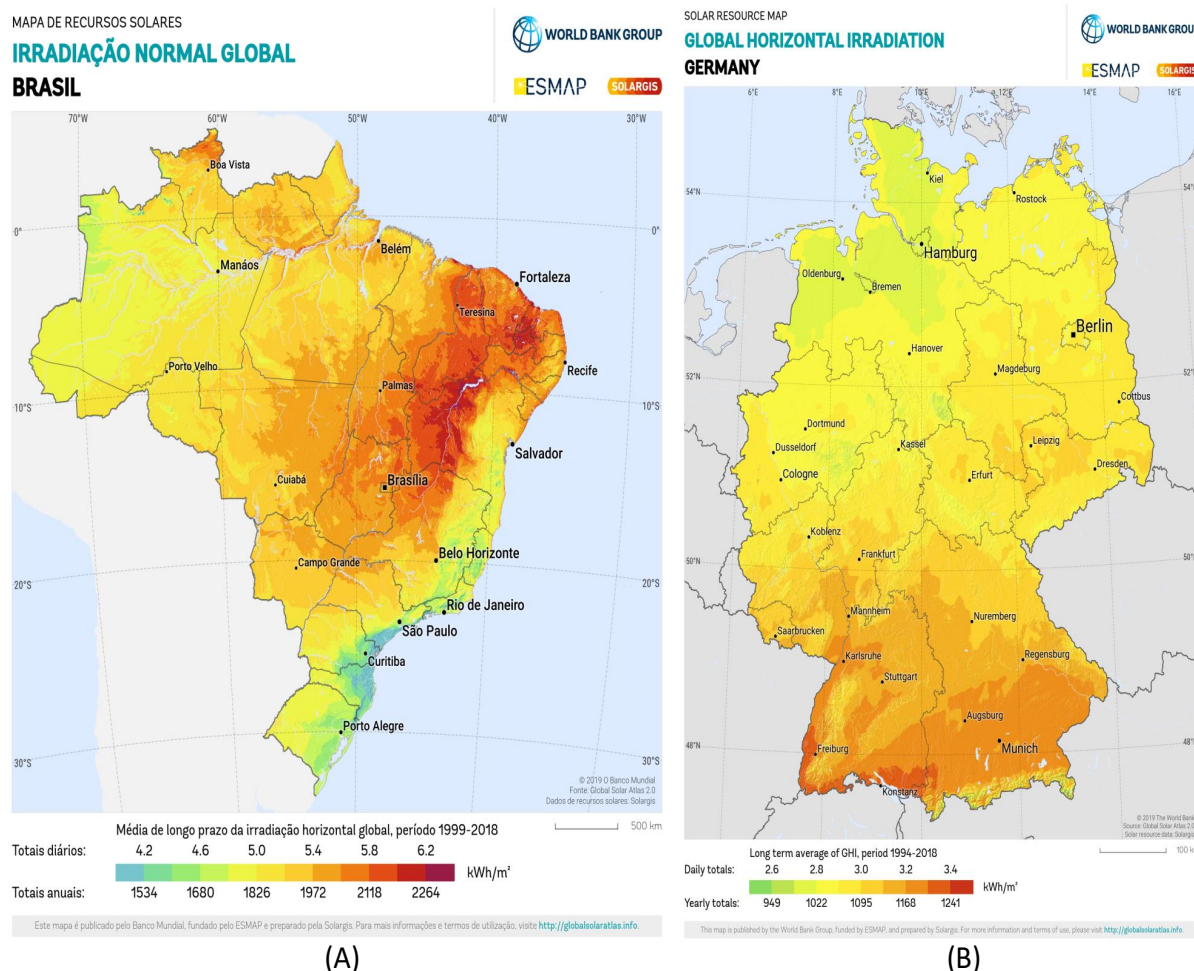
Observando a figura 2.3 é possível localizar uma área que se estende deste o norte do estado de Minas Gerais e compreende grande parte da região nordeste do Brasil, essa área apresenta a maior incidência de radiação solar do país com potencial de geração de energia elétrica com eficiência durante todo o ano.

É possível notar na Figura 2.4 que o potencial de geração na área descrita anteriormente é inclusive superior que as demais regiões brasileiras durante todo o ano, tendo um índice radiação solar relativamente alto até nos meses de inverno.

2.3 Horas de Sol Pleno

O conceito de horas de Sol pleno é fator essencial no processo de planejamento de sistemas fotovoltaicos, especialmente na determinação da potência instalada.

Figura 2.2: Irradiação global normal-Brasil (A) / Irradiação global normal-Alemanha (B)



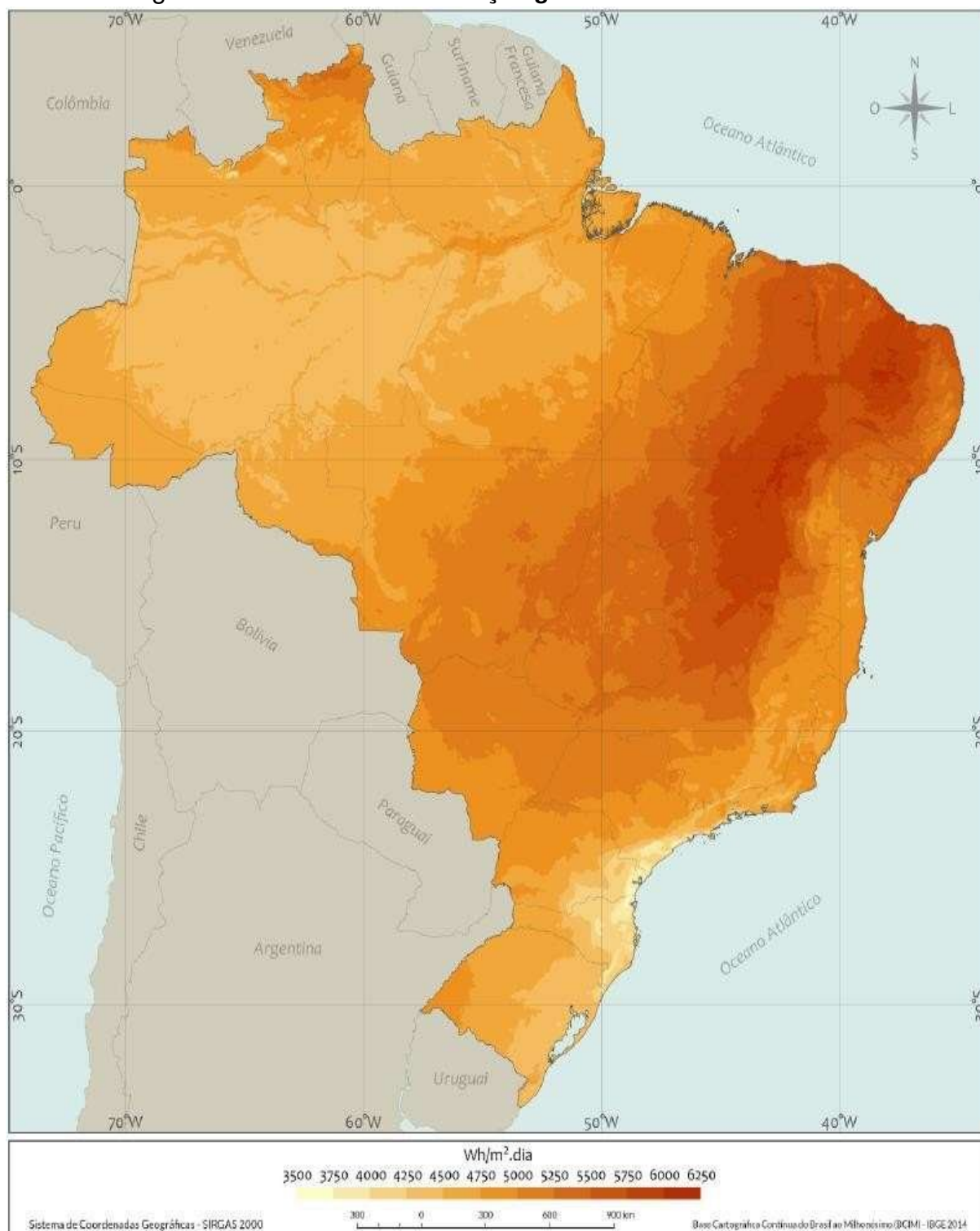
Fonte: Global Solar Atlas 2.0, 2023.

Segundo Ferreira (2019) este conceito pode ser definido observando-se que existe certa incidência de radiação solar sobre uma área qualquer, que nada mais é do que a potência radiante solar por unidade de área a cada instante de tempo, ao fim do dia haverá uma quantidade de energia solar disponibilizada pelo Sol no local de incidência. Esta energia solar pode ser chamada de irradiação solar que representa a integralização da irradiância solar ao longo de um dia. A Figura 2.5 exemplifica essa noção de integralização da irradiância para diferentes condições climáticas.

Em virtude de fatores ambientais e da movimentação de rotação e translação da Terra a irradiação solar incidente sobre a superfície sofre variações ao longo do dia, com seu ápice em um dia ensolarado definido tipicamente como ao meio dia, 12 : 00h.

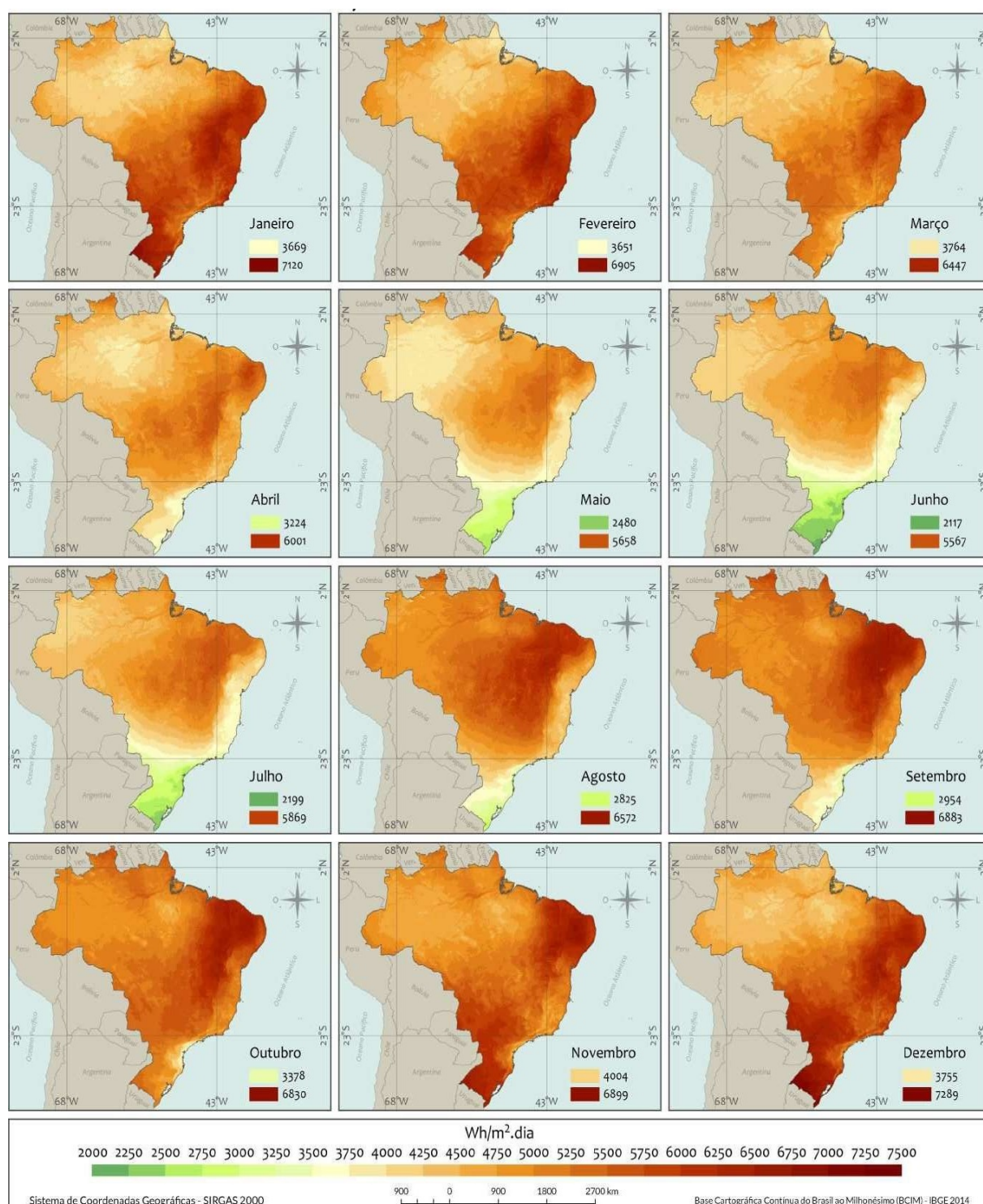
A quantidade de horas de Sol pleno, HSP , indica a quantificação do número de horas do dia em que a irradiação solar atinge uma taxa hipotética constante de $1kW/m^2$.

Figura 2.3: Total diário de radiação global horizontal-média anual



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

Figura 2.4: Total diário de radiação global horizontal-médias mensais

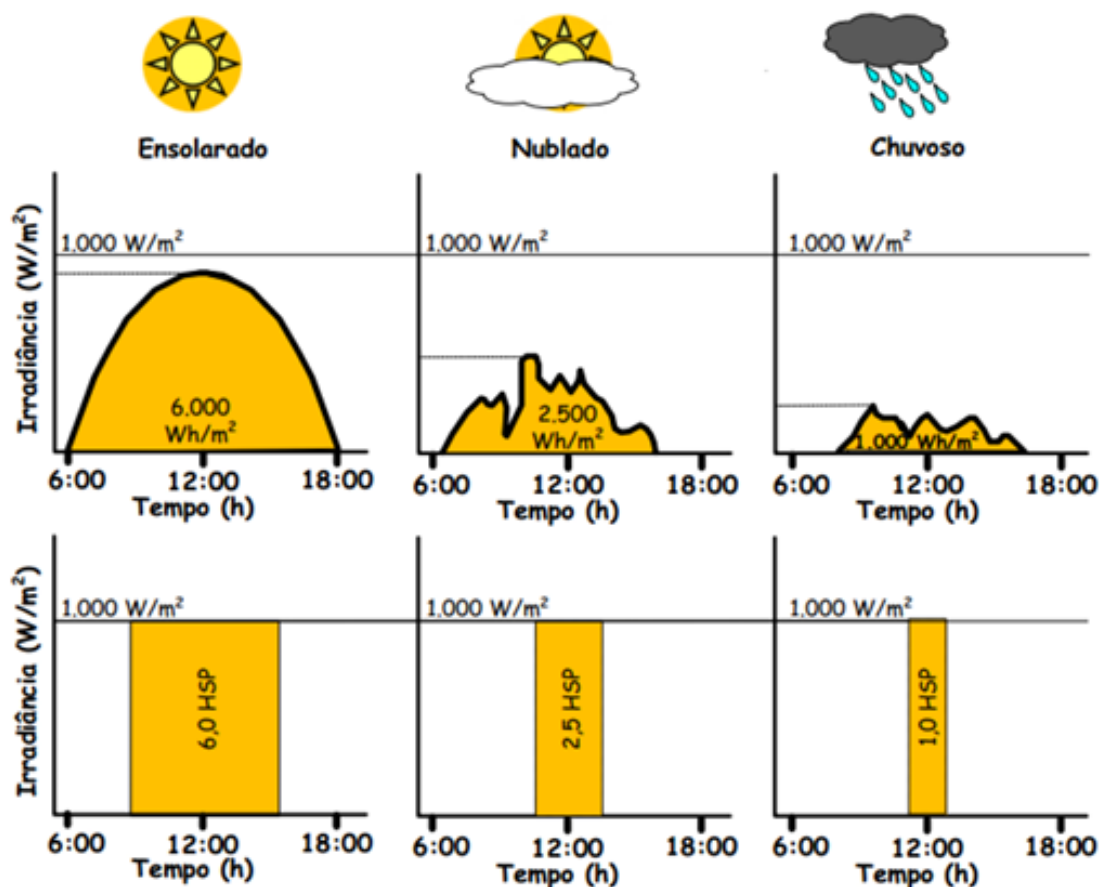


Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

2.4 Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico é a criação de corrente elétrica ou tensão elétrica em um material fotossensível devido a sua exposição à luz solar.

Figura 2.5: Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP.



Fonte: Andrade, 2014

Tal efeito foi observado pela primeira vez ainda no séc. *XIX* pelo cientista francês *Alexandre-Edmond Becquerel* no ano de 1839, ao observar que surgia uma diferença de potencial entre eletrodos de prata ou platina imersos em solução ácida quando o sistema era iluminado. Somente trinta e sete anos mais tarde em 1876, tal efeito foi observado em materiais sólidos, com o efeito sendo observado no selênio pelo engenheiro elétrico inglês Willoughby Smith SCHERER et al. (2015).

A descoberta do efeito fotovoltaico permitiu o desenvolvimento das células fotovoltaicas.

2.5 Células Fotovoltaicas

A célula fotovoltaica é o dispositivo que converte a energia solar em energia elétrica. O efeito fotovoltaico é o surgimento de uma diferença de potencial em um material semicondutor que recebe radiação solar, possibilitando a geração de corrente elétrica em um circuito condutor externo. Esse efeito é utilizado na produção de painéis

solares fotovoltaicos. Já o efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons de um material, geralmente metálico, quando recebe radiação em determinada frequência, sendo utilizado, principalmente, na produção de sensores ópticos.

As primeiras células fotovoltaicas baseadas em dispositivos semi-condutores apareceram na década de 1950 nos Estados Unidos da América, fabricadas nos Laboratórios Bell, eram fabricadas a partir de lâminas de silício cristalino e com uma área de 2cm^2 possuíam uma potência de 5 mW com eficiência de 6%, considerada uma eficiência alta à época, conforme PINTO e GALDINO (2014).

Princípio de Funcionamento das Células Fotovoltaicas

Um material semicondutor é caracterizado pela separação entre duas bandas de energia permitidas, a banda de separação ou banda de energia que existe entre elas é denominada de banda proibida, que pode apresentar valores de até 3eV (eletrón-volt). Materiais com valores acima desse são considerados isolantes.

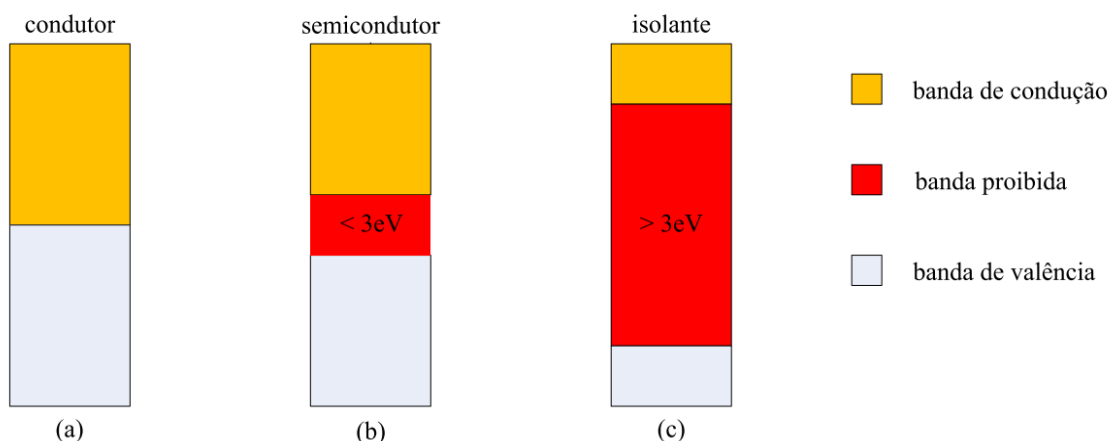
As bandas de energias são camadas ou níveis eletrônicos na estrutura atômica, em que a última camada é conhecida como banda de valência, ou seja, a camada mais elevada com a presença de elétrons influenciados pelo núcleo do átomo. Já a banda de condução é a camada mais externa após a banda de valência. Os elétrons desta camada são chamados de elétrons livres, pois o núcleo atômico não exerce influência sobre eles. Entre a banda de valência e a banda de condução existe a banda de energia proibida (*bandgap*), sendo ela que determina através do seu espaçamento o comportamento de materiais como isolantes, semicondutores ou condutores. No caso dos semicondutores, estes possuem um espaçamento da banda de energia intermediário, assim, a energia necessária para que os elétrons saiam da banda de valência para a banda de condução, seja menor do que em um material isolante e maior do que em um material condutor, Costa (2021). A Figura 2.6 ilustra as estruturas de banda de energia em materiais condutores, semi-condutores e isolantes.

