



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Samuel de Oliveira Carvalho

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DOS
TELHADOS DO IFCE CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE**

MOSSORÓ

2023

Samuel de Oliveira Carvalho

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DOS
TELHADOS DO IFCE CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Pereira da
Rocha

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C(331 Carvalho, Samuel de Oliveira.
)p Potencial de geração de energia solar
fotovoltaica dos telhados do IFCE campus Limoeiro
do Norte / Samuel de Oliveira Carvalho. - 2023.
38 f. : il.

Orientador: Ednardo Pereira da Rocha.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. Geração. 2. Consumo. 3. Sistema
fotovoltaico. 4. Irradiação solar. 5. Telhados. I.
Rocha, Ednardo Pereira da, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Samuel de Oliveira Carvalho

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DOS
TELHADOS DO IFCE CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 09 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Ednardo Pereira da Rocha, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Adriano Aron Freitas de Moura, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

João Hugo Cadeira Brandão, Engenheiro
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre conduzir meu caminho, me fazendo pisar em terreno sólido e sem muitos percalços para construir minha jornada, o que muitos chamam de destino.

Agradeço a minha família, minha base fundamental que sempre me apoiou e se sacrificou para que eu pudesse traçar o caminho exitoso da educação. À minha mãe e minhas irmãs toda a gratidão e reconhecimento do vosso papel na minha jornada.

Agradeço também a oportunidade de acesso ao ensino público e de qualidade, representado neste momento pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O mérito só existe quando as oportunidades são possíveis de serem alcançadas. Para um filho de artesãos de rede, somente esforço nunca seria suficiente.

Agradeço a todos os educadores e amigos que passaram por minha jornada pedagógica e contribuíram com o meu desenvolvimento.

Agradeço ao meu Orientador por conduzir a elaboração desse trabalho e se mostrar sempre prestativo às dúvidas apresentadas. Agradecimentos à banca examinadora pela disponibilidade e apontamentos sempre coerentes.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo de caso sobre o potencial de geração de energia solar fotovoltaica dos telhados do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Limoeiro do Norte. A temática traz como objetivos analisar as áreas úteis dos telhados de cada bloco do campus adotando critérios como análise de sombreamento e capacidade de captação de irradiação solar; estimar a potência de sistemas fotovoltaicos que pode ser implantada em cada bloco, a disposição e quantidade de módulos fotovoltaicos; e levantar o potencial de geração aplicando o método da insolação. Depois de obtidos os dados de geração e comparando-os com o consumo de energia do campus, deve-se analisar se o campus seria autossuficiente na produção e consumo de energia elétrica.

Palavras-chave: geração, consumo, sistema fotovoltaico, irradiação solar, telhados.

ABSTRACT

This monography presents a case study on the potential for generating photovoltaic solar energy on the roofs of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará, Limoeiro do Norte campus. The objective of the theme is to analyze the useful areas of the roofs of each block on the campus, adopting criteria such as shading analysis and solar radiation capture capacity; estimate the Power of photovoltaic systems that can be deployed in each block, the arrangement and quantity of photovoltaic modules; and estimate the generation potential by applying the insolation method. After obtaining the generation data and comparing it with the campus's energy consumption, it must be analyzed whether the campus would be self-sufficient in the production and consumption of electrical energy.

Keywords: generation, consumption, photovoltaic system, solar irradiation, roofs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Irradiação Solar global Diária no Plano Inclinado – Médial Anual.	15
Figura 2 – dados de irradiação para a cidade de Limoeiro do Norte, Ceará.	15
Figura 3 – Vista superior do IFCE campus Limoeiro do Norte.	19
Figura 4 – método para encontrar os ângulos azimutais.	20
Figura 5 – Fator de ajuste.	22
Figura 6 – Usinas fotovoltaicas instaladas no campus.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – dados dos telhados.	23
Tabela 2 – área útil dos telhados.....	24
Tabela 3 – valores de Irradiância Média (kWh/m ² /dia) para os meses do ano.	25
Tabela 4 – dimensões do telhado e quantidade de módulos por bloco.	25
Tabela 5 – potência suportada por bloco.....	26
Tabela 6 – estimativa de geração bloco 05.....	27
Tabela 7 – resumo da estimativa de geração de cada bloco.....	27
Tabela 8 – comparativo entre geração e consumo.	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Agência Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Técnica Brasileira
IEC	International Electrotechnical Commission
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas
FV	Fotovoltaico
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
TE	Tarifa de Energia
IEA	International Energy Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Princípios da geração solar fotovoltaica	13
2.2 Potencial solar no Brasil.....	14
2.3 Normas técnicas para sistemas fotovoltaicos.....	16
2.4 Resoluções Normativas ANEEL e Lei 14.300/2022	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS.....	23
5 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	30
ANEXO A – MAPA DESCRITIVO DO CAMPUS	32
ANEXO B – FATURA DE ENERGIA DA UNIDADE CONSUMIDORA.....	33
ANEXO C – HISTÓRICO DE CONSUMO DA UNIDADE CONSUMIDORA	34
ANEXO D – ESPECIFICAÇÕES DO MÓDULO FOTOVOLTAICO VERTEX S 405 W.....	35
ANEXO E – ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO PARA CADA BLOCO	36