A concepção de células fotovoltaicas só é possível graças a possibilidade de fótons incidentes no semicondutor gerarem pares elétron-lacuna, estes podem movimentar-se dentro do material aumentando a condutividade elétrica, esse é o efeito fotocondutivo. Para conseguir o efeito fotovoltaico é preciso que haja a separação dos portadores negativos (elétrons) dos positivos (lacunas), para tanto é necessária a aplicação de um campo elétrico, que é alcançado através da junção *pn*.

A junção *pn* é construída através da introdução de impurezas no material semicondutor intrínseco, essas impurezas podem também ser chamada de dopantes. Quando são inseridas de forma controlada e em pequenas quantidades no material semicondutor alteram de maneira drástica as propriedades elétricas do semicondutor.

As impurezas ou dopantes podem ser do tipo *p* com carga positiva e que geram as

Figura 2.6: Estruturas de banda de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes.

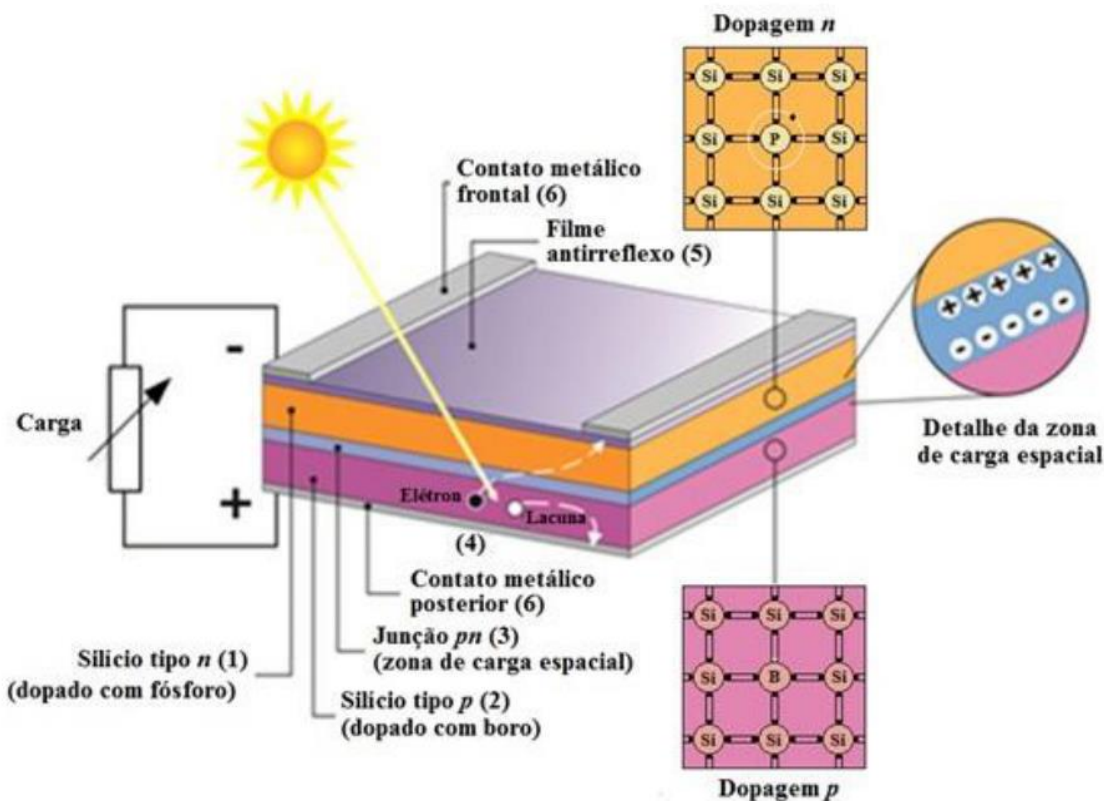


Fonte: Andrade, 2014

lacunas e do tipo n e que cedem elétrons, PINTO e GALDINO (2014).

Assim, uma célula fotovoltaica é constituída basicamente por duas lâminas de material semicondutor dopadas por impurezas, uma camada com dopagem n e outra com dopagem p . Na interface entre as duas camadas é formada a junta pn que gera um campo elétrico, dessa forma, quando um fóton atinge a superfície da célula e gera uma excitação dentro do material, ocorre a movimentação de elétrons e de lacunas. Essa movimentação de cargas acarreta em uma diferença de potencial elétrico. Na Figura 2.7 é possível observar o esquema da estrutura básica de uma célula fotovoltaica.

Figura 2.7: Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício destacando: (1) região tipo *n*; (2) região tipo *p*, (3) zona de carga espacial, onde se formou a junção *pn* e o campo elétrico; (4) geração de par elétron-lacuna; (5) filme antirreflexo; (6) contatos metálicos.



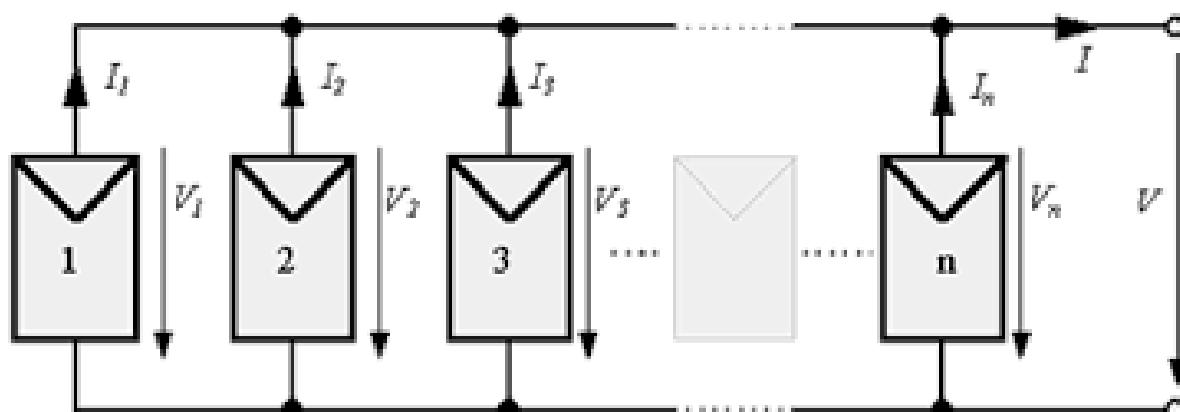
Fonte: Andrade, 2014

2.6 Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é o gerador de energia elétrica em sistemas de geração solar fotovoltaica, ele consiste em diversas células fotovoltaicas combinadas de forma a produzir corrente e tensão elétrica satisfatórias para aplicações de forma prática.

Um módulo pode ter suas células arranjadas em série ou em paralelo, porém a forma mais comum é a disposição em série. No arranjo das células em paralelo, como na Figura 2.8, a corrente gerada em cada célula é somada enquanto a tensão permanece a mesma gerada pela célula individual, esse esquema usualmente não é utilizado devido a tensão resultante ser baixa e não apresentar aplicações práticas, salvo em casos específicos.

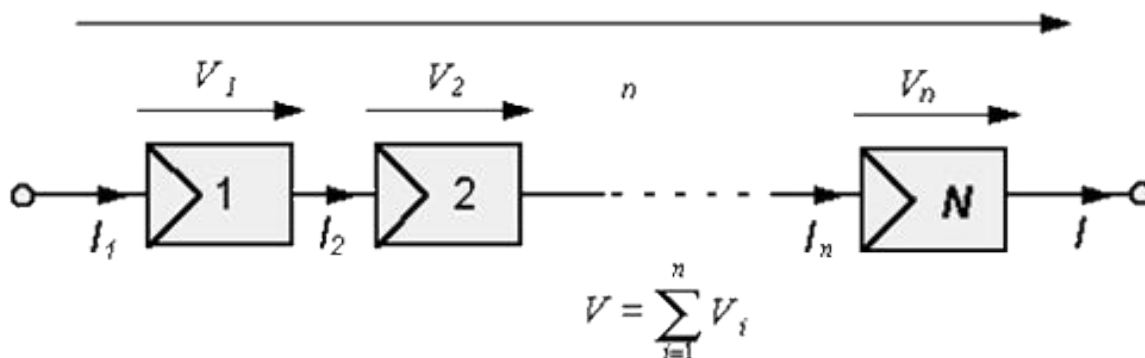
Figura 2.8: Arranjos de células fotovoltaicas em paralelo



Fonte: CRESESB, 2008

O arranjo mais usual em módulos fotovoltaicos é a ligação em série das células, onde a tensão gerada em cada célula conectada no agrupamento é somada, ao passo que a corrente permanece igual a corrente de uma célula unitária, esse tipo de arranjo das células é representado na Figura 2.9.

Figura 2.9: Arranjos de células fotovoltaicas em série



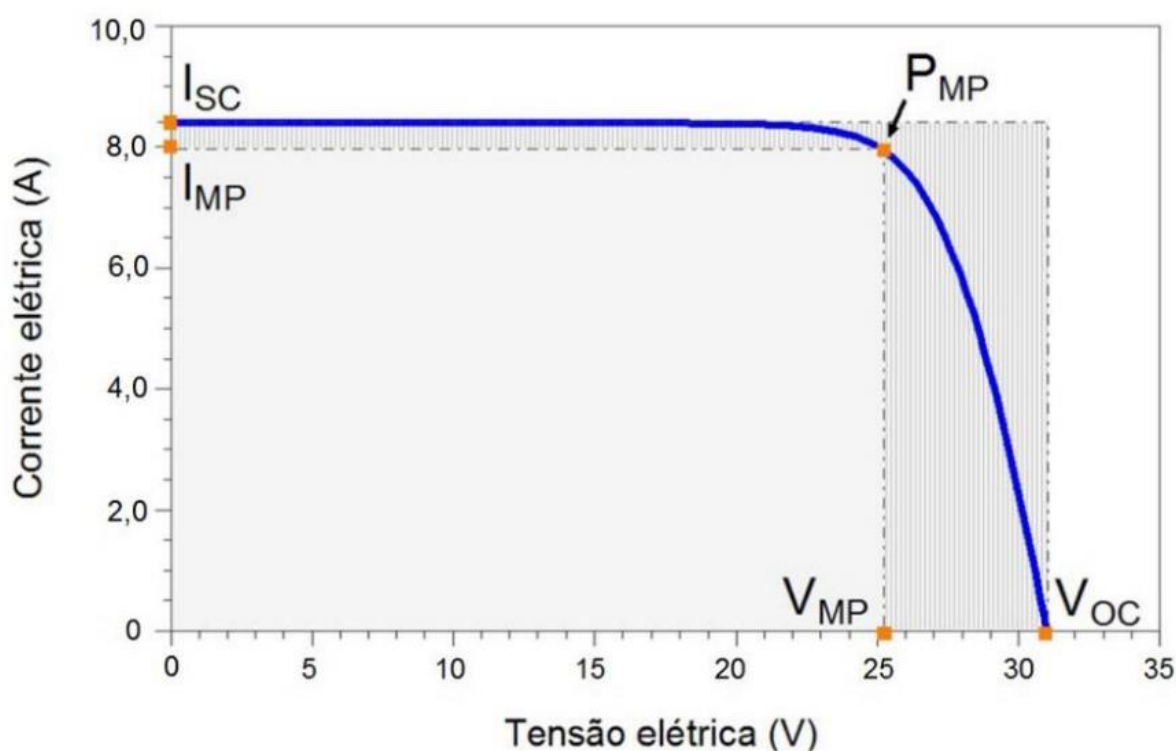
Fonte: CRESESB, 2008

Dependendo da tecnologia de células fotovoltaicas utilizadas na produção do módulo ele pode ser rígido ou flexível. Módulos rígidos são comumente compostos por células de silício cristalino e módulos flexíveis por células de filme fino.

Os módulos fotovoltaicos são caracterizados eletricamente por meio da sua curva $I - V$, com a identificação do módulo sendo feita de maneira geral pela potência elétrica de pico (P_P). Essas características são obtidas a partir de ensaios realizados nas condições-padrão: irradiação solar, $1000W/m^2$; espectro solar $AM1,5$; e temperatura de $25^\circ C$.

A figura 2.10 representa a curva $I - V$ de uma placa solar obtida após ensaio. São observados a partir dela parâmetros que definem eletricamente o módulo como o fator de preenchimento (FF) - *Fill Factor*, a tensão de circuito aberto (V_{OC}) *Voltage open circuit*, a corrente de curto-circuito (I_{SC}) *Voltage short circuit*, a potência máxima (P_{MP}), a eficiência (η), a corrente elétrica (I_{MP}) e a tensão elétrica no ponto de máxima potência (V_{MP}).

Figura 2.10: **Curva da corrente elétrica em função da tensão aplicada a um módulo fotovoltaico, medida em condições padrão.**

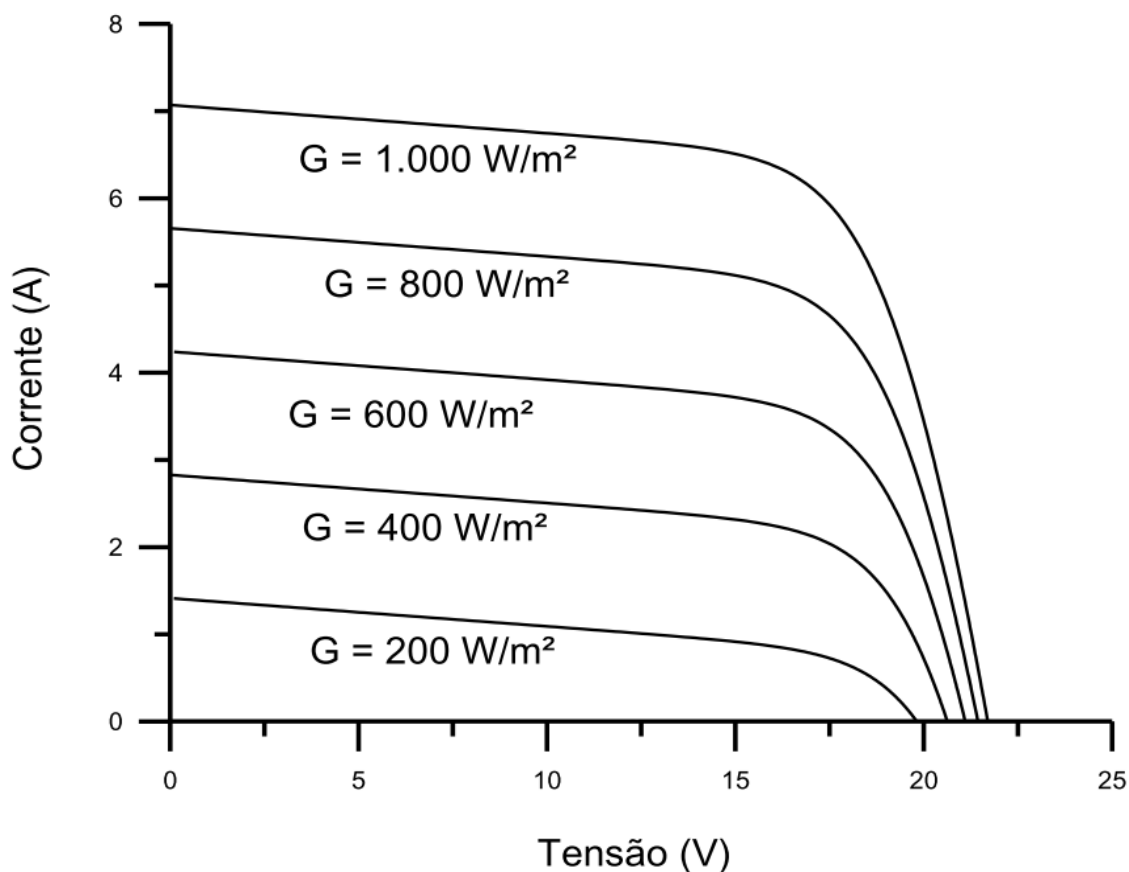


Fonte: ARAÚJO et al, 2014.

A forma como os módulos se comportam é influenciada pela irradiação solar, pela temperatura das células e pelo sombreamento, que são fatores ambientais e estão diretamente ligados ao clima local e ao ponto de instalação do gerador.

A irradiância solar afeta diretamente o desempenho do módulo, de modo que quanto maior ela for maior será a corrente gerada pelo módulo, como mostra a Figura 2.11.

Figura 2.11: Efeito causado pela variação da irradiância solar sobre a curva característica I-V para um módulo fotovoltaico de 36 células de silício cristalino (c-Si) a 25 °C.

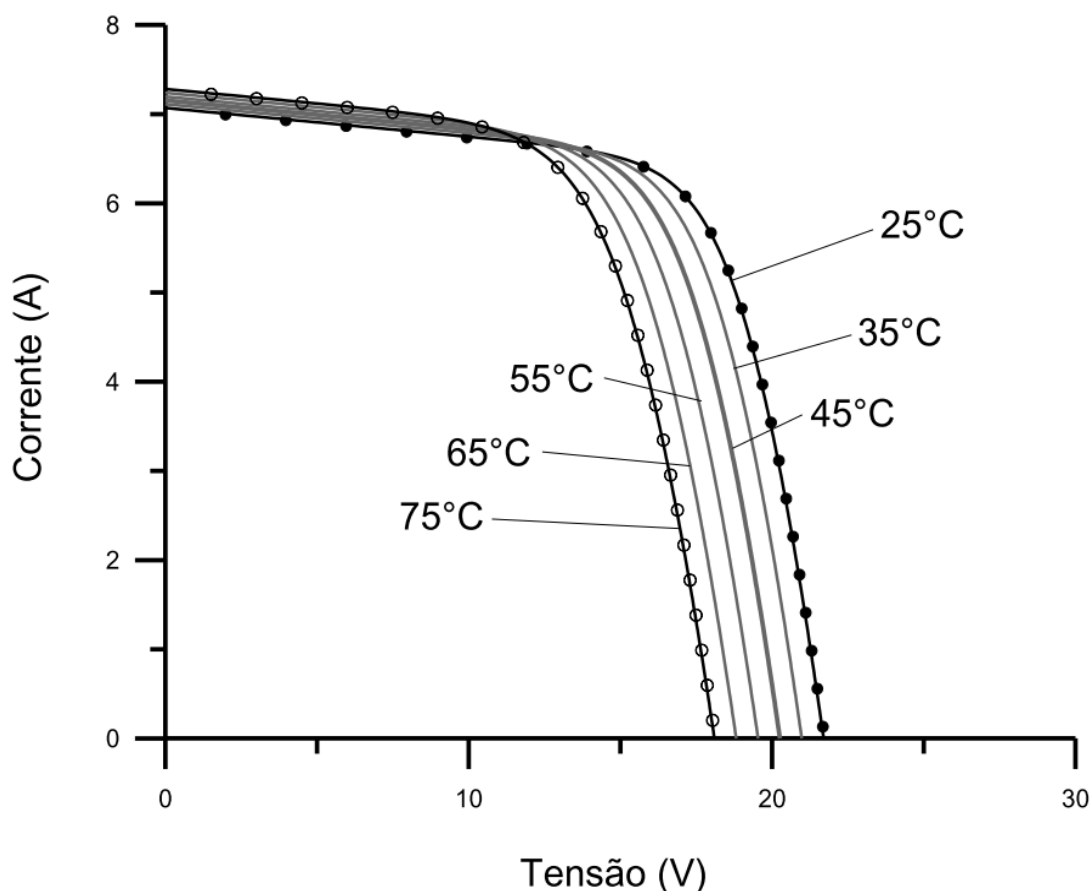


Fonte: PINTO & GALDINO, 2014.

Já a variação positiva da temperatura das células provoca uma elevação da corrente gerada e diminuição da tensão, essa variação é afetada pela radiação solar incidente e pela temperatura ambiente. O efeito da temperatura é ilustrado conforme a Figura 2.12, onde é possível observar as curvas apresentando o comportamento para cada faixa de temperatura entre 25 °C e 75 °C, relacionando a tensão e a corrente que mostra variações entre 25 °C e 75 °C. Pode-se observar que a área abaixo da curva $I - V$ fica menor com o aumento da temperatura, resultando em menor eficiência do módulo fotovoltaico.

Cada módulo possui uma temperatura nominal de operação que geralmente varia entre 40 °C e 50 °C e é indicada pelo fabricante, sob a sigla em língua inglesa NOCT (*Nominal Operating Cell Temperature*).

Figura 2.12: Efeito causado pela variação da temperatura das células sobre a curva característica I-V para um módulo fotovoltaico de 36 células de silício cristalino (c-Si) sob irradiância de 1.000 W/m².



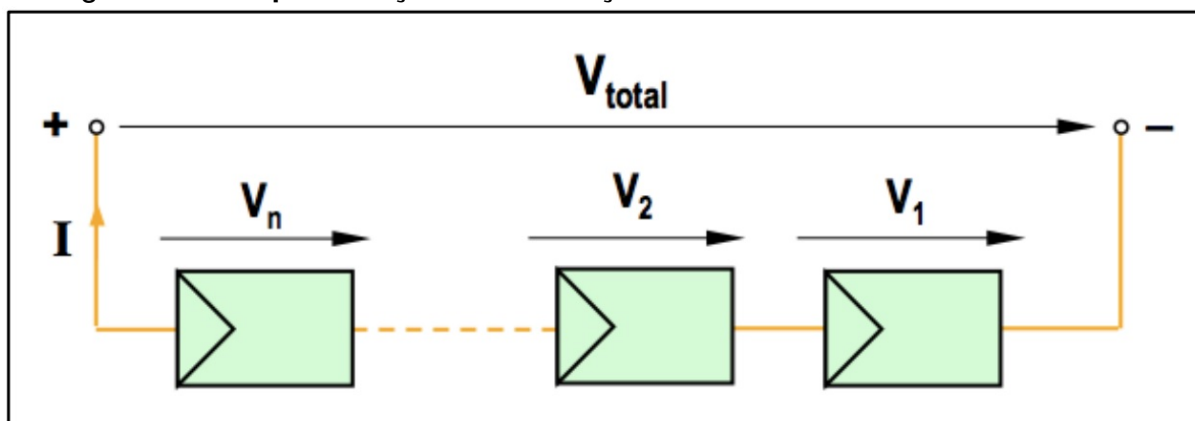
Fonte: PINTO & GALDINO, 2014.

Associação de Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos podem ser interligados a fim de se conseguir aumentar a potência máxima, assim, a associação pode se realizar em série ou em paralelo, Carneiro (2010).

A associação em série permite a obtenção de tensões mais elevadas enquanto a corrente nominal do módulo se mantém, conforme representa a Figura 2.13 mostrando um esquema de associação em série, em que é possível observar que a tensão total, V_{TOTAL} , é a soma da tensão nominal de cada módulo ligado em série, ao passo que a corrente elétrica, I , permanece igual ao valor nominal individual de cada módulo.

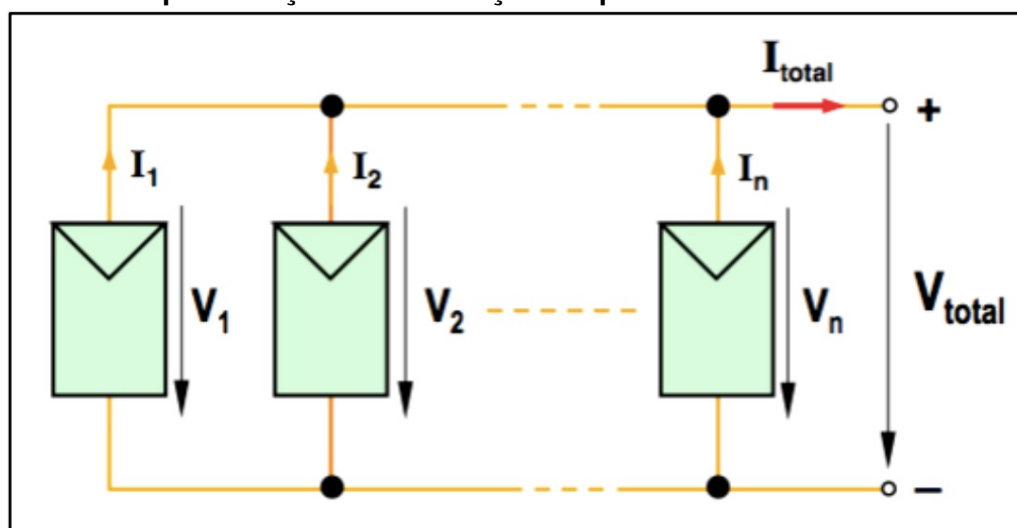
Figura 2.13: Representação da associação em série de n módulos fotovoltaicos



Fonte: CARNEIRO, 2010

De maneira semelhante, a associação em paralelo permite a obtenção de correntes mais elevadas enquanto a tensão nominal do módulo se mantém, conforme representa a Figura 2.14 mostrando um esquema de associação em paralelo, onde é possível observar que a tensão total, V_{TOTAL} , é igual a tensão nominal de cada módulo, ao tempo que a corrente elétrica, I_{TOTAL} , é a soma da corrente elétrica de cada módulo fotovoltaico empregado no arranjo.

Figura 2.14: Representação da associação em paralelo de n módulos fotovoltaicos



Fonte: CARNEIRO, 2010

Suportes para Instalação dos Módulos

Os módulos fotovoltaicos do sistema de geração devem ser instalados preferencialmente em locais que privilegiam a luz solar, assim são demandadas áreas abertas e livres de sombreamentos para possibilitar a maior exposição possível à irradiação solar.

Dentre as opções de estruturas e suportes para instalação dos módulos fotovoltaicos os denominados *Carports* podem ser considerados boas opções, visto que em uma mesma área contempla a instalação dos módulos ao mesmo tempo que fornece abrigo aos veículos.

O *carport* solar é um abrigo de veículos que, em sua cobertura, não possui telhas ou outro tipo de telhado convencional, mas, sim, módulos fotovoltaicos que captam energia solar. Assim, ao mesmo tempo que protege os veículos do Sol, esse tipo de estacionamento produz eletricidade por meio de painéis solares, observando ainda o que fala Solar (2023), nota-se que em suas instalações são utilizadas estruturas metálicas que servem como suporte para as placas fotovoltaicas, sendo semelhantes aos sistemas fotovoltaicos instalados sobre o solo, porém com maior altura, como pode ser observado na Figura 2.15. Essas estruturas de suporte proporcionam uma boa fixação das placas e um bom posicionamento em relação ao Sol, otimizando a captação da luz solar.

Figura 2.15: **Carport Solar**



Fonte: Portal Solar, 2023

A principal vantagem do *carport* solar é seu benefício duplo em proteger os veículos dos danos causados pela exposição ao Sol ao mesmo tempo que os módulos fotovol-

taicos instalados produzem energia elétrica através da luz captada. Outro benefício adicional é que utiliza um mesmo espaço para duas finalidades, estacionamento de veículos coberto e usina de geração fotovoltaica, fazendo com que o investimento seja reduzido e que mais locais possam ser contemplados com a geração de energia solar.

2.7 Inversor

Um inversor é um dispositivo eletrônico que converte energia elétrica a partir de fonte de corrente contínua (c. c.) em corrente alternada (c. a.), segundo PINTO e GALDINO (2014). A tensão da corrente alternada de saída deve ser adequada às solicitações a que o sistema alimentado será exigido. Para sistemas *on-grid* a tensão de saída c.a. deve ser também sincronizada com a tensão da rede.

Segundo Rampinelli et al. (2013) os sistemas fotovoltaicos, isolados da rede ou conectados à rede, de pequenas potências utilizam inversores monofásicos, para potências maiores que 5 kW, são necessários vários inversores monofásicos. Para plantas fotovoltaicas de potências superiores a 5 kW, é conveniente a utilização de inversores trifásicos, uma vez que o número de inversores da instalação e, conseqüentemente, os custos podem ser reduzidos.

O inversor é fundamental em um sistema foto-gerador pois a corrente gerada é contínua ao passo que os dispositivos que serão alimentados utilizam corrente alternada.

2.8 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) são aqueles em que a energia produzida pelo sistema pode ser consumida diretamente pela carga ou injetada diretamente na rede elétrica convencional ANDRADE (2014).

A resolução RN 1059/2023 ANEEL (2023) classifica os sistemas conectados à rede de acordo com a potência instalada em corrente alternada, assim, para valores até 75 kW o sistema é caracterizado como microgeração distribuída e para valores acima do citado e inferiores a 5 MW caracterizado como microgeração distribuída.

Estes sistemas utilizam inversores *grid-tie*, podendo ser monofásicos ou trifásicos a depender da potência instalada, bem como sistemas de monitoramento, os *dataloggers*, que são um dispositivo eletrônico que faz o registro de dados ao longo do tempo, aplicado à geração de energia fotovoltaica, ele se comunica com os inversores de energia, captando dados que são utilizados no monitoramento de usinas, os dispositivos que possuem conexão com a *internet* a função de monitoramento está conectada a um serviço de monitoramento *online*, Evercode (2019).

2.9 Análise de Retorno Financeiro (*Payback*)

A análise financeira recorre inevitavelmente às informações financeiras e tem por objetivo maior permitir uma compreensão simultaneamente mais rápida e profunda dos parâmetros disponíveis, Pinho e Tavares (2012). Dessa forma, a análise do aspecto financeiro do projeto é fundamental, sendo feita a partir dos dados coletados e do orçamento para a eventual implementação do sistema gerador. Com isso será analisado o gasto com pagamentos de contas de energia elétrica do Campus e comparados com os possíveis retornos, estes em forma de economia com o abatimento do valor da conta de energia elétrica decorrente da geração própria de energia elétrica.

Com isso estabelecendo o prazo de retorno do investimento (PRI) como critério a ser observado, segundo o SEBRAE (2023), esse prazo consiste no tempo que o investimento levará para chegar, no mínimo, ao valor investido, o PRI mostra quanto tempo irá demorar para que um investimento “se pague” (*payback*).

À medida que as receitas vão entrando no fluxo de caixa de cada mês, o saldo do projeto, que é o valor do investimento inicial, vai diminuindo. Quando o saldo do projeto chegar a zero ou passar para um valor negativo, atingiu-se o *payback* descontado, ou seja, o tempo transcorrido desde o início do investimento até o retorno integral do capital investido, Piero e Colombini (2004).

3

METODOLOGIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo principal analisar o consumo de energia elétrica do Campus do Sertão da UFAL e utilizar estas informações para implantação de uma usina solar fotovoltaica para atender ao consumo de energia elétrica da comunidade acadêmica. Especificamente, os aspectos metodológicos estão sendo feitos com as seguintes abordagens:

- Região de estudo: UFAL - Campus do Sertão;
- Dados da incidência de radiação Solar;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
- Estimativa de geração mensal ;
- Análise Econômica.

3.1 Roteiro Metodológico

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em uma abordagem prática para o estudo e dimensionamento de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica, inicialmente, definiu-se o objeto de estudo, considerando o perfil do consumidor, o consumo mensal e os parâmetros ambientais da região, esses dados embasaram todo o dimensionamento.

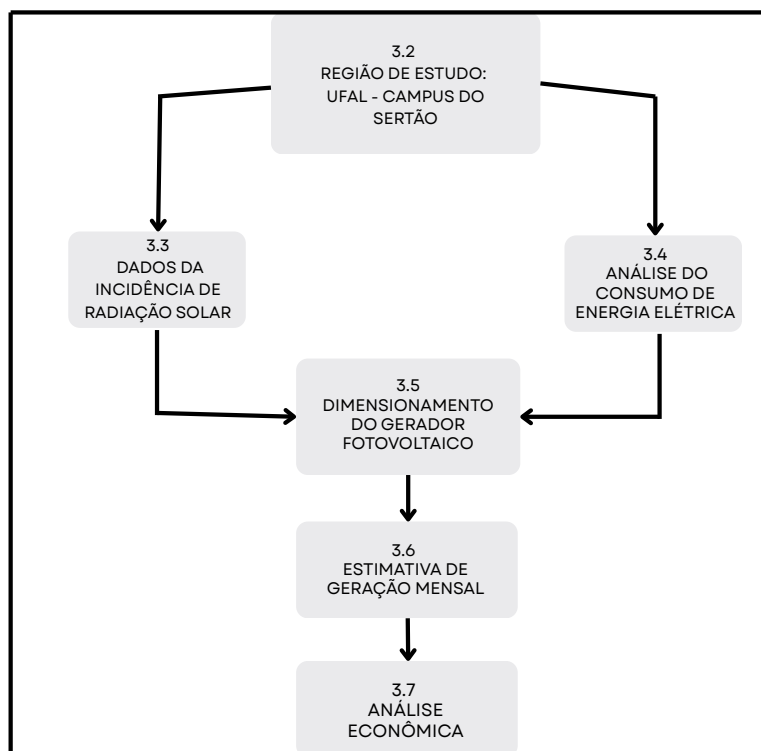
A partir disso, foi possível dimensionar o sistema, calculando a quantidade de módulos necessários de acordo com a potência de cada painel e a irradiação solar disponível, posteriormente a essa definição, foi possível realizar uma simulação de desempenho do sistema ao longo do ano, com o objetivo de estimar a geração mensal de energia e analisar a eficiência energética do projeto.

Por fim, efetuou-se uma análise econômico-financeira, considerando o custo total de implantação do sistema, a economia proporcionada na conta de energia e o tempo estimado para o retorno do investimento (payback).

Esse roteiro é ilustrado na figura 3.1, que mostra em que seção deste capítulo cada

passo do roteiro pode ser encontrado.

Figura 3.1: Fluxograma do roteiro metodológico



Fonte: Elaboração própria com base no roteiro metodológico, 2025

3.2 Região de Estudo: UFAL - Campus do Sertão

A Universidade Federal de Alagoas foi criada em 25 de janeiro de 1961 através da fusão das Faculdades de Direito, Medicina, Filosofia, Economia, Engenharia e Odontologia, através de ato do então Presidente da República Juscelino Kubitschek, UFAL (2023).

No ano de 2006 dentro do Plano de Expansão das instituições públicas de ensino superior, denominado Expansão com Interiorização, do Governo Federal, foi criado o Campus Arapiraca, no agreste do estado, que compreende sua sede, em Arapiraca, e as unidades em Palmeira dos Índios, Penedo e Viçosa. Dentro do mesmo plano de expansão e interiorização em 2010, foi criado o Campus do Sertão, tendo sua sede principal em Delmiro Gouveia e a unidade de Santana do Ipanema.

Atualmente, a UFAL oferece 84 cursos de graduação com cerca de 26 mil alunos matriculados, além dos cursos de graduação oferecidos a universidade oferece 39 programas stricto sensu de pós-graduação, 30 mestrados e 9 doutorados e ainda

13 especializações, abrangendo um total de 2.312 alunos. Na área da pesquisa a universidade possui 258 grupos de pesquisas, 1.125 linhas de pesquisa e 3.646 pesquisadores entre professores, técnicos e alunos. Do total de servidores diretos da universidade, 1.698 são técnico-administrativos e 1.394 são docentes, dos quais 690 são doutores.

A missão primária da UFAL é produzir, multiplicar e recriar o saber coletivo em todas as áreas do conhecimento de forma comprometida com a ética, a justiça social, o desenvolvimento humano e o bem comum, com o objetivo de tornar-se referência nacional nas atividades de ensino, pesquisa e extensão, firmando-se como suporte de excelência para as demandas da sociedade.

Campus do Sertão

Inserida no contexto de expansão e interiorização do ensino superior a UFAL segundo Sertão (2023) inaugurou em 15 de março de 2010 o Campus do Sertão com sua sede localizada em Delmiro Gouveia e uma unidade de ensino situada em Santana do Ipanema, duas das principais cidades da região sertaneja alagoana.

Atualmente, o Campus do Sertão oferece oito cursos de graduação, sendo seis deles na sede do campus, Engenharia Civil, Engenharia da Produção, Letras, Pedagogia, História e Geografia. E ainda mais dois cursos na Unidade de Ensino de Santana do Ipanema, sendo eles Ciências Contábeis e Ciências Econômicas.

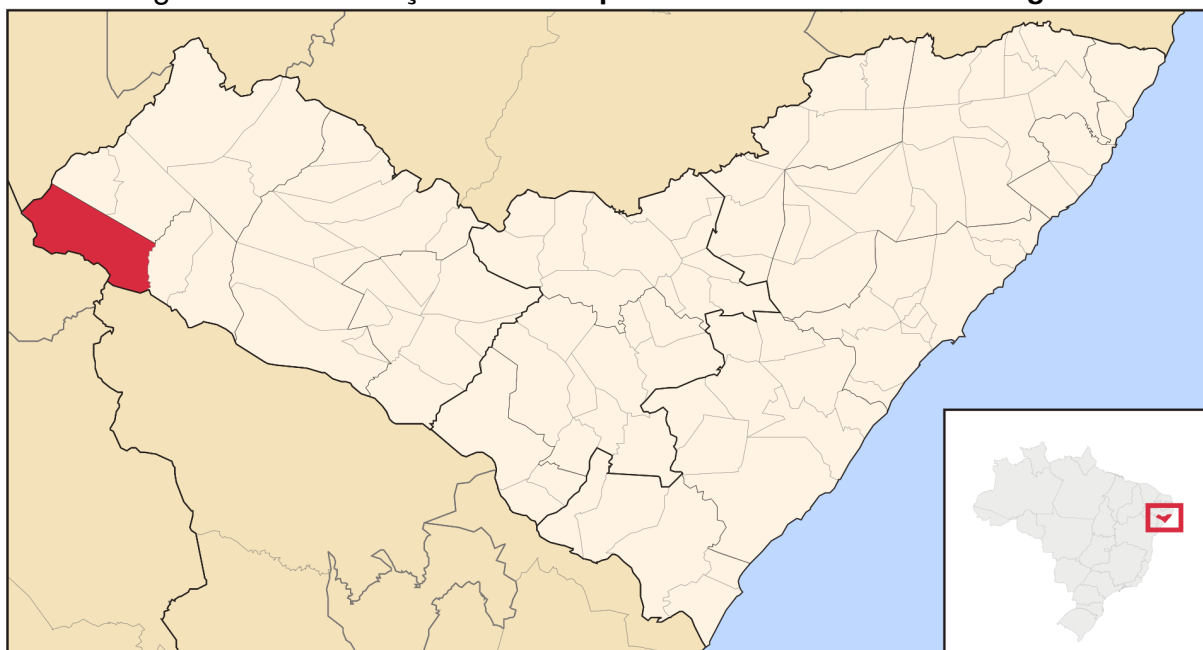
O Campus possui um total de 135 servidores diretos, dos quais 101 são professores, e 34 técnicos-administrativos, além dos profissionais contratados que prestam serviço à Universidade.

Além de fomentar o desenvolvimento socioeconômico na região, a presença da UFAL trouxe a oportunidade de formação acadêmica de qualidade e acessível para os jovens concluintes do ensino médio, sobretudo os que não tem condições de estudar em outra região.

A sede do Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas-UFAL situa-se no município de Delmiro Gouveia no sertão alagoano, na microrregião do sertão do São Francisco, com uma população estimada de 52.501 habitantes segundo o IBGE (2022), município é destacado no mapa de Alagoas na Figura 3.2.

As coordenadas para geolocalização do campus são 9°21'00.6"S 37°59'15.6"W, que pode ser acessado através da AL-145 que liga a cidade de Delmiro Gouveia a BR-423. A Figura 3.3 mostra a localização do Campus às margens da rodovia AL-145.

Figura 3.2: Localização do município de Delmiro Gouveia em Alagoas



Fonte: Wikimedia commons, 2011.