1 INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é uma forma de geração de eletricidade a partir da conversão direta da radiação solar em corrente elétrica, utilizando células fotovoltaicas. Essa tecnologia apresenta diversas vantagens, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, a diversificação da matriz energética, a diminuição da dependência de combustíveis fósseis, além da geração de empregos e renda. Além disso, a energia solar fotovoltaica pode ser aplicada de forma descentralizada, aproveitando, por exemplo, os espaços disponíveis nos telhados das edificações para a instalação de módulos fotovoltaicos.

O Brasil apresenta bom potencial para a exploração da energia solar fotovoltaica, devido à sua localização geográfica e à sua alta incidência de radiação solar durante todo o ano. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o país recebe de 4.500 a 6.300 Wh/m² diariamente de irradiação solar, sendo que a região Nordeste é a que apresenta os maiores valores, com 5,9 kWh/m² anuais (PEREIRA et al., 2017). De acordo com o Relatório de Mercados Globais Fotovoltaicos¹, elaboradora pela Agência Internacional de Energia (IEA), em 2020 o Brasil ficou em nono lugar no ranking mundial de países com maior capacidade anual instalada de energia solar fotovoltaica, com 3,1 GW. No entanto, esse valor ainda é baixo se comparado com o potencial existente, o que indica a necessidade de políticas e programas que incentivem o desenvolvimento do setor.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de geração de energia solar fotovoltaica dos telhados do IFCE campus Limoeiro do Norte, localizado no estado do Ceará, Nordeste brasileiro. Para isso, serão utilizados dados de radiação solar da região obtidos através de softwares e mapas disponíveis na internet, área disponível dos telhados e comparação da geração com o consumo de energia elétrica. A hipótese é que a utilização da energia solar fotovoltaica nos telhados do IFCE campus Limoeiro do Norte possa contribuir para a eficiência energética, a redução de custos, sustentabilidade ambiental da instituição e atendimento de metas do PDI (Plano de Desenvolvimento Institucional) da instituição.

A metodologia adotada consiste em realizar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e as aplicações da energia solar fotovoltaica. Em seguida, será feito um levantamento dos dados necessários para o cálculo do potencial de geração de energia solar

¹ Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/04/IEA_PVPS_Snapshot_2021-V3.pdf. Acesso em: 21 set. 2023.

fotovoltaica dos telhados do IFCE campus Limoeiro do Norte. Este trabalho se apresenta com determinada relevância visto os esforços que a administração do IFCE como um todo já vem adotando para atender metas pré-estabelecidas de redução de consumo de energia e consequentemente sustentabilidade energética.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Princípios da geração solar fotovoltaica

A conversão da energia solar em elétrica se dá através do efeito fotovoltaico, que segundo Villalva (2012, p. 41) “consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial, ou tensão elétrica, sobre uma célula formada por um sanduiche de materiais semicondutores”. Essas células de material semicondutor são arranjadas de forma que a movimentação dos elétrons crie uma diferença de potencial suficiente para ser armazenado em uma bateria, ser utilizada por um consumidor final ou injetada na rede de distribuição de energia elétrica.

Atualmente o aproveitamento da energia solar se dá principalmente através de duas formas: energia solar térmica, onde a agitação das moléculas provocadas pela radiação solar gera um aquecimento que pode ser usado de forma direta ou convertido em energia mecânica ou elétrica; e energia solar fotovoltaica, em que há a conversão direta da irradiação solar em energia elétrica. Esta conversão é feita por painéis fotovoltaicos, estes compostos de material semicondutor, principalmente silício dopado com impurezas. Estas impurezas dão ao silício, que é eletronicamente estável por possuir quatro elétrons na camada de valência, a característica de possuir excesso de elétrons ou lacunas dependendo do material dopante (MALVINO, 2016).

Essa dopagem acrescenta ao material a capacidade de gerar corrente elétrica, em que a partir de determinada diferença de potencial há uma movimentação de elétrons entre dois terminais de uma célula fotovoltaica.