3.3 Dados da Incidência de Radiação Solar

Os dados da incidência de radiação solar sobre a área de estudo foram obtidos no site do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito - CRESESB (2023) ou no site do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia - LABREN (2023). Os dados obtidos em ambos sites são bastante próximos, não havendo motivo para predileção pelos dados obtidos em um ou outro site.

Neste trabalho, optou-se pelos dados obtidos no site do CRESESB pela proximidade da estação de coleta dos dados solarimétricos do ponto de referência. A estação de coleta situa-se no município de Água Branca nas coordenadas $9,301S$; $37,949O$ ficando a uma distância de $6,9km$ do ponto de referência.

3.4 Análise do Consumo de Energia Elétrica

O Campus do Sertão possui três unidades consumidoras de energia elétrica: Campus do Sertão Sede (Conta Contrato nº 4000000571), Restaurante Universitário (Conta Contrato nº 14571285) e Unidade de Santana do Ipanema (Conta Contrato nº 13993100). A análise do consumo foi realizada a partir das faturas de energia elétrica do Campus, os dados de consumo, demanda contratada, tipo de tarifa e de fornecimento foram tratados e dispostos de acordo com a necessidade durante o

Figura 3.3: Localização do Campus do Sertão



Fonte: Google maps, 2024.

dimensionamento do sistema de geração.

Consumo Ponta e Fora de Ponta

O horário de ponta é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico segundo Santos (2010).

Enquanto o horário fora de ponta é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

De maneira concisa pode-se dizer que o horário de ponta é aquele estabelecido pela fornecedora de energia elétrica, que compreende um intervalo de 3 horas seguidas e é posto na faixa horária em que há o maior consumo de energia elétrica, ao passo que o horário fora de ponta é todo horário complementar que não compreende o horário de ponta.

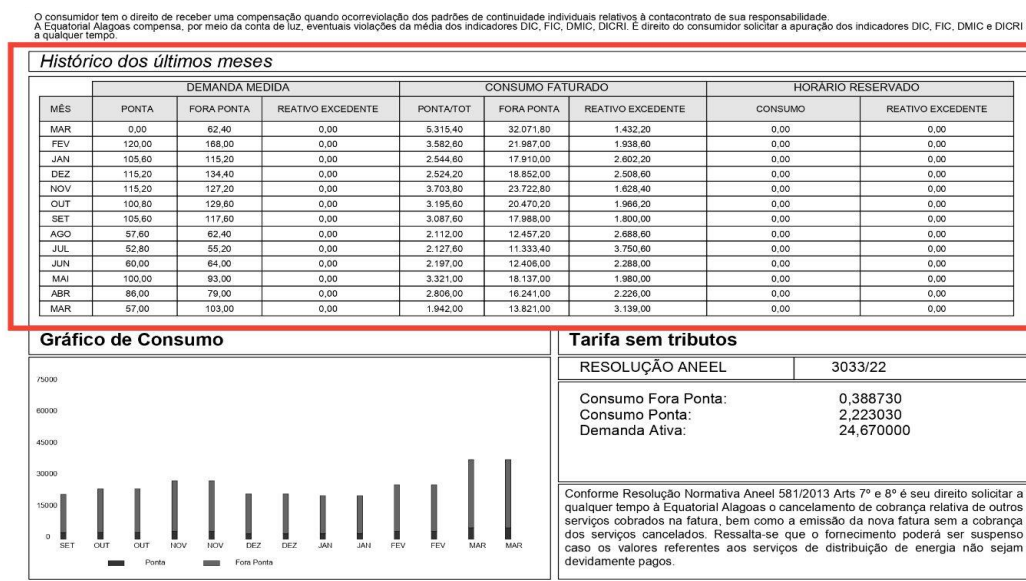
A fornecedora local Equatorial (2020) estabelece que em Alagoas, o horário de ponta compreende o período das 17h30 às 20h30, intermediário das 16h30 às 17h30 e das 20h30 às 21h30 e o fora de ponta das 21h30 às 16h30 do dia seguinte.

Consumo Mensal

Neste ponto, o objetivo é analisar o consumo de energia elétrica, para com esses dados projetar um sistema de geração, de modo que a produção e a utilização sejam compatíveis.

O consumo foi definido observando-se a conta de energia elétrica do campus, conforme pode-se observar na Figura 3.4. A conta de cada uma das unidades do Campus do Sertão, Sede Delmiro, Unidade de Santana do Ipanema e Restaurante Universitário, possui este histórico que descreve o consumo no decorrer do ano.

Figura 3.4: Histórico de consumo de energia elétrica do Campus do Sertão



Fonte: Dados oficiais administrativos da COINFRA do Campus do Sertão, 2022.

Os dados obtidos foram dispostos nas Tabelas (3.1) a (3.3) para posterior análise de resultados.

Tabela 3.1: Consumo mensal Campus do Sertão (Delmiro Gouveia)

Mês	Consumo Fora de Ponta(kWh)	Consumo de Ponta(kWh)
Janeiro Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro	Consumo entre 17h30 e 20h30	Consumo entre 20h30 e 17h30

Fonte: Elaboração própria para inserção de dados obtidos através da COINFRA/Campus do Sertão/UFAL, 2023.

Tabela 3.2: Consumo mensal Campus do Sertão (Santana do Ipanema)

Mês	Consumo Fora de Ponta(kWh)	Consumo de Ponta(kWh)
Janeiro Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro	Consumo entre 17h30 e 20h30	Consumo entre 20h30 e 17h30

Fonte: Elaboração própria para inserção de dados obtidos através da COINFRA/Campus do Sertão/UFAL, 2023.

Apesar da empresa fornecedora de energia elétrica do Campus do Sertão, Equatorial Energia-AL, informar em seu site oficial a existência de três faixas horárias de cobrança com os respectivos valores em cada uma delas, nas contas analisadas neste TCC, a energia elétrica consumida foi faturada apenas entre consumo fora de ponta e de ponta.

Tabela 3.3: Consumo mensal Campus do Sertão (Restaurante Universitário)

Mês	Consumo(kWh)
Janeiro	Sem faixa horária
Fevereiro	
Março	
Abril	
Maio	
Junho	
Julho	
Agosto	
Setembro	
Outubro	
Novembro	
Dezembro	

Fonte: Elaboração própria para inserção de dados obtidos através da COINFRA/Campus do Sertão/UFAL, 2023.

Consumo Mensal Médio

Com os dados agrupados nas Tabelas 3.1 a 3.3 foi calculado o consumo mensal médio, somando-se as contas de energia elétrica mensais e dividindo-as pela quantidade de meses analisados.

Dessa maneira, os dados foram dispostos na Tabela (3.4) para posterior análise de resultados.

Tabela 3.4: Consumo mensal médio

Campus	Consumo fora de ponta (kWh)	Consumo de ponta (kWh)
Delmiro Gouveia		
Santana do Ipanema		
Restaurante Universitário		

Fonte: Elaboração própria para inserção de dados obtidos através da COINFRA/Campus do Sertão/UFAL, 2023.

3.5 Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico

O dimensionamento do gerador fotovoltaico está ligado a dois fatores básicos, que são o consumo de eletricidade e o nível de energia solar incidente na região.

Para além desses parâmetros, deve-se ainda avaliar o grupo de consumo da unidade avaliada se insere e estabelecer a melhor metodologia para dimensionamento envolvendo as variáveis apresentadas.

O dimensionamento de uma usina fotovoltaica para o Campus do Sertão da UFAL requer passos de atividades de pesquisa, buscando dados, contemplando os seguintes tópicos: energia a ser gerada pelo sistema fotovoltaico, potência de pico, número de módulos e a respectiva área ocupada, e o dimensionamento do inversor.

Energia do Sistema Fotovoltaico

Um sistema de geração fotovoltaico bem dimensionado deve ser capaz de compensar o consumo energético em diferentes bandeiras tarifárias. Segundo Cari (2021) o que se deseja é que a energia fotovoltaica compense a energia da carga no horário fora de ponta e no horário de ponta, mas deve considerar-se que o custo da tarifa em horário de ponta (TE_{EP}) é mais caro que no horário fora de ponta (TE_{EFP}). Dessa maneira, o sistema deve ser concebido com a finalidade compensar totalmente a conta de energia elétrica, ou amortizar o máximo possível.

As tarifas para consumo de ponta e fora de ponta costumam ter uma grande diferença, então foi necessário fazer o cálculo de compensação de energia levando em conta as diferentes tarifas, através da seguinte equação:

$$E_{FV} = E_{FP} + \frac{TE_{EP}}{TE_{EFP}} \cdot EP \quad (3.1)$$

Onde E_{FV} é a energia produzida para compensar a diferença de tarifas (kWh), E_{FP} representa a energia consumida fora de ponta (kWh), EP a energia consumida em ponta (kWh), TE_{EP} refere-se a tarifa para consumo em ponta (R\$/kWh) e TE_{EFP} a tarifa para consumo fora de ponta (R\$/kWh).

Com os dados da equação (3.1) é possível se obter resultados para a Tabela 3.5 que elenca os valores equivalentes a serem produzidos a fim de se compensar a diferença de tarifas entre horários de ponta ou fora de ponta e a energia total a ser gerada.

Tabela 3.5: Energia produzida para compensar a diferença de tarifas

Campus	Energia do gerador (kWh/mês)
Delmiro Gouveia	
Santana do Ipanema	
Restaurante Universitário	
Total	

Fonte: Elaboração própria para inserção dos resultados da equação (3.1).

Potência de Pico em Corrente Contínua

Com a energia a ser gerada pelo sistema estimada na subseção 3.5 calcula-se a potência pico instalada no lado em corrente contínua (C.C.), ou seja, a potência

instalada dos painéis fotovoltaicos, para tanto aplica-se a equação (3.2):

$$P_{FV} = \frac{1000 \frac{W}{m^2} \cdot E_{FV}}{I_S \cdot 30(dias) \cdot \eta} \quad (3.2)$$

Onde P_{FV} = potência pico do gerador, E_{FV} = energia produzida para compensar a diferença de tarifas (kWh/mês), I_S = irradiação solar no local estudado e η = eficiência do sistema fotovoltaico.

Além disso, o fator $1000W/m^2$ é inserido na equação, pois representa a condição de irradiância para qual os módulos fotovoltaicos são fabricados e testados, o fator 30 dias, porque o consumo médio usado é o mensal. A eficiência do sistema gira em torno de 80%. Na definição dessa eficiência são levados em conta fatores como perda de carga na instalação, diminuição da eficiência do sistema com o tempo, sombreamento, entre outros.

Número de Módulos Fotovoltaicos

No dimensionamento dos módulos fotovoltaicos, que é o número de módulos fotovoltaicos necessários. É considerada a potência do gerador em relação a potência do módulo que será empregado na implementação do sistema. Dessa forma, a quantidade de módulos fotovoltaicos é definida por:

$$N_M = \frac{P_{FV}}{P_M} \quad (3.3)$$

Onde N_M representa o número de módulos fotovoltaicos, P_{FV} a potência pico do conjunto gerador (kWp) e P_M é igual potência do módulo fotovoltaico (kWp).

Área Ocupada pelos Módulos Fotovoltaicos

A área ocupada pelos módulos fotovoltaicos é o espaço de que o empreendimento necessita para ser instalado e pode ser determinada pela seguinte equação:

$$A_{TOTAL} = N_M \cdot A_{MOD} \quad (3.4)$$

Em que A_{TOTAL} é a área total ocupada pelos módulos fotovoltaicos dada em m^2 , N_M é o número de módulos fotovoltaicos estimados para o sistema e A_{MOD} é a área de cada módulo fotovoltaico fornecida pelo fabricante também dada em m^2 .

Dimensionamento do Inversor

A potência do inversor nos terminais que estão no lado da corrente contínua (C.C.) deve ser igual a potência pico do conjunto gerador. Dessa forma temos:

$$P_{INV-CC} = P_{FV}, \quad (3.5)$$

e a potência de saída do inversor em corrente alternada (C. A.) é igual a potência C.C. alinhada a um fator de sobrecarga do inversor,

$$P_{INV-CA} = \frac{P_{INV-CC}}{F_{SC-INV}}, \quad (3.6)$$

onde P_{INV-CC} é a potência do inversor em CC, P_{INV-CA} a potência do inversor em CA e F_{SC-INV} é o fator de sobrecarga do inversor.

Usualmente $F_{SC-INV} = 1,2$ é empregado, representando uma sobrecarga de 20% do lado em CA em relação ao lado em CC, porém é importante verificar na ficha técnica do inversor se esse valor está numa faixa tolerável.

Essa padronização do fabricante é feita a 25°C sob irradiação solar artificial de 1000 W/m².

3.6 Estimativa de Geração Mensal

A energia produzida pelos módulos fotovoltaicos do gerador pode ser estimada através da equação 3.7:

$$E_{FV} = \frac{P_{FV} \cdot I_{Sm} \cdot N(dias) \cdot \eta}{1000} \quad (3.7)$$

em que E_{FV} é a energia fotovoltaica gerada em C.C., P_{FV} é a potência pico do sistema gerador, I_{Sm} é a irradiação solar local mensal, $N(dias)$ é a quantidade de dias do mês a ser estimado, η é a eficiência do sistema e o valor 1000 que refere-se ao valor de irradiância padrão de fabricação e teste dos módulos fotovoltaicos.

A energia produzida deve ser estimada para cada mês analisado.

3.7 Análise Econômica

Valor Investido

Como disposto na Seção 2.9, o método para avaliação de viabilidade financeira deste projeto foi o tempo de retorno do investimento (TRI), o cálculo do *payback time*

como também é conhecido este método, consiste em analisar o valor total investido em relação ao valor que será economizado em decorrência dos benefícios da instalação do projeto e em quanto tempo este valor investido será reembolsado. O investimento somente pode ser considerado atrativo se o tempo de retorno do investimento for inferior ao tempo limite estabelecido, que foi de 25 anos (300 meses).

Optou-se pelo chamado *payback* simples pelo fato de não ser considerado um empréstimo financeiro como modo de financiamento do empreendimento e sim meios próprios, além do fato de não considerar a desvalorização do capital com o tempo.

O tempo máximo de avaliação para o empreendimento foi estabelecido em 25 anos, que é o tempo médio de garantia estabelecido pela maioria dos fabricantes de módulos fotovoltaicos, conforme BV (2023).

A variação das tarifas de energia elétrica não foram considerados nos cálculos tendo em vista o longo prazo estabelecido.

Para completar a análise econômica do investimento é necessário definir algumas variáveis que devem ser estabelecidas no decorrer do desenvolvimento do projeto. O valor investido, que é estimado de acordo com o total do equipamento empregado, a conta de luz mensal e a produção de energia mensal.

O método consiste na prática em analisar o fluxo financeiro decorrente da instalação do gerador fotovoltaico, com o valor investido sendo abatido mensalmente em razão da eventual economia na conta de energia elétrica, até que o valor acumulado zere ou se torne negativo.

Cálculo do Saldo de Energia Elétrica

Observando o parágrafo 3º do Art.12 da Lei 14.300/22 BRASIL (2022) que diz que sempre que o excedente ou o crédito de energia elétrica forem utilizados em unidade consumidora do Grupo A, em postos tarifários distintos do que foi gerado. Deve-se observar a relação entre as componentes tarifárias que recuperem os custos pela compra de energia elétrica para revenda ao consumidor e respectivos encargos do posto em que a energia elétrica foi gerada e a do posto em que foi alocada, aplicável à unidade consumidora que os recebeu. Desta forma, o cálculo do excedente de energia elétrica em diferentes faixas tarifárias deve ser considerado a taxa do quociente entre as duas tarifas diferentes, que é calculada implicitamente na equação 3.1.

O saldo mensal da energia gerada em KWh/mês é calculado da seguinte forma:

$$Saldo = E_{FV} - \left(C_{FP} + C_P \frac{TE_{EP}}{TE_{EFP}} \right) \quad (3.8)$$

em que o *Saldo* é o saldo de energia elétrica para o mês estudado, que pode ser positivo ou negativo, E_{FV} é a energia fotovoltaica gerada, C_{FP} é consumo fora de ponta,

C_P é consumo ponta, TE_{EP} o valor da tarifa da energia elétrica em horário de ponta (R\$/kWh) e TE_{EFP} a tarifa para consumo fora de ponta (R\$/kWh).

Ainda segundo a Lei no parágrafo 3º do Art.12, deve-se observar a diferença tarifária entre os postos distintos, de modo que o recebimento do crédito energético ou pagamento de energia não descontada pela geração atenda ao posto tarifário adequado.

É importante atentar ainda que os créditos de geração sejam descontados no mesmo posto tarifário do consumo, ou seja, serão atendidos primeiro o consumo fora de ponta e então o excedente será utilizado para abater o consumo em horário ponta, horário este em que não há geração de energia fotovoltaica.

Projeção Financeira

A projeção financeira para este projeto baseia-se na análise do montante economizado mensalmente através das projeções de produção própria de energia fotovoltaica em relação ao consumo, podendo o saldo ser positivo ou negativo em relação a cada mês estudado.

Os valores monetários economizados ou gastos são computados, considerando-se a economia com o que deixou de ser gasto em função da injeção de energia na rede, bem como, eventuais reembolsos, devido a saldos positivos no balanço mensal de energia, como também possíveis meses sem economia alguma para a instituição. Entre os valores que podem ser abatidos imediatamente da fatura, através da geração própria, pode-se destacar o consumo fora de ponta, consumo ponta, multas, correção monetária e juros, como pode ser observado na Figura 3.5.

Figura 3.5: Itens abatidos da conta de energia elétrica

Itens de Fatura	Quant.	Preço Unit.(R\$) com Tributos	Tarifa Unit.(R\$)	PIS/ COFINS(R\$)	ICMS (R\$)	Valor(R\$)
Consumo Fora Ponta (kWh)	32.071,80	0,499009	0,388730	656,11	2.880,74	16.004,11
Consumo Ponta (kWh)	5.315,40	2,853682	2,223030	621,86	2.730,32	15.168,46
Demanda Ativa Isenta de ICMS (kW)	137,60	25,968459	24,670000	178,66	0,00	3.573,26
Demanda Ativa (kW)	62,40	31,668429	24,670000	81,01	355,70	1.976,11
Consumo Reativo Excedente NP (kVAr)	0,60	0,366667	0,283870	0,01	0,04	0,22
Consumo Reativo Excedente FP (kVAr)	1.431,60	0,364389	0,283870	21,38	93,90	521,66
ITENS FINANCEIROS						
Cip-Ilum Pub Pref Munic						1.089,72
Multa						2.054,21
Correção Monetária						1.092,33
Juros						1.349,60
Tributo a Reter IRPJ						700,64-
Tributo a Reter CSLL						417,41-
Tributo a Reter PIS						271,30-
Tributo a Reter COFINS						1.252,20-

Fonte: Dados oficiais administrativos da COINFRA do Campus do Sertão, 2022.

O abatimento do valor economizado sobre o montante investido inicialmente indicará se o investimento é atrativo dentro do prazo estabelecido.

4

RESULTADO E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia apresentada no capítulo anterior obtiveram-se os resultados elencados a seguir.

4.1 Dados Obtidos

Incidência de Radiação Solar

A incidência solar (G) para a região de estudo pode ser observada na Tabela 4.1 construída com dados obtidos junto ao CRESESB.

O valor aproveitado para cálculo refere-se a irradiação no plano com ângulo igual a latitude, pois apesar da média apresentada a uma inclinação de 5°N ser levemente maior, seu valor de Delta é maior.

O valor médio de irradiação solar diária mensal para o ângulo igual a latitude é $5,47kWh/m^2dia$.

Consumo Mensal

O consumo mensal de energia elétrica está disposto nas tabelas 4.2 a 4.4, construídas a partir dos valores encontrados analisando-se as faturas de energia elétrica do Campus, obtendo-se os valores observados conforme mostrado na Figura 3.4, onde estão os dados do histórico de consumo para os últimos 12 meses precedentes da conta fornecida para análise.

A conta está disponível em sua forma integral para visualização nos anexos no final do TCC.

Tabela 4.1: Irradiação solar diária média mensal em kWh/m²dia em 2022.

	Plano Horizontal	Ângulo igual a latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
Mês	0°N	9°N	5°N	29°N
Janeiro	6,32	5,98	6,14	4,92
Fevereiro	6,06	5,89	5,98	5,15
Março	5,96	5,97	5,98	5,60
Abril	5,28	5,47	5,40	5,54
Maio	4,44	4,73	4,61	5,06
Junho	4,02	4,34	4,21	4,76
Julho	4,16	4,46	4,34	4,84
Agosto	4,78	5,01	4,92	5,19
Setembro	5,69	5,77	5,75	5,58
Outubro	5,99	5,88	5,94	5,25
Novembro	6,51	6,20	6,35	5,16
Dezembro	6,39	6,00	6,19	4,85
Média	5,47	5,47	5,48	5,16
Delta	2,49	1,86	2,14	0,84

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do CRESESB, 2022.

Tabela 4.2: Consumo mensal do Campus do Sertão (Delmiro Gouveia), abril de 2022 a março de 2023

Mês	Consumo Fora de Ponta(kWh)	Consumo de Ponta(kWh)
Janeiro/23	17.910,00	2.544,60
Fevereiro/23	21.987,00	3.582,60
Março/23	32.071,80	5.315,40
Abril/22	16.241,00	2.806,00
Maio/22	18.137,00	3.321,00
Junho/22	12.406,00	2.197,00
Julho/22	11.333,40	2.127,60
Agosto/22	12.457,20	2.112,00
Setembro/22	17.988,00	3.087,60
Outubro/22	20.470,20	3.195,60
Novembro/22	23.722,80	3.703,80
Dezembro/22	18.852,00	2.524,20

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COINFRA do Campus do Sertão, 2023.

As Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 mostram o padrão de consumo de energia elétrica para o ano corrido utilizado no estudo, período entre abril de 2022 e março de 2023, este período de tempo não significa propriamente o ano letivo completo, ou seja, não há relação entre o período analisado no estudo e o período letivo.

É possível acompanhar o comportamento do consumo através do ano observando a Figura 4.1.

Tabela 4.3: Consumo mensal do Campus do Sertão (Santana do Ipanema), abril de 2022 a março de 2023.

Mês	Consumo Fora de Ponta(kWh)	Consumo de Ponta(kWh)
Janeiro/23	5.115,46	863,94
Fevereiro/23	5.453,70	1.452,08
Março/23	6.998,74	2.230,20
Abril/22	-	-
Maio/22	-	-
Junho/22	-	-
Julho/22	-	-
Agosto/22	-	-
Setembro/22	-	-
Outubro/22	-	-
Novembro/22	-	-
Dezembro/22	4.466,15	709,61

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COINFRA do Campus do Sertão, 2023.

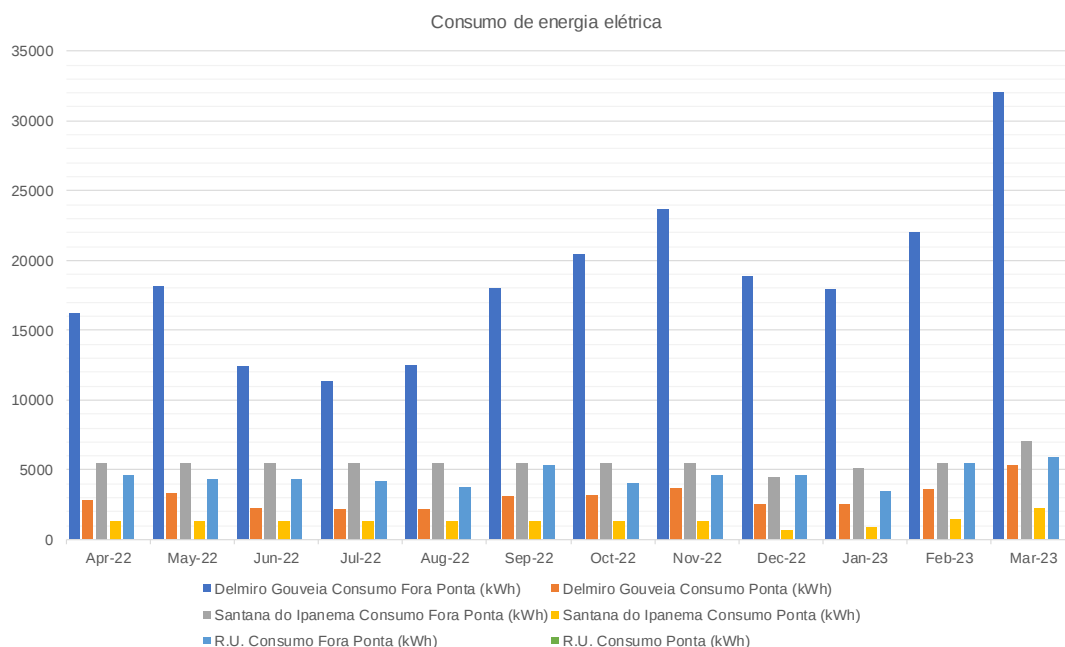
Tabela 4.4: Consumo mensal Campus do Sertão (Restaurante Universitário), abril de 2022 a março de 2023

Mês	Consumo(kWh)
Janeiro/23	3.456,00
Fevereiro/23	5.480,00
Março/23	5.848,65
Abril/22	4.607,00
Maio/22	4.331,00
Junho/22	4.375,00
Julho/22	4.159,00
Agosto/22	3.775,00
Setembro/22	5.282,00
Outubro/22	4.028,00
Novembro/22	4.570,00
Dezembro/22	4.550,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COINFRA do Campus do Sertão, 2023.

Nos anexos ao final do TCC é possível verificar o consumo mensal diretamente na conta e visualizar os dados que estão dispostos nas Tabelas elaboradas dispostos na fatura.

Figura 4.1: Gráfico do consumo ao longo do ano.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados dispostos nas Tabelas (4.2) a (4.4).

O consumo em faixa horária intermediária é inexistente pelo fato de que a empresa fornecedora de energia elétrica faturou a eletricidade fornecida ao Campus em duas faixas horárias, sendo em consumo fora pico e pico.

Observa-se ainda que não foi possível obter todos os dados necessários para preenchimento da Tabela 4.3 devido os serviços de extratos de contas antigas estarem temporariamente inabilitados, então não foi possível obter maiores detalhes do histórico de consumo para o período cronológico observado neste Trabalho de Conclusão de Curso.

Consumo Médio Mensal

A partir dos dados do consumo mensal agrupados anteriormente é possível chegar aos valores de consumo médio mensal, que foram organizados na Tabela 4.5.

Nota-se que o consumo médio mensal de energia fora de ponta é muito maior que o consumo de ponta, ainda que na conta de forma proporcional, o consumo de ponta tenha um peso maior que o fora de ponta.

Tabela 4.5: Consumo mensal médio em cada sede, abril de 2022 a março de 2023.

Campus	Consumo fora de ponta (kWh)	Consumo de ponta (kWh)
Delmiro Gouveia	18.631,37	3.043,12
Santana do Ipanema	5.508,51	1.313,96
Restaurante Universitário	4.538,47	Não há faixa horária

Fonte: Elaboração própria a partir de dados dispostos nas Tabelas (4.2) a (4.4).

4.2 Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico

Com os dados de irradiação solar e consumo obtidos é iniciado a determinação da capacidade de geração que o sistema fotovoltaico deve possuir para atender de forma adequada a exigência solicitada.

Energia do Sistema Fotovoltaico

A energia do sistema fotovoltaico é determinada aplicando-se a equação (3.1), utilizando os dados da Tabela 4.5 para calcular a geração equivalente de modo a compensar o consumo em diferentes faixas tarifárias.

Os valores para as tarifas foram obtidos analisando a fatura de energia elétrica conforme a Figura 4.2, sendo R\$0,38873 por kWh para consumo fora pico e R\$2,22303 por kWh para consumo pico. A tarifa para consumo pico é 5,72 vezes maior que para consumo fora pico.

Chegamos assim ao resultado apresentado na Tabela 4.6, que mostra a energia necessária a ser gerada, de modo a suprir cada unidade do Campus e ainda por fim compensar a diferença tarifária em relação ao consumo de ponta e fora de ponta, deste modo cobrindo todo o valor da conta referente a energia ativa consumida.

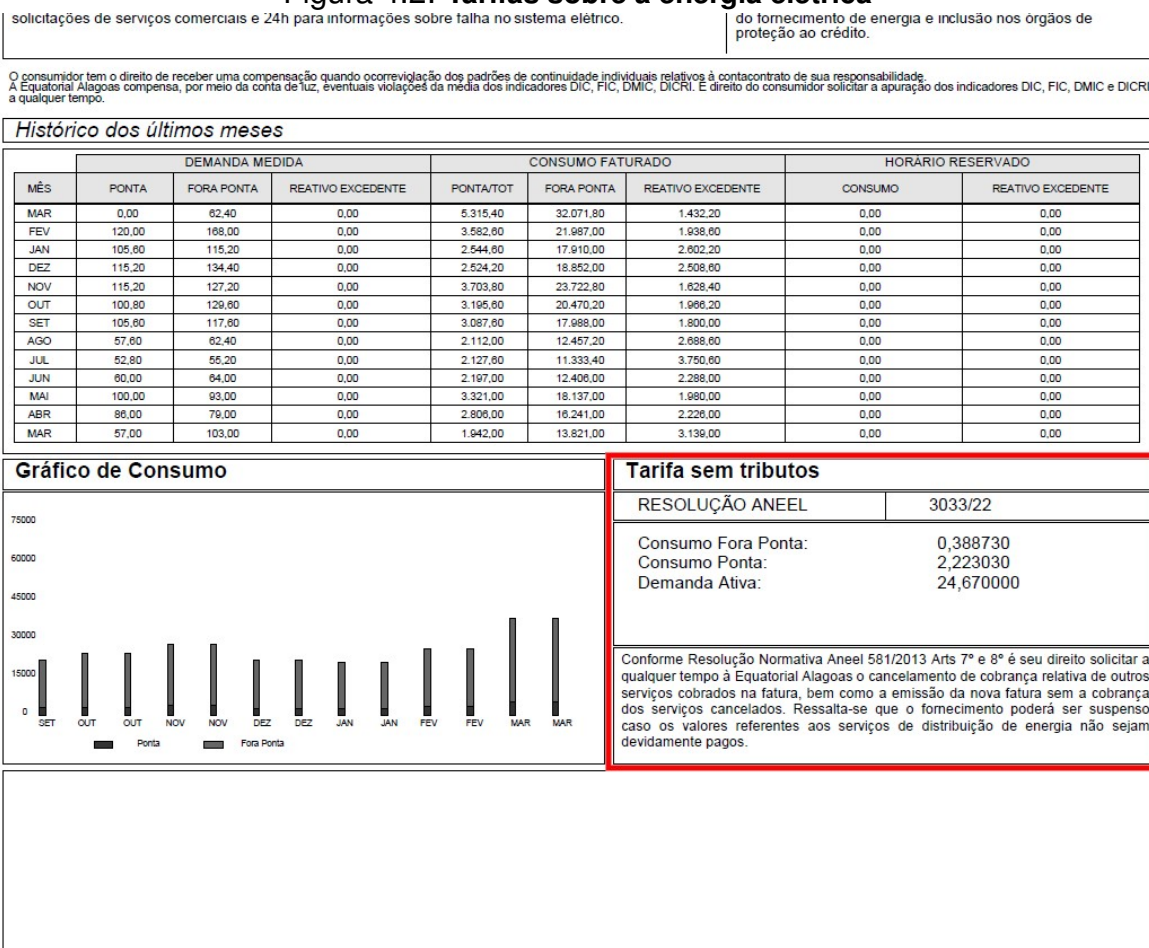
Tabela 4.6: Energia a ser produzida mensalmente para compensar a diferença de tarifas, abril de 2022 a março de 2023.

Campus	Energia do gerador (kWh)
Delmiro Gouveia	36.034,04
Santana do Ipanema	13.022,65
Restaurante Universitário	4.538,47
Total	53.595,15

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados da aplicação da equação (3.1).

Observando-se ainda a tabela 4.6 é possível notar que o valor obtido anteriormente para as sedes de Delmiro Gouveia e Santana do Ipanema são maiores que os valores consumidos. Isso deve-se à necessidade de compensar a diferença de faturamento devido a variação tarifária para consumo de ponta e fora de ponta.

Figura 4.2: Tarifas sobre a energia elétrica



Fonte: Dados oficiais administrativos da COINFRA do Campus do Sertão, 2023

Potência de Pico em Corrente Contínua

Com a quantidade de energia a ser gerada estabelecida a potência pico nos terminais elétrico de entrada de corrente contínua (C.C.) dos inversores pode ser determinada, esta potência refere-se a potência instalada do gerador. Para efetuar o cálculo é aplicado na equação (3.2), o dado obtido de energia a ser gerada, que está disposto na Tabela 4.6, com isso chegamos aos resultados dispostos na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: Potência pico do gerador

Energia do gerador (kWh)	53.595,15
Irradiância (kWh/m ² *dia)	5,47
η (eficiência do sistema)	0,80
Potência pico no lado CC (W)	408.250,66

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados da aplicação da equação (3.2).

O que fica exposto é a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos antes sua

corrente convertida de contínua para alternada, para uso na unidade geradora ou transmissão quando houver excedentes.

Número de Módulos Fotovoltaicos

Com a potência pico do gerador definida é possível determinar a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários através da aplicação da equação (3.3).

As características elétricas dos módulos variam de acordo com o fabricante, para efeitos de cálculo neste trabalho foram consideradas as características dos módulos Tiger Neo 565w do fabricante Jinko Solar, com sua descrição técnica completa fornecida por Aquecedores (2024), onde é possível obter os dados necessários, como a potência e a área do módulo.

Este tipo de painel solar tem seu desempenho aprovado pelo INMETRO e está em conformidade com o programa Brasileiro de etiquetagem. N° Registro: 006492/2022;

Os dados técnicos mais relevantes do painel solar estão dispostos na Tabela (4.8).

Tabela 4.8: Dados técnicos da placa solar Jinko Tiger Neo 565W

Dados elétricos	
Potência no ponto máximo de potência (W)	565,00
Tensão no ponto máximo de potência (V)	41,92
Corrente no ponto máximo de potência (A)	13,48
Tensão em circuito aberto (V)	50,60
Corrente de curto circuito (A)	14,23
Eficiência (%)	21,87
Temperatura admissível para o módulo em operação contínua (°C)	-40 até +85
Tensão máxima do sistema (VDC)	1.500,00
Fusível máximo (A)	25
Dados mecânicos	
Formato (mm)	2.278,00 × 1.134,00 × 30,00 (incluindo a estrutura)
Peso (Kg)	28 ± 5%
Cobertura frontal	Vidro temperado 3,2mm revestimento antirreflexo, transmissão e baixo teor de ferro
Estrutura	Alumínio anodizado
Célula	N-Type monocristalina
Caixa de junção	Classe de proteção IP68

Fonte: Elaboração própria a partir de dados técnicos do fabricante, 2022.

Assim, segundo os cálculos, o número de módulos fotovoltaicos necessários para

se atingir a potência pico desejada são 722,58, que na prática serão **726** módulos fotovoltaicos.

A área destinada à instalação do gerador é definida através da aplicação da Equação (3.4), com a área do módulo observada junto às especificações do fabricante, conforme disponibilizado por Aquecedores (2024). Para o modelo escolhido, a área ocupada por cada módulo é de $2,58m^2$.

Assim, a área necessária para instalar os módulos fotovoltaicos do gerador é de $1873,084m^2$.

Dimensionamento do Inversor

Como definido pela equação (3.5) a potência do inversor no lado CC é igual a potência pico do gerador, dessa forma, passamos a aplicar a equação (3.6) para definir a potência do inversor no lado CA. A potência do inversor no lado CA é a potência que a empresa fornecedora considera. As potências do lado CC e lado CA estão dispostas na Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Potência do inversor

Potência do inversor	Watts
Corrente contínua	408.495,00
Corrente alternada	340.415,50

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados das equações (3.5) e (3.6).

Com a potência do inversor definida é necessário definir qual modelo de inversor atende as necessidades do projeto, dessa forma, o conjunto gerador-inversor da usina estará estabelecido. Assim, diante dos modelos disponíveis no mercado, optou-se pelo modelo SUNNY HIGHPOWER PEAK3 150KW da SMA, que segundo seus dados técnicos fornecidos pelo fabricante, dispostos em Aquelux (2024) aceita uma potência máxima do gerador fotovoltaico de $225000W_P$ com uma saída em corrente alternada de $150000W$, sendo empregados dois inversores deste modelo.

A potência de saída do inversor do lado de corrente alternada (C.A.) que é a potência que a empresa fornecedora mede e pode receberem sua rede de distribuição, ultrapassa a potência contratada pelo Campus do Sertão que é de $150kW$, nas instalações da sede em Delmiro Gouveia e $50kW$ em Santana do Ipanema.

Porém, observando o Capítulo III da Lei 14300 BRASIL (2022) que trata sobre o assunto em seu Art. 8º, diz que o custo da obra deve considerar os critérios de mínimo dimensionamento técnico possível e de menor custo global para a conexão da central de microgeração e minigeração distribuída, observados as normas e os padrões de qualidade da prestação do serviço e de investimento definidos pela ANEEL

em seu parágrafo segundo. O consumidor-gerador interessado na conexão de central de microgeração ou minigeração distribuída pode optar por tensão diferente da informada pela concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, conforme as tensões definidas em regulamento específico. Desde que haja viabilidade técnica do subsistema elétrico, são de sua responsabilidade os investimentos adicionais necessários a esse atendimento.

Ou seja, é possível instalar e utilizar a usina fotovoltaica sem que seja necessário o seu redimensionamento ou alterações na potência contratada, o que levaria a uma menor capacidade de atender a demanda solicitada pelo campus no primeiro caso e aumento do gastos no segundo, desde que a infraestrutura já instalada suporte a carga, caso contrário as melhorias necessárias para que a rede suporte a carga devem ser financiadas pelo solicitante da instalação.

4.3 Estimativa de Geração Mensal

Com o gerador fotovoltaico definido é possível estimar a geração de energia mensal, observando os valores de irradiância mensal que estão dispostos na Tabela 4.1 e aplicando os valores referentes a cada mês, assim como o respectivo número de dias do mês na equação (3.7), é exposto o cálculo da estimativa para o mês de janeiro:

$$E_{FV} = \frac{P_{FV} \cdot I_{Sm} \cdot N(dias) \cdot \eta}{1000}, \quad (4.1)$$

assim, aplicando os valores na equação apresentada, P_{FV} a potência de pico do sistema gerador obtida através da equação (3.2) e exposta na Tabela (4.7), I_{Sm} na Tabela (4.1), $N(dias)$ a quantidade de dias do mês e η a eficiência do sistema, que é estabelecida em 80%, fazendo a substituição dos termos, obtemos,

$$E_{FV} = \frac{408.250,66W \cdot 5,98kWh/mdia \cdot 31dias \cdot 0,80}{1000}, \quad (4.2)$$

solucionando matematicamente a equação tem-se o resultado,

$$E_{FV} = 60545,82kW/mes, \quad (4.3)$$

Porém, foi adotado para o projeto o número de 726 módulos fotovoltaicos, valor ligeiramente diferente do encontrado através da equação (3.3), assim, refazendo o cálculo demonstrado pelas equações (4.1) a (4.3) o valor encontrado é

$$E_{FV} = 60832,82kW/mes. \quad (4.4)$$

Assim são obtidos os valores de geração estimados para cada mês, com um número de módulos estabelecidos em 726, o dados estão organizados na Tabela 4.10. Com os valores obtidos também foi possível montar o gráfico apresentado na Figura 4.3, que representa o comportamento da estimativa de geração de energia elétrica no decorrer do ano.

Tabela 4.10: Estimativa de geração mensal

Mês	Dias	Energia (kWh/mês)
Janeiro	31	60.581,44
Fevereiro	28	53.895,20
Março	31	60.480,14
Abril	30	54.607,62
Maio	31	47.918,10
Junho	30	42.548,84
Julho	31	45.182,81
Agosto	31	50.754,69
Setembro	30	56.568,39
Outubro	31	59.568,37
Novembro	30	60.784,06
Dezembro	31	60.784,06
Geração média		54.472,81

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados obtidos com a equação (3.7).

4.4 Modelo Esquemático do Gerador Fotovoltaico

Com as especificações do gerador determinadas, um modelo esquemático do sistema é apresentado nesta seção. São apresentados ainda as características e definições do gerador que foi dimensionado. Os dados estão dispostos na Tabela 4.11, que mostra os componentes principais do gerador.

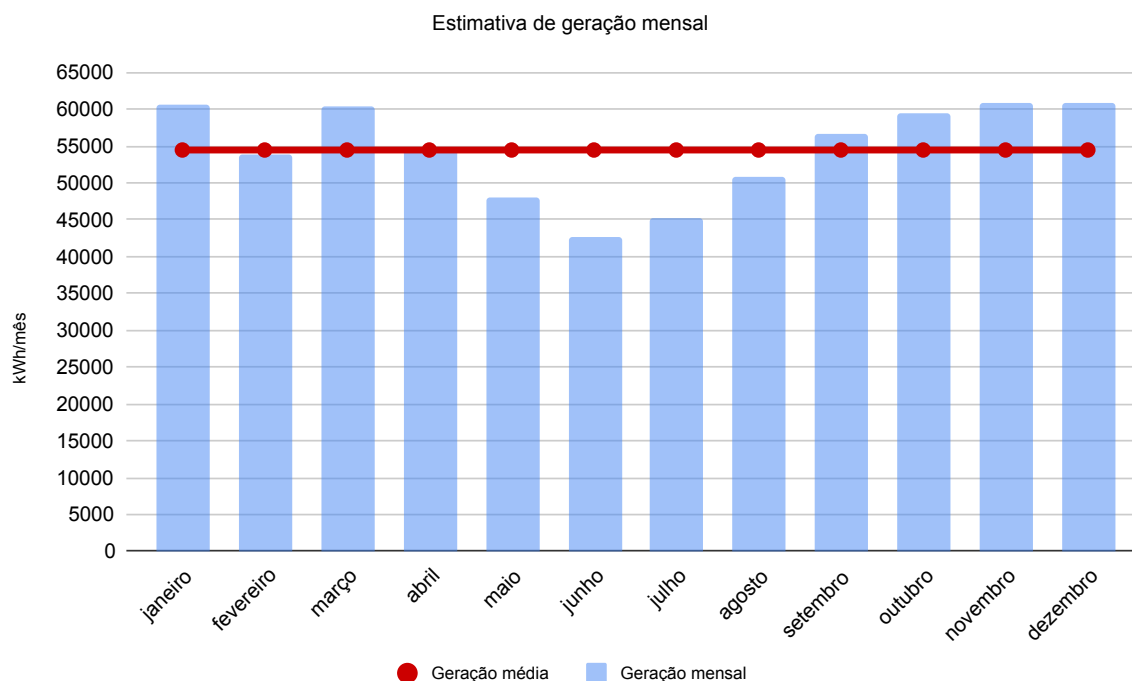
Tabela 4.11: Componentes do gerador fotovoltaico

Componente	Quantidade	Marca/modelo
Módulo	726	TIGER NEO 565W 144 CEL. N TYPE MONO
Inversor	02	SUNNY 150KW TRIF 600V 1 MPPT MONITOR

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados.

Como o inversor suporta tensões de entrada entre 880V e 1450V, os painéis solares podem ser arranjados em conjuntos de 33 unidades ligadas em série, que forneceram uma tensão de 1383,36V. Arranjados desta forma os 726 módulos empregados totalizariam 22 conjuntos, que quando ligados em paralelo terão uma corrente de 296,56A,

Figura 4.3: Comportamento da estimativa de geração de energia ao longo de 1 ano



Fonte: Elaboração própria a partir de resultados obtidos com a equação (3.7).

estando dentro das especificações do fabricante que estabelece correntes de entrada entre $180A$ e $325A$. Equacionando a corrente elétrica resultante para os dois inversores, corresponde a $148,27A$ em cada.

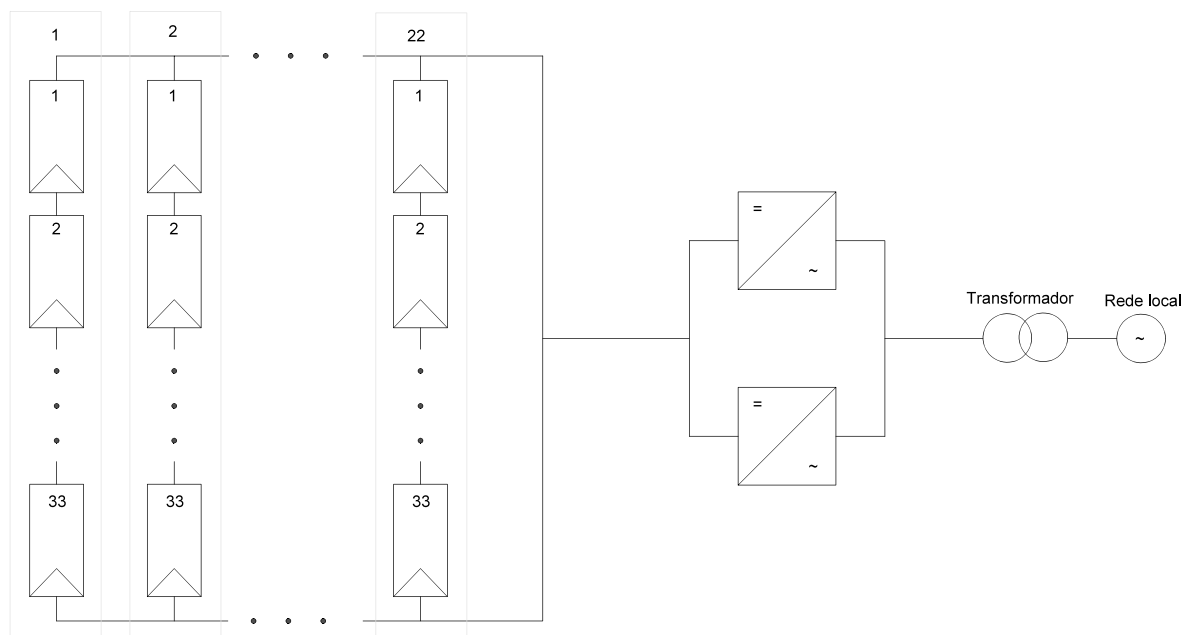
Desta forma, o gerador pode ser expresso graficamente como mostra a Figura 4.4, em que é apresentado o diagrama unifilar do projeto, que ilustra de modo simplificado para melhor compreensão o arranjo ao qual os componentes da usina dimensionada serão instalados.

O conjunto gerador configurado da forma apresentada na figura (4.4) tem potência no ponto máximo de potência de $410.190,00W$ provenientes dos 726 módulos fotovoltaicos, bem como voltagem de $1.383,36V$ em C.C. advindos dos 33 módulos ligados em série, visto que cada um deles fornece $41,92V$ e por fim corrente contínua de entrada de $296,56A$ provenientes do arranjo em paralelo dos 22 conjuntos de painéis solares, sendo $148,28A$ para cada um dos dois inversores.

4.5 Análise Econômica

De acordo com a Seção 3.7, a análise econômica consiste no acompanhamento do fluxo financeiro decorrente da instalação do gerador, assim, é importante definir o valor investido inicialmente, bem como, os valores economizados mensalmente oriundos da

Figura 4.4: Esquema gráfico do gerador fotovoltaico



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados.

geração própria.

Valor Investido

O valor investido é obtido através da cotação dos equipamentos necessários para implementação do gerador fotovoltaico, com os dados da Subseção 4.2 e da Seção 4.2 é possível chegar a Tabela 4.12, onde são definidos os valores unitários de cada componente e o valor total.

Tabela 4.12: Valor investido		
TIGER NEO 565W 144 CEL. N TYPE MONO		
Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
726	1.408,00	1.022.208,00
SUNNY 150KW TRIF 600V 1 MPPT MONITOR		
Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
02	72.020,92	144.041,84

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados.

As referências de valores utilizados para o processo de cálculo foram obtidas em

Aquecedores (2024) e Aquelux (2024) para os painéis e os inversores respectivamente.

Saldo de Energia Elétrica

O saldo energético mensal é decorrente da diferença entre a quantidade de energia produzida pela quantidade de energia utilizada pelo campus, observando-se os diferentes postos tarifários. O consumo refere-se a soma do consumo fora de ponta e do consumo de ponta, atualizado pela taxa de correção entre as diferentes tarifas aplicadas

O saldo de energia elétrica mensal positivo implica em recebimento de créditos de energia elétrica enquanto que o saldo negativo implica no pagamento da conta referente a energia utilizada. O saldo energético mensal para o ano estudado pode ser observado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13: Saldo de energia elétrica

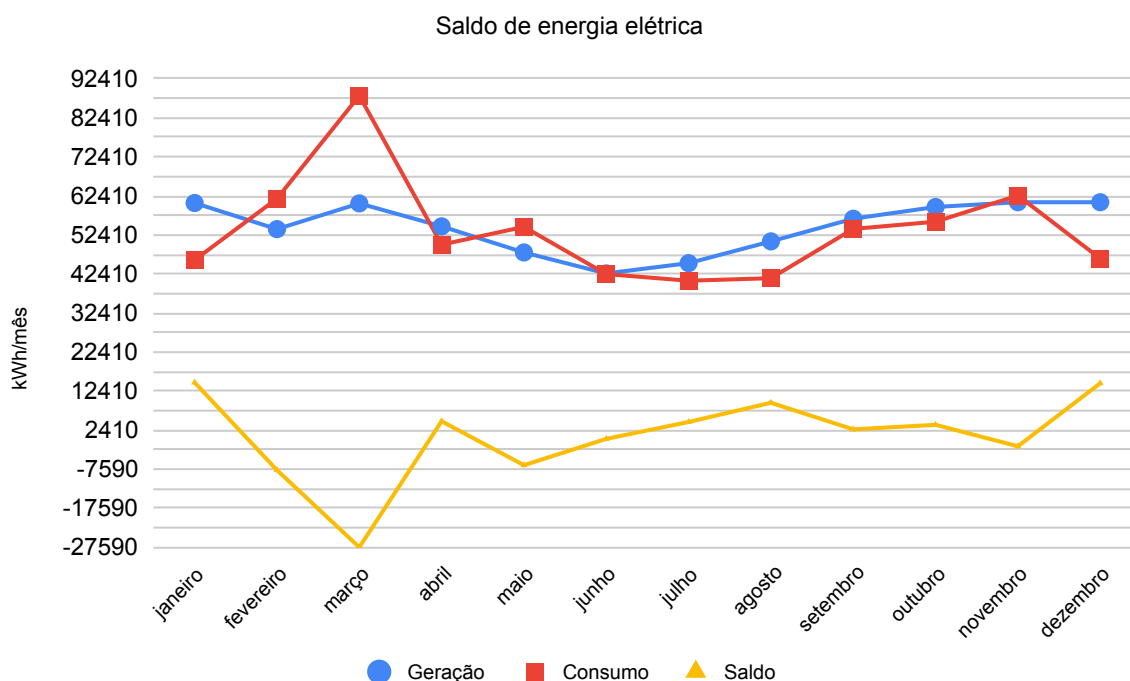
Mês	Geração (kWh/mês)	Consumo (kW/mês)	Saldo (kWh/mês)
Janeiro	60.581,44	45.973,88	14.607,57
Fevereiro	53.895,20	61.712,52	-7.817,32
Março	60.480,14	88.070,21	-27.590,07
Abril	54.607,61	49.917,31	4.690,30
Maio	47.918,10	54.482,44	-6.564,34
Junho	42.548,84	42.367,62	181,21
Julho	45.182,81	40.682,15	4.500,67
Agosto	50.754,69	41.332,73	9.421,95
Setembro	56.568,39	53.949,70	2.618,69
Outubro	59.568,37	55.795,52	3.772,86
Novembro	60.784,06	62.496,36	-1.712,30
Dezembro	60.784,06	46.361,34	14.422,72

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados.

Ao final dos 12 meses analisados é possível aferir que o saldo energético é positivo com o valor de 10.531,93kWh, tal constatação indica que além do fato de economizar com a conta que deixou de ser paga, ainda há uma margem de segurança para operação, para eventuais paradas para manutenção ou ainda aumento do consumo.

Observando ainda a Tabela 4.13 é possível montar um gráfico representado visualmente o comportamento do saldo energético no decorrer dos 12 meses, que pode ser visto na Figura 4.5.

Figura 4.5: Saldo de energia elétrica



Fonte: Elaboração própria a partir da Tabela (4.13).

Projeção Financeira

Com os valores investidos definidos e o saldo de energia elétrica advindo da geração própria obtido é possível definir o tempo de retorno do investimento (TRI), para tanto, os valores economizados anualmente, com os créditos provenientes de injeção de energia no sistema serão contabilizados e abaterão o valor investido.

O valor investido está bem definido e pode ser observado na Tabela 4.12, com valor total na ordem de R\$1.162.025, 84.

Já os valores que deixarão de ser gastos com energia elétrica são contabilizados, observando o consumo total anual e o montante que seria utilizado para realizar esse pagamento é o abatimento sobre o investimento inicial.

Obtemos o valor observando a Tabela 4.6, onde vemos que o consumo total de energia elétrica médio mensal, já com os valores corrigidos pelas diferentes faixas tarifárias é de 53.595, 15kWh. Aplicando o valor da tarifa de R\$0, 38873, chega-se ao valor mensal de R\$20.834, 0427 e por conseguinte o valor anual de R\$250.008, 50. O valor encontrado refere-se a demanda ativa faturada na conta, portanto o TRI é calculado neste caso, considerando-se apenas essa fatia da conta. Desta forma chegamos ao resultado exposto na Tabela 4.14.

Tabela 4.14: Projeção financeira

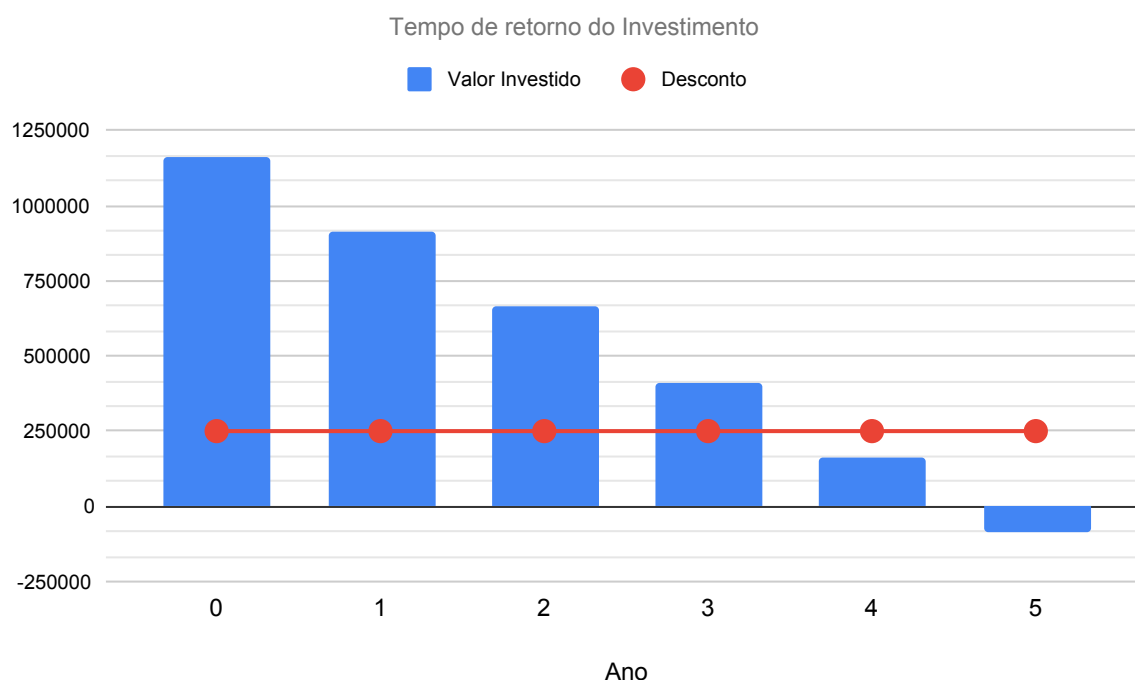
Ano	Desconto (R\$)	Valor Investido (R\$)
0	250.008,50	1.162.025,84
1	250.008,50	912.017,34
2	250.008,50	662.008,84
3	250.008,50	412.000,34
4	250.008,50	161.991,84
5	250.008,50	-88.016,65

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados.

O valor investido que é exposto na segunda coluna torna-se negativo no quinto ano, o que significa que entre o quarto e o quinto ano em que a usina fotovoltaica já esteja em operação, o valor investido será reembolsado e ainda ao final do quinto ano, o Campus teria o valor de R\$88.016,65 em saldo para pagamento de contas de custeio.

O gráfico exposto na Figura 4.6 representa a evolução da projeção financeira do empreendimento.

Figura 4.6: Tempo de retorno do investimento



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados.

É válido citar que esses valores economizados referem-se somente a energia ativa, ou seja, o Campus apesar de grande economia não possuirá uma conta de energia zerada pois existem outros itens faturados que não podem ser abatidos.

4.6 Implicações Práticas

Diante do observado durante a exposição dos resultados podemos perceber que geração de energia solar reduz a necessidade de consumo de energia elétrica proveniente de fontes externas, notando ainda que através do que foi apresentado e observando o atual retrato da matriz energética nacional pode-se dizer que diminui as emissões de gases de efeito estufa associadas à operação da universidade, ao mesmo tempo que reduz a fatura de energia mensal do Campus, essa economia ajuda a equilibrar o investimento inicial e gera recursos que podem ser aplicados em outras áreas. Outro aspecto bastante positivo é que esta instalação poderia servir como laboratório para o estudo e análise do comportamento dos painéis, bem como dos dados de incidência solar, além de conferir uma boa imagem para a instituição expondo a sempre presente preocupação socioambiental que é refletida por meio deste empreendimento.

Ao passo que o elevado custo de instalação é seu principal aspecto negativo de maneira geral, ainda nesse sentido, outro ponto a se observar é a manutenção do sistema a fim de manter este com a maior eficiência possível, porém este aspecto não foi tratado neste trabalho por ser bastante abrangente e seguir, podendo-se dizer que em outra linha de pesquisa.

A instalação de uma usina fotovoltaica forneceria não somente a energia elétrica, que é a sua principal função, mas daria uma infraestrutura, que o Campus ainda não possui de um estacionamento coberto, podendo ainda cobrir a área de passeios e calçadas. Para a comunidade acadêmica o principal fruto seria o aumento de áreas cobertas, podendo até impactar numa leve diminuição na sensação térmica local.

Na esfera acadêmica em si são inúmeros os possíveis projetos que podem ser abordados nesta esfera, principalmente observando o atual foco em energias renováveis e transição energética. Com os principais temas relacionados podendo ser voltados para a eficiência e otimização de sistemas fotovoltaicos, afim de se estudar técnicas de maximização de geração ou então focar em redução de perdas elétricas e térmicas em módulos e inversores, sustentabilidade de sistemas fotovoltaicos e análise do ciclo de vida útil desses, assim como a modelagem climática e previsão solar, com intuito de desenvolver modelos para previsão da radiação solar e assim estimar a produção energética com mais precisão, bem como estabelecer o impacto de mudanças climáticas sobre os sistemas de geração.

Por ser um assunto que direta ou indiretamente impacta toda a comunidade acadêmica é possível envolver os demais cursos do Campus nessa temática, visto que energia sustentável é um assunto que afeta vários aspectos da sociedade desde a economia até o meio ambiente. Podendo abordar assunto interdisciplinares como gestão de sustentabilidade e energia, estratégias de inovação, entre outros temas voltados para questões de administração. Ainda se tratando da interdisciplinariedade

deste conteúdo apresentado, pode-se ainda incluir no currículos dos demais cursos além das engenharias, o estudo dos impactos sociais da transição energética e ainda uma observação crítica da política energética e de meio ambiente.

Do ponto de vista ambiental não existem grandes impactos negativos observados, sobretudo em implementação de painéis fotovoltaicos em áreas já construídas ou urbanizadas, porém é necessário um olhar sobre qual o destino dos componentes de um gerador fotovoltaicos uma vez finalizada sua vida útil, sobretudo quanto ao descarte e ao manejo desses objetos.

5

CONCLUSÃO

A pesquisa feita mostra a eficiência da geração própria de energia elétrica feita através de uma usina fotovoltaica, observando-se os resultados obtidos, é nítido a economia financeira mensal que é possível ser alcançada através da instalação de um gerador fotovoltaico para o Campus do Sertão. Mesmo em períodos de menor geração, possíveis saldos negativos podem ser compensados durante períodos de maior geração.

Como pôde ser constatado nas contas de energia do Campus do Sertão tem um valor elevado e mesmo que a análise do empreendimento tenha levado em conta apenas uma parte da fatura total, o impacto é significativo. Se considerarmos que além desse gasto direto que foi impactado, outros gastos que constam na fatura como juros, correção monetária e multas também sejam eliminados ou diminuídos, o tempo de retorno do investimento pode até ser reduzido ainda mais.

Apesar do relativo alto custo de instalação, a relação custo-benefício é positiva, sobretudo quando observado o tempo de retorno do investimento em comparação com a vida útil do sistema. Como pôde ser encontrado nos resultados, o tempo de retorno do investimento aconteceu já no decorrer do quarto ano, o que é muito menor que o tempo declarado de vida útil dos equipamentos do sistema, que gira em torno 25 anos.

Como forma de comparação, ao longo do tempo com o montante que deixou de ser gasto no pagamento da conta de energia elétrica é possível montar uma nova usina fotovoltaica, semelhante a esta a cada cinco anos, se mantidos os padrões de produção e consumo. Com esse montante podendo ser revertido também para os mais diversos fins como, financiamento de pesquisas, melhorias e aumento de infraestrutura no Campus, ampliação de projetos existentes, oferta de bolsas, etc.

Este Trabalho de Conclusão de Curso fez uma abordagem do ponto de vista técnico e financeiro para implantação de uma usina fotovoltaica para atender as demandas de energia elétrica do Campus do Sertão da UFAL, envolvendo consumo da Sede em Delmiro Gouveia e da Unidade de Santana do Ipanema. Na prática, a instalação destas usinas passam por empresas que possuem a expertise nesse tipo de instalação

e manutenção, cujas técnicas de engenharias são bem difundidas em nossa região.

Outras informações como homologação da usina fotovoltaica pela concessionária de energia elétrica também fazem parte do contrato de instalação desses equipamentos.

Após a instalação da usina fotovoltaica, além da economia em despesa de custeio para o Campus, também proporcionará o desenvolvimento de grupos de pesquisa, ensino e extensão envolvendo a comunidade acadêmica com temas sobre a produção e monitoramento da usina solar.

Limitações, Desafios e Dificuldades

Trabalhos de pesquisa sempre apresentam suas limitações, desafios e dificuldades uma vez que consistem em coletar, processar e analisar dados de forma interessante para o estudo em questão.

Limitações são encontradas nas mais diversas áreas de estudo, nesse caso não seria diferente, com a principal limitação encontrada tratando-se do acesso aos dados de consumo de energia elétrica a época em que foi realizada a pesquisa, ainda assim os dados conseguidos foram suficientes para elaboração apropriada do trabalho.

O maior desafio durante o processo de produção desse trabalho foi conciliar conceitos técnicos do meio prático com os requisitos teóricos que sempre necessitam de embasamento e fundamentação no meio acadêmico.

De forma geral a maior dificuldade ao tratar do tema escolhido foi a obtenção de uma forma correta de processar ou utilizar os dados obtidos, visto que grande parte do equacionamento disposto na maior parte das fontes tratava sobre o dimensionamento para consumidores domésticos, sendo um grande desafio concatenar os equacionamentos encontrados da melhor maneira possível afim de expressar de forma adequada a solicitação desejada no estudo.

Sugestões de Pesquisa

Neste trabalho foi dimensionado e feita a análise de retorno financeiro de uma usina fotovoltaica para o Campus do Sertão, sendo observado fatores como o consumo mensal e os índices de irradiação da região, ao passo que o retorno financeiro foi analisado com base no tempo de retorno do investimento, porém existem diversos outros aspectos concernentes a instalação de uma usina desse tipo que podem ser abordados.

O tema abordado neste trabalho é apenas uma vertente no escopo total do assunto que em que está inserido, energias renováveis, além de também apenas partes pertinentes ao tema no sentido técnico, com o assunto em questão tendo diversos

aspectos interdisciplinares. Poderíamos seguir diversas nuances de pesquisa a partir deste trabalho, desde análises de dados a impactos socioambientais na região, assim, é possível elencar algumas possíveis sugestões de pesquisas.

Poderiam ser feitas pesquisas sobre o comportamento do consumo de energia elétrica pelas unidades do *campus*, com o objetivo de estudar a cultura de utilização, a eficiência com que é utilizada e a forma como esse consumo impacta na demanda total. Dessa forma traçando um perfil do consumidor específico, com o qual seria possível planejar e adotar práticas buscando o chamado balanço energético positivo.

Acompanhar os dados de produção de energia elétrica gerados pela usina é outra linha de pesquisa interessante, a análise desses dados poderiam fornecer informações importantes não somente sobre a usina fotovoltaica em si, como o comportamento dos painéis fotovoltaicos e sua eficiência ao longo do tempo, mas também sobre os dados ambientais da região, servindo para estabelecer uma relação entre os dados encontrados na literatura e os dados de campo, com isso sendo possível através do comparativo entre as projeções de geração com a geração real.

Ainda dentro da linha abordada no projeto é possível aprofundar os estudos do impacto financeiro, por meio da análise aprofundada da projeção feita neste trabalho com a real amortização causada pelo projeto da usina. Ainda observando esse aspecto, é possível estabelecer pesquisas sobre o comportamento financeiro observando aspectos como a manutenção da usina e demais aspectos relacionados ao seu funcionamento, estabelecendo sua correlação também com a atratividade do projeto e seu tempo de retorno.

Aproveitando a interdisciplinaridade que este projeto apresenta, linhas de pesquisa com o enfoque socioambiental fazem-se possíveis, com as principais propostas de pesquisas nessa temática partindo do reflexo que o aproveitamento de tal fonte energética pode apresentar para a sociedade, sobretudo acerca de questões diretas, como aproveitamento do espaço urbano, de forma análoga impactos na produção rural, através da substituição de áreas de produção ou de mata nativa por usinas fotovoltaicas, e também da geração de empregos na cadeia de construção e manutenção dessas usinas.

Dentro do assunto abordado estas são apenas algumas sugestões de futuras pesquisas, sendo possível ainda dentro da mesma temática percorrer mais tantas sugestões, sendo assim percebe-se a importância de um projeto como esse, não somente no aspecto infraestrutural e financeiro para sobretudo do ponto de vista acadêmico.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, R. A. d. **Análise de Viabilidade Técnico-econômica da Implantação de Sistema Híbrida Solar Fotovoltaico - Biomassa Conectado à Rede de Energia Elétrica**. Goiânia: [s.n.], 2014. ISSN 14320614. ISBN 9783319600536. Disponível em: <https://www.ifg.edu.br/attachments/article/5213/Dissertaçã{o}_ProcessosSustentáveis\Regina>.

ANEEL. Resolução normativa aneel nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>>.

AQUECEDORES, S. e S. **PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO 565W JINKO**. 2024. Disponível em: <<https://www.solaresol.com.br/produto/painel-solar-fotovoltaico-565w-jinko.html>>.

AQUELUX, S. em E. S. **Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Inversor 3-150-1500-1-20 Shp150 Sunny 150kw Trif 600v** 1. 2024. Disponível em: <<https://aqueluxenergiasolar.com.br/inversor-solar-fotovoltaico-on-grid-inversor-3-150-1500-1-20-shp150-sunny-150kw-trif-600v-1-mppt-monitor-dps-p300>>.

BJORK, I.; CONNORS, C.; WELCH, T.; SHAW, D.; HEWITT, W.; MWENECHANYA, J. Encouraging renewable energy development: A handbook for international energy regulator. **United States: United States Agency for International Development (USAID)**, 2011.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm>.

BV, B. **Qual é a durabilidade do painel solar? Veja 5 dicas para cuidar dele!** 2023. Disponível em: <<https://www.bv.com.br/bv-inspira/financiamento-para-energia-solar/durabilidade-painel-solar#:~:text=Indo%20direto%20ao%20ponto%2C%20a,pode%20ultrapassar%20os%2040%20anos.>>>

CARI, E. P. T. **Introdução à Sistemas Fotovoltaicos, Dimensionamento e Instalação**. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, 2021. Disponível em: <http://www.sel.eesc.usp.br/cursosolar/wp-content/uploads/2021/12/Introducao_a_Sistemas_Fotovoltaicos__Dimensionamento_e_Instalacao__REV7_Dez2021_compressed.pdf>.

CARNEIRO, J. A. Módulos fotovoltaicos: Características e associações. 2010.

COSTA, G. M. Os princípios físicos do funcionamento de painéis solares. **EnPE**, v. 8, n. 1, 2021.

CRESESB. **Radiação Solar**. 2023. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301>. Acesso em: 30 de abril 2023.

ENERGIA, S. D. **Energia Solar Paulista, levantamento do potencial**. [S.l.]: Governo do Estado de São Paulo São Paulo, 2013.

EQUATORIAL. **Aneel disponibiliza a opção pela Tarifa Branca para todos os clientes**. 2020. Disponível em: <<https://al.equatorialenergia.com.br/2020/01/03/aneel-disponibiliza-a-opcao-pela-tarifa-branca-para-todos-os-clientes/>>.

EVERCODE, S. **Como funciona o datalogger para sistemas fotovoltaicos?** 2019. Disponível em: <<https://solarview.com.br/centraldeajuda/datalogger/funcionalidades/datalogger-para-energia-fotovoltaica/#:~:text=Em%20um%20conceito%20geral%2C%20o,utilizados%20no%20monitoramento%20de%20usinas.>>

FARIAS, L. M.; SELLITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 07–16, 2011.

FERNANDES, N. M.; HADDAD, A. N. Análise da teoria net zero energy building aplicada no brasil. **Oper. Prod. Manag**, v. 5, p. 79–91, 2019.

FERREIRA, J. P. J. A energia solar e o conceito de horas de sol pleno. 2019.

FREITAS, J. V. A. de; ZATTAR, I. C. Uma análise crítica dos fatores econômicos de adoção de energias renováveis em diferentes países da américa latina. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 11, n. 1, p. 63–76, 2025.

GOLDEMBERG, J.; CHU, S. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. [S.l.]: FAPESP, 2010.

GOMES, J. P. P.; VIEIRA, M. M. F. O campo da energia elétrica no brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, SciELO Brasil, v. 43, p. 295–321, 2009.

IBGE, I. B. de Geografia e E. **Cidades e Estados: Delmiro Gouveia**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/delmiro-gouveia.html>>.

KEMERICH, P. D. da C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F. de; SILVEIRA, R. B. da; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. Paradigmas da energia solar no brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 241–247, 2016.

LABREN. **Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia**. 2023. Disponível em: <<http://labren.ccst.inpe.br/index.html>>.

LABREN, L. de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de E. **Cidades e Estados: Delmiro Gouveia**. 2021. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017_AL.html>.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 126–143, 2015.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. d.; RÜTHER, R.; ABREU, S. d.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. d. Atlas brasileiro de energia solar. **São José dos campos: Inpe**, v. 1, 2017.

PIERO, E. P. F. D.; COLOMBINI, G. N. U. I. Avaliação de projeto de investimento em ultra-sonografia ocular: Método do “payback” descontado. **Sociedade Brasileira de Oftalmologia**, v. 63, n. 5-6, p. 334–339, 2004.

PINHO, C.; TAVARES, S. A análise financeira. 2012. Disponível em: <<https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/13481/5/ANÁLISE%20FINANCEIRA.pdf>>.

PINTO, M. A.; GALDINO, J. T. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Edição rev. CEPEL - CRESESB, 2014. v. 01. ISSN 0029-5582. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>.

RAMPINELLI, G. A.; KRENZINGER, A.; ROMERO, F. C. Descrição e análise de inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos. **Revista ciências exatas e naturais [recurso eletrônico]**. Guarapuava, PR. Vol. 15, n. 1 (jan./jun. 2013), p. 25-30, 2013.

ROSA, A. R. O. da; GASPARIN, F. P. Panorama da energia solar fotovoltaica no brasil. **Revista brasileira de energia solar**, v. 7, n. 2, p. 140–147, 2016.

RÜTHER, R.; NASCIMENTO, L.; CAMPOS, R. Extreme overirradiance events in brazil: consequences on pv power plant output performance. **submitted to Solar Energy**, 2017.

SANTOS, Í. P. d. et al. Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura. 2013.

SANTOS, W. T. A. d. Análise de alternativas para o cálculo de tarifas de uso do sistema de transmissão para horário fora de ponta. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7128/1/monopoli10000599.pdf>>.

SCHERER, L. A.; SESSEGOLO, M. E. D.; BARCAROLO, T. B.; EDLER, M. A. R. Fonte alternativa de energia: energia solar. **XX Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão**. Universidade de cruz Alta/RS, 2015.

SEBRAE. **O que é Prazo de Retorno do Investimento (PRI)**. 2023. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/prazo-de-retorno-do-investimento-pri,90da5415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD#:~:text=Quanto%20ao%20prazo%20de%20retorno,um%20investimento%20%C3%A9%20pague%C3%A9>>

SERTÃO, C. do. **Histórico**. 2023. Disponível em: <<https://campusdosertao.ufal.br/institucional/historico>>.

SILVA, J. B. da; BARROS, D. da S. Transição energética e inovação: uma análise do setor elétrico brasileiro energy transition and innovation: an analysis of the brazilian electricity sector. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 82486–82501, 2021.

SOLAR, P. **Carport solar: como funciona o estacionamento que gera energia solar (guia completo)**. 2023. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/carport-solar>>.

UFAL. **Apresentação**. 2023. Disponível em: <<https://ufal.br/ufal/institucional/apresentacao>>.

UFPR. **Radiação Solar Incidente**. 2023. Disponível em: <<https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>>.

Anexos

Relação de Faturas Agrupadoras/Agrupadas -Sede do Campus - (03/2023)

equatorial

UNIVERSIDADE

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALACAS UFAL

Relação de Faturas Agrupadoras/Agrupadas Restaurante Universitário (03/2023)

equatorial

ENERGIA

RELÇÃO DE FATURAS AGRUPADORAS/AGRPADAS

CLIENTE: 1586041 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS UFAL

Endereço: MANOEL SEVERINO BARBOSA , S/N

Referência: 03/2023

CONTA CONTRATO: 004000000571

Município: ANAPITACA

Documento: 61009004608

Bairro: BOM SUCESSO

Complemento: UFAL - SERTÃO

Valor: 60029,98

Referência: 03/2023

Empresa: D004-EQUATORIAL ALAGOAS

Local: DELMIRO GOUVEIA

Endereço: AL 145 , S/N

Nome: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS UFAL

Município: DELMIRO GOUVEIA

Complemento:

Instalação: 0014571285

Complemento:

Bairro: BOM SUCESSO

Classe Principal

Classe de Consumo

Tensão

Hash Code: F7CF.D0BE.CA5F.639F.4D6B.2BDE.0A82.6724

Nota Fiscal: 012047389

Apres: 10/04/2023

Unidade de Leituras: DEL7B013

Pateta: 0202301012047309

Valor: 6292,58

Referência: 03/2023

Tributos			Valores de Tributos			Valores Faturados		
	Base de Cálculo	Alíquota	Valor	Descrição	Quantidade	Preço	Valor	
ICMS	5634,58	18,0000	1014,23	Cóp-Tim Pub Pref Munic	5,848,65	0,963398	377,69	
COPINS	4620,35	4,1078	189,80	Consumo			5634,58	
PIS	4620,35	0,8918	41,21	Multa			244,02	
				Correção Monetária			186,02	
				Juros			221,76	
Imp. Medidor	Cte.	Imp. Let.	Anterior	Leit. Atual	Medido	Faturado		
CAT	3609026750	1,00	1,00	105,338,00	111,044,00	5,706,00	75,37	
CHE	3609026750	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	62,83	
							40,82	
							188,47	

Unidade: U1203986

Posição do Dia: 06-04-2023 14:21:13

Pág: 1 de 1

Fatura Agrupadora - Campus do Sertão - Conta Contrato 4000000571 (03/2023)

 EQUATORIAL ALAGOAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A. Av. Fernandes Lima, 3349 Gruta de Lourdes - Maceió - AL CEP: 57.052-902 CNPJ: 12.272.084/0001-00 Insc. Estadual: 24.007.177-8 Agência Virtual: www.equatorialenergia.com.br		EMISSION: 31.03.2023 APRESENTAÇÃO: 10.04.2023		610009004608 REFERÊNCIA: 03/2023	
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS UFAL CNPJ: 24.464.109/0001-48 PARCEIRO DE NEGÓCIO: 1586041 UFAL - SERTÃO			PARA ATENDIMENTO INFORME ESTE NÚMERO		VENCIMENTO 28.04.2023
			4000000571		VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 60.029,98

FATURA AGRUPADORA																																																											
Atenção, Este documento agrupador, representa o débito de 3 fatura(s). O detalhamento do faturamento desta(s) fatura(s), por unidade consumidora, está relacionado com relatório anexo. Pagamentos efetuados com cheque só terão quitação válida após compensação.		<table border="1"> <tr> <th>Energia/Tributos</th> <th>Quantidade</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr><td>Consumo</td><td>5848,65</td><td>4.389,34</td></tr> <tr><td>Consumo Fora Ponta</td><td>39070,54</td><td>15.187,87</td></tr> <tr><td>Consumo Ponta</td><td>7545,60</td><td>16.774,07</td></tr> <tr><td>Demanda Ativa</td><td>250,00</td><td>6.578,00</td></tr> <tr><td>Demanda Ultrapassagem</td><td>16,64</td><td>821,01</td></tr> <tr><td>Consumo Reativo Excedente NP</td><td>0,60</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>Consumo Reativo Excedente FP</td><td>1757,66</td><td>498,93</td></tr> <tr><td>ICMS</td><td></td><td>9.440,10</td></tr> <tr><td>COFINS</td><td></td><td>1.913,36</td></tr> <tr><td>PIS</td><td></td><td>415,38</td></tr> <tr><td>Subtotal 1</td><td></td><td>56.018,23</td></tr> </table> <table border="1"> <tr> <th>Lançamentos e Serviços</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr><td>Cip-Ilum Pub Pref Munic</td><td>1.675,20</td></tr> <tr><td>Juros</td><td>1.889,06</td></tr> <tr><td>Multa</td><td>2.879,25</td></tr> <tr><td>Correção Monetária</td><td>1.527,27</td></tr> <tr><td>Tributo a Reter PIS</td><td>405,01-</td></tr> <tr><td>Tributo a Reter CSLL</td><td>623,18-</td></tr> <tr><td>Tributo a Reter COFINS</td><td>1.869,42-</td></tr> <tr><td>Tributo a Reter IRPJ</td><td>1.061,42-</td></tr> <tr><td>Subtotal 2</td><td>4.011,75</td></tr> </table>		Energia/Tributos	Quantidade	Valor (R\$)	Consumo	5848,65	4.389,34	Consumo Fora Ponta	39070,54	15.187,87	Consumo Ponta	7545,60	16.774,07	Demanda Ativa	250,00	6.578,00	Demanda Ultrapassagem	16,64	821,01	Consumo Reativo Excedente NP	0,60	0,17	Consumo Reativo Excedente FP	1757,66	498,93	ICMS		9.440,10	COFINS		1.913,36	PIS		415,38	Subtotal 1		56.018,23	Lançamentos e Serviços	Valor (R\$)	Cip-Ilum Pub Pref Munic	1.675,20	Juros	1.889,06	Multa	2.879,25	Correção Monetária	1.527,27	Tributo a Reter PIS	405,01-	Tributo a Reter CSLL	623,18-	Tributo a Reter COFINS	1.869,42-	Tributo a Reter IRPJ	1.061,42-	Subtotal 2	4.011,75
Energia/Tributos	Quantidade	Valor (R\$)																																																									
Consumo	5848,65	4.389,34																																																									
Consumo Fora Ponta	39070,54	15.187,87																																																									
Consumo Ponta	7545,60	16.774,07																																																									
Demanda Ativa	250,00	6.578,00																																																									
Demanda Ultrapassagem	16,64	821,01																																																									
Consumo Reativo Excedente NP	0,60	0,17																																																									
Consumo Reativo Excedente FP	1757,66	498,93																																																									
ICMS		9.440,10																																																									
COFINS		1.913,36																																																									
PIS		415,38																																																									
Subtotal 1		56.018,23																																																									
Lançamentos e Serviços	Valor (R\$)																																																										
Cip-Ilum Pub Pref Munic	1.675,20																																																										
Juros	1.889,06																																																										
Multa	2.879,25																																																										
Correção Monetária	1.527,27																																																										
Tributo a Reter PIS	405,01-																																																										
Tributo a Reter CSLL	623,18-																																																										
Tributo a Reter COFINS	1.869,42-																																																										
Tributo a Reter IRPJ	1.061,42-																																																										
Subtotal 2	4.011,75																																																										
0800 082 8500 - CENTRAL ATENDIMENTO CORPORATIVO 0800 721 0082 - OUVIDORIA EQUATORIAL ALAGOAS 167 - ANEE (LIGAÇÃO GRATUITA DE TELEFONES FIXOS E TARIFADA NA ORIGEM PARA TELEFONES CELULARES)																																																											
Demonstrativo Valores Faturamento (Res. 166/05) <table border="1"> <tr> <td>ENERGIA</td> <td>2.194,23</td> <td>TRANSMISSÃO</td> <td>244,93</td> </tr> <tr> <td>DISTRIBUIÇÃO</td> <td>1.329,09</td> <td>ENC. SETORIAIS</td> <td>621,09</td> </tr> <tr> <td>TRIBUTOS</td> <td>1.245,24</td> <td>Soma Demonstrativa</td> <td>5.634,58</td> </tr> </table>		ENERGIA	2.194,23	TRANSMISSÃO	244,93	DISTRIBUIÇÃO	1.329,09	ENC. SETORIAIS	621,09	TRIBUTOS	1.245,24	Soma Demonstrativa	5.634,58																																														
ENERGIA	2.194,23	TRANSMISSÃO	244,93																																																								
DISTRIBUIÇÃO	1.329,09	ENC. SETORIAIS	621,09																																																								
TRIBUTOS	1.245,24	Soma Demonstrativa	5.634,58																																																								
COMPOSIÇÃO DO ICMS <table border="1"> <tr> <td>BASE DE CÁLCULO DO ICMS</td> <td>ALÍQUOTA</td> <td>VALOR (R\$)</td> </tr> <tr> <td>52.444,97</td> <td>18,000</td> <td>9.440,10</td> </tr> </table>		BASE DE CÁLCULO DO ICMS	ALÍQUOTA	VALOR (R\$)	52.444,97	18,000	9.440,10																																																				
BASE DE CÁLCULO DO ICMS	ALÍQUOTA	VALOR (R\$)																																																									
52.444,97	18,000	9.440,10																																																									
		AGÊNCIA DE ATENDIMENTO / MENSAGENS ATENÇÃO DOCUMENTO AGRUPADOR, REPRESENTA O DÉBITO DE 3 FATURA(S).																																																									

EQUATORIAL ALAGOAS DISTRIB. DE ENERGIA S.A. Av. Fernandes Lima, 3349 Gruta de Lourdes - Maceió - AL CEP: 57.052-902 CNPJ: 12.272.084/0001-00 Insc. Estadual: 24.007.177-8 Agência Virtual: www.equatorialenergia.com.br		EMPRESA 836300006001 299800039008 000881099808 040000005716	
AGÊNCIA RECEBEDORA PAGAVEL EM QUALQUER AGENTE ARRECADADOR		VENCIMENTO 28.04.2023	
BENEFICIÁRIO EQUATORIAL ALAGOAS DISTRIB. DE ENERGIA S.A.		CLIENTE 4000000571	REFERÊNCIA 03/2023
DATA DOCUMENTO 31.03.2023	NÚMERO DE REFERÊNCIA 610009004608	ESPÉCIE DOC. ACEITE 2	DATA PROCESSAMENTO 31.03.2023
USO DO BANCO	CARTEIRA	ESPÉCIE R\$	QUANTIDADE 0
		VALOR 60.029,98	(=)VALOR DOCUMENTO 60.029,98
INFORMAÇÕES DE RESPONSABILIDADE DO BENEFICIÁRIO			(-)DESCONTO ABATIMENTO 0,00
			(-)OUTRAS DEDUÇÕES 0,00
			(+)MULTA 0,00
			(+)OUTROS ACRÉSCIMOS 0,00
			(=)VALOR COBRADO 60.029,98

FATURA AGRUPADORA	
SACADO UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS UFAL MANOEL SEVERINO BARBOSA S/N - BOM SUCESSO ARAPIRACA - AL - CEP: 57309-005	



Fatura da Unid. E. Santana do Ipanema - Conta Contrato 13993100 (03/2023)

DANFE - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

Equatorial Alagoas Distribuidora de Energia S.A.
CNPJ: 12.272.084/0001-00 | Insc. Estadual: 24.007.177-8
Av. Fernandes Lima, 3349
Gruta de Lourdes - Maceió - AL CEP: 57.052-902

Página 1/2

Classificação: Poder Público Federal - FEDERAL SERVICOS PUBLICOS	Tipo de Fornecedor: TRIFÁSICO
Tensão Nominal Disp: 13.800	Lim Min: 12.634 V
Lim Max: 14.490 V	Tipo de Tarifa: A4_VD

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS UFAL
INSTALAÇÃO: 13993100
CNPJ: ** 109/000*-**
UFAL - SERTÃO
R. JOAO AGOSTINHO DOS SANTOS, 10, CEP: 57500-000 SANTO ANTONIO - SANTANA DO IPANEMA - AL
FATOR DE POTÊNCIA: 0,89

Parceiro de Negócio
1586041

Conta Contrato
13993100

Conta Mês 03/2023	Vencimento 28/04/2023	Total a Pagar R\$ 13.549,27
------------------------------------	--	--

NOTA FISCAL Nº 012140677 - SÉRIE 000 / DATA DE EMISSÃO: 31/03/2023
Consulte pela Chave de Acesso em:
<https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/NF3E/Consulta-chave-de-acesso>:
27230312272084000100660000121406771051240660
Protocolo de autorização: 3272300004118018 - 01/04/2023 às 16:20:26

INFORMAÇÕES PARA O CLIENTE
• Períodos: Band. Tarif.: Verde: 01/03 - 31/03 • Valor referente ao FECOE: R\$131,40

Itens de Fatura	Quant.	Preço Unit.(R\$) com Tributos	Tarifa Unit.(R\$)	PIS/COFINS(R\$)	ICMS (R\$)	Valor(R\$)	Tributo	Base(R\$)	Alíquota(%)	Valor(R\$)
Consumo Fora Ponta (kWh)	6.998,74	0,499007	0,388730	143,18	628,63	3.492,42	ICMS	13.139,83	18,0000	2.365,17
Consumo Ponta (kWh)	2.230,20	2,853681	2,223030	260,92	1.145,57	6.364,28	PIS	10.774,66	0,8918	96,09
Demanda Ativa (kW)	66,64	31,668517	24,670000	86,52	379,87	2.110,39	COFINS	10.774,66	4,1078	442,61
Demanda Ultrapassagem (kW)	16,64	63,337139	49,340000	43,21	189,71	1.053,93				
Consumo Reativo Excedente FP (kVAr)	326,06	0,364381	0,283870	4,87	21,39	118,81				

ITENS FINANCEIROS
Cip-Ilum Pub Pref Munic 207,79
Multa 579,02
Correção Monetária 254,92
Juros 317,70
Tributo a Reter IRPJ 285,41-
Tributo a Reter CSLL 142,94-
Tributo a Reter PIS 92,89-
Tributo a Reter COFINS 428,75-

Grandezas Contratadas
Demanda Contratada Única (kW): 50,00
Demanda Contratada Ponta (kW):
Demanda Contratada Fora Ponta (kW):
Dem. Reserva Cap. Única (kW):
Dem. Reserva Cap. Fora Ponta (kW):
Dem. Reserva Cap. Ponta (kW):
Dem. de Geração (kW):
Dem. de Dist. Única (kW):
Dem. de Dist. De Ponta (kW):
Dem. de Dist. Fora Ponta (kW):

Medidor	Grandeza	Posto Horário	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const. Medidor	Consumo
36050005350	Consumo Fora Ponta	Consumo Ativo FP Reg	713.590	763.581	0,1400	6.998,74 kWh
36050005350	Consumo Ponta	Consumo Ativo NP Reg	116.380	132.310	0,1400	2.230,20 kWh
36050005350	Demanda Fora Ponta	Demanda Ativa FP Reg	0	110	0,5600	61,60 kW
36050005350	Demanda Ponta	Demanda Ativa NP Reg	0	119	0,5600	66,64 kW
36050005350	Dem. Reat. Exced. FP	Demanda DMCR FP Reg	0	371	0,1400	51,94 kVAr
36050005350	Dem. Reat. Exced. Pta	Demanda DMCR NP Reg	0	437	0,1400	61,18 kVAr
36050005350	Reat. Exced. F. Ponta	Consumo Reativo Exced FP Reg	149.213	151.542	0,1400	326,06 kVAr
36050005350	Reat. Exced. Ponta	Consumo Reativo Exced NP Reg	1.633	1.633	0,1400	0,00 kVAr

Reservado ao Fisco
19B2.EDA1.70BF.1CFB.259D.9E7D.5171.A2CB

Informações sobre Consumo
Consumo Médio Diário (kWh): 297,71
Média dos 12 meses (kWh): 5.911,92
Dem. Máx. F. Ponta (kW): 61,60
Dem. Máx. Ponta (kW): 66,64

Apresentação
10/04/2023

Resolução ANEEL
3033/22

Incidirão sobre a conta paga após o vencimento multa de 2%, juros de mora de 0,0333% ao dia (conf. Lei 10.438/02) e atualização monetária com base no IGP-M a serem incluídos na próxima fatura.

REAVISO DE VENCIMENTO

Conte com os nossos canais digitais e resolva tudo sem sair de casa, conheça:

O nosso Whatsapp, e fale com a Clara, para:

- Informar falta de energia
- Pedir códigos de barras para pagamento
- Cadastro de Tarifa Social Baixa Renda

(82) 2126-9200

E acesse o nosso site e baixe o nosso app, para:

- Solicitar troca de titularidade
- Solicitar religação
- Pedir segunda via da fatura

equatorialenergia.com.br

Nome do Cliente:
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS UFAL

C.C:
13993100

Unidade de Leitura:
S120A001

Competência:
03/2023

Vencimento:

Valor cobrado (R\$):
13.549,27

AG / FATURA AGRUPADA - NÃO RECEBER

**Agência Nacional de
Energia Elétrica (ANEEL) 167.**
Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis.

1. Energia elétrica oferece risco. Para mexer nas instalações, procure sempre um eletricitista. 2. É de inteira responsabilidade do cliente, a qualquer tempo, a atualização cadastral da Conta Contrato e adequação técnica e de segurança das instalações elétricas, conforme normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro) e das normas e padrões do concessionário postos a disposição do interessado. 3. As informações sobre as condições de funcionamento, tarifa, custos, serviços, produtos e preços, são postos a disposição do consumidor nas agências ou no site: www.aneel.gov.br. 4. Telefone atendimento: das 8h às 18h para solicitações de serviços comerciais e 24h para solicitações sobre falta no sistema elétrico.

O pagamento da conta de luz:
 # Esta conta pode ser paga em qualquer local credenciado. Procure o mais próximo de você.
 # Esta fatura não pode ser paga com cheque.
 # Autorize o débito automático em conta corrente de sua conta de luz. É muito mais cômodo, fácil e seguro.
 # Caso não efetue o pagamento de sua conta de luz, após o 15º dia do vencimento, você estará sujeito à suspensão do fornecimento de energia e inclusão nos órgãos de proteção ao crédito.

O consumidor tem o direito de receber uma compensação quando ocorrer violação dos padrões de continuidade individuais relativos à conta contrato de sua responsabilidade. A Equatorial Alagoas compensa, por meio da conta de luz, eventuais violações da média dos indicadores DIC, FIC, DMIC, DICRI. É direito do consumidor solicitar a apuração dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI a qualquer tempo.

[illegible]

Month	Ponta	Fora Ponta
NOV	~1,000	~4,500
NOV	~1,000	~4,000
NOV	~1,000	~4,500
NOV	~1,000	~4,000
DEZ	~1,000	~4,500
DEZ	~1,000	~4,500
JAN	~1,000	~4,500
JAN	~1,000	~4,500
FEV	~1,000	~5,500
FEV	~1,000	~5,500
MAR	~2,000	~9,000
MAR	~2,000	~9,000

RESOLUÇÃO ANEEL	3033/22
-----------------	---------

Consumo Fora Ponta:	0,388730
Consumo Ponta:	2,223030
Demanda Ativa:	24,670000

Conforme Resolução Normativa Aneel 581/2013 Arts 7º e 8º é seu direito solicitar a qualquer tempo à Equatorial Alagoas o cancelamento de cobrança relativa de outros serviços cobrados na fatura, bem como a emissão da nova fatura sem a cobrança dos serviços cancelados. Ressalta-se que o fornecimento poderá ser suspenso caso os valores referentes aos serviços de distribuição de energia não sejam devidamente pagos.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO, ADMINISTRAÇÃO E
CONTRATOS

FOLHA DE ASSINATURAS

Emitido em 11/04/2023

NOTA FISCAL Nº 991/2023 - G.O (11.00.43.43.12)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 11/04/2023 10:51)

ANDRE MOTA ALCIDES

ENGENHEIRO-AREA

SINFRA (11.00.43.43)

Matricula: 1801546

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.sig.ufal.br/documentos/> informando seu número: **991**, ano: **2023**, tipo: **NOTA FISCAL**, data de emissão: **11/04/2023** e o código de verificação: **f57d4a6b0d**

Os anexos seguintes foram extraídos da aplicação utilizada para organizar os dados pesquisados nesse TCC e facilitar o processo de cálculo que possibilitou chegar aos resultados obtidos.

Nesta tabela estão os dados de consumo de energia elétrica do Campus.

Dados do Consumo		
Consumo Mensal Campus do Sertão Delmiro Gouveia		
Mês	Consumo Fora Ponta (kWh)	Consumo Ponta (kWh)
jan./23	17910	2544,6
fev./23	21987	3582,6
mar./23	32071,8	5315,4
abr./22	16241	2806
mai./22	18137	3321
jun./22	12406	2197
jul./22	11333,4	2127,6
ago./22	12457,2	2112
set./22	17988	3087,6
out./22	20470,2	3195,6
nov./22	23722,8	3703,8
dez./22	18852	2524,2
Cons. médio	18631,36667	3043,116667
Consumo Mensal Campus do Sertão Santana do Ipanema		
Mês	Consumo Fora Ponta (kWh)	Consumo Ponta (kWh)
jan./23	5115,46	863,94
fev./23	5453,7	1452,08
mar./23	6998,74	2230,2
abr./22	5508,5125	1313,9575
mai./22	5508,5125	1313,9575
jun./22	5508,5125	1313,9575
jul./22	5508,5125	1313,9575
ago./22	5508,5125	1313,9575
set./22	5508,5125	1313,9575
out./22	5508,5125	1313,9575
nov./22	5508,5125	1313,9575
dez./22	4466,15	709,61
Cons. médio	5508,5125	1313,9575
Consumo Mensal Campus do Sertão R.U.		
Mês	Consumo Fora Ponta (kWh)	Consumo Ponta (kWh)
jan./23	3456	inexistente
fev./23	5480	inexistente
mar./23	5848,65	inexistente
abr./22	4607	inexistente
mai./22	4331	inexistente
jun./22	4375	inexistente
jul./22	4159	inexistente
ago./22	3775	inexistente
set./22	5282	inexistente
out./22	4028	inexistente
nov./22	4570	inexistente
dez./22	4550	inexistente
Cons. médio	4538,470833	inexistente

Na tabela de dimensionamento do gerador estão dispostos parâmetros necessários para o cálculo da energia que o gerador fotovoltaico deve produzir, há também as fórmulas matemáticas em cada célula do programa, as equações usadas são mostradas no TCC, porém, somente é possível visualizar-las na própria aplicação *Excel on-line* oferecida pela *Microsoft*.

Dimensionamento do Gerador		
Tarifas		
Tarifa fora ponta (R\$/kWh)	Tarifa ponta (R\$/kWh)	Taxa de correção
0,38873	2,22303	5,718699354
Consumo		
	Consumo fora ponta (kWh)	Consumo ponta (kWh)
Delmiro Gouveia	18631,36667	3043,116667
Santana do Ipanema	5508,5125	1313,9575
Restaurante Universitário	4538,470833	0
Energia do Gerador (kWh)		
	Consumo fora ponta (kWh)	Cons. ponta corrigido (kWh)
Delmiro Gouveia	18631,36667	17402,66932
Santana do Ipanema	5508,5125	7514,127907
Restaurante Universitário	4538,470833	0
Consumo corrigido	28678,35	24916,79722
Consumo total	53595,14722	

Na tabela do saldo da energia elétrica está a estimativa de geração mensal, com a potência do gerador calculado com o emprego de 726 módulos fotovoltaicos, valor que foi adotado visto que o valor encontrado nos cálculos foi de 722,56.

Saldo de Energia Elétrica					Geração Média Mensal (kWh)
Estimativa de Geração					
mês	dias	Ism	Pfv (W)	Efv (kW/mês)	54472,80825
janeiro	31	5,98	408495	60581,44248	
fevereiro	28	5,89	408495	53895,19632	Consumo Médio Mensal (kWh)
março	31	5,97	408495	60480,13572	
abril	30	5,57	408495	54607,6116	53595,14722
maio	31	4,73	408495	47918,09748	
junho	30	4,34	408495	42548,8392	
julho	31	4,46	408495	45182,81496	
agosto	31	5,01	408495	50754,68676	Saldo Médio Mensal (kWh)
setembro	30	5,77	408495	56568,3876	
outubro	31	5,88	408495	59568,37488	877,6610264
novembro	30	6,2	408495	60784,056	
dezembro	31	6	408495	60784,056	
Geração média				54472,80825	

Em análise financeira estão as quantidades de cada componente do gerador e seu preço em reais, com o cálculo do valor a ser empregado calculado com base nesses dados.

A tabela do T.R.I. apresenta o valor inicialmente investido na instalação do conjunto gerador e a economia anual proveniente da geração própria, retornando como resultado o tempo de retorno do investimento.

Análise Financeira				
Valor Investido (R\$)				
item	quantidade	valor unitário (R\$)	valor (R\$)	site da compra
Paineis	726	1408	1022208	https://www.solaresc.com.br
inversores	2	72020,92	144041,84	https://aqueluxenergia.com.br
total investido (R\$)			1162025,84	
Valor Economizado Mensalmente (R\$)				
Consumo Médio Mensal (kWh)	Tarifa fora ponta (R\$/kWh)		Conta Média (R\$)	
53595,14722	0,38873		20834,04158	

TRI			
Valor Investido (R\$)	1162025,84	Ano	Valor Investido (R\$)
Desconto		0	1162025,84
Mensal (R\$)	Anual (R\$)	1	912017,34
20834,04158	250008,5	2	662008,84
		3	412000,34
		4	161991,84
		5	-88016,65
		6	-338025,15
		7	-588033,65
		8	-838042,15
		9	-1088050,65
			250008,5