A captação da energia do Sol feita pelos painéis fotovoltaicos depende de fatores como incidência de irradiação solar no local, inclinação dos módulos em relação ao movimento do Sol, possíveis sombreamentos dos painéis e ângulo azimutal². Os módulos devem ser associados de modo que a tensão e corrente provenientes sejam suficientes para serem armazenadas em baterias ou compatíveis com a tensão mínima do inversor em caso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. A temperatura dos módulos é outro fator que é determinante para definição do rendimento do sistema (CRESESB; CEPTEL, 2014).

² Ângulo de orientação dos raios solares com relação ao Norte geográfico (Villalva, 2012).

2.2 Potencial solar no Brasil

O Brasil se configura com um grande potencial de geração de energia solar fotovoltaica devido a sua geolocalização próxima a linha do Equador, onde a intensidade de irradiação solar é maior do que em outras regiões do planeta, além de pouca variação na intensidade no decorrer do ano (EPE, 2016).

Dentro do Brasil, destaca-se a região Norte e Nordeste devido à maior proximidade com a linha do Equador em relação às outras regiões. Esta região conta com diversos empreendimentos de Usinas Fotovoltaicas implantadas e em implantação. Segundo dados da ANEEL disponíveis em seu endereço eletrônico³, o Brasil conta atualmente com 18.126 usinas fotovoltaicas (>5MW) em operação com potência instalada de 10,37 GW e outras 3.003 usinas outorgadas, que depois de concluídas contribuirão com uma potência de aproximadamente 140,2 GW por ano.

Considerando os sistemas de Micro e Minigeração distribuída (<5MW), de acordo com o Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída disponível no site da EPE⁴, o país conta com 17.066 MW de capacidade instalada, com 1.627.240 sistemas fotovoltaicos em funcionamento.

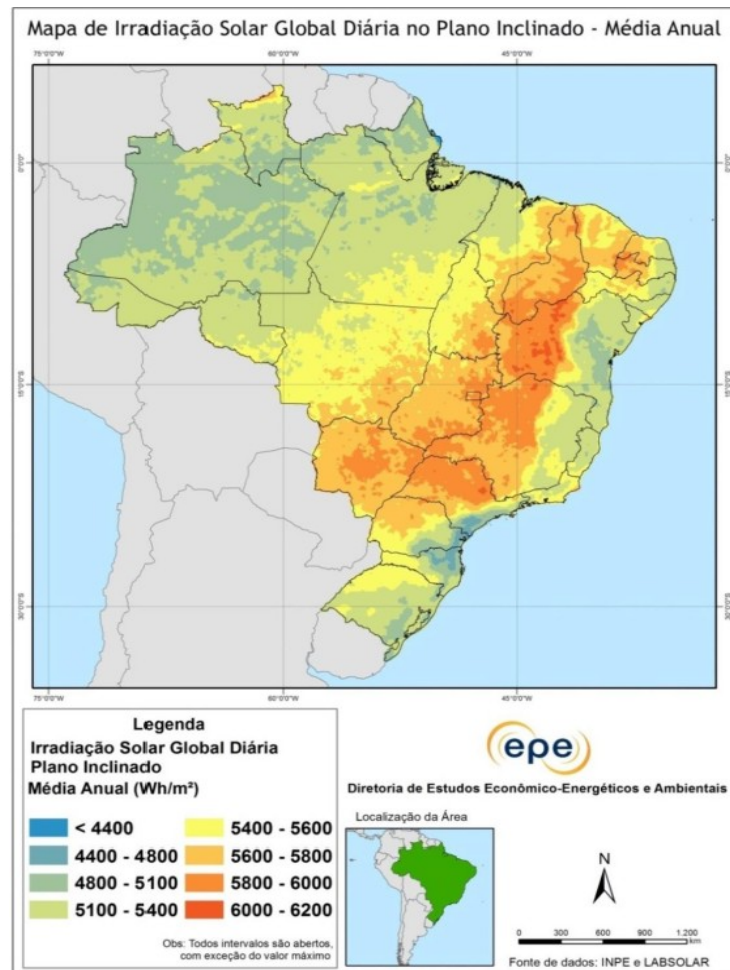
De acordo com o mapa de Irradiação Solar Global no Plano Inclinado (EPE, 2016) apresentado na figura 1, a região Nordeste tem como média anual irradiação entre 5400 a 6200 Wh/m²/dia. Estes valores são condizentes com os valores de irradiação encontrados através do software *Radiasol 2* para a cidade de Limoeiro do Norte, Ceará. Este é o local alvo do estudo deste trabalho.

³ Disponível em

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibjNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSlsImMiOiR9>. Acesso em 06 de set. 2023.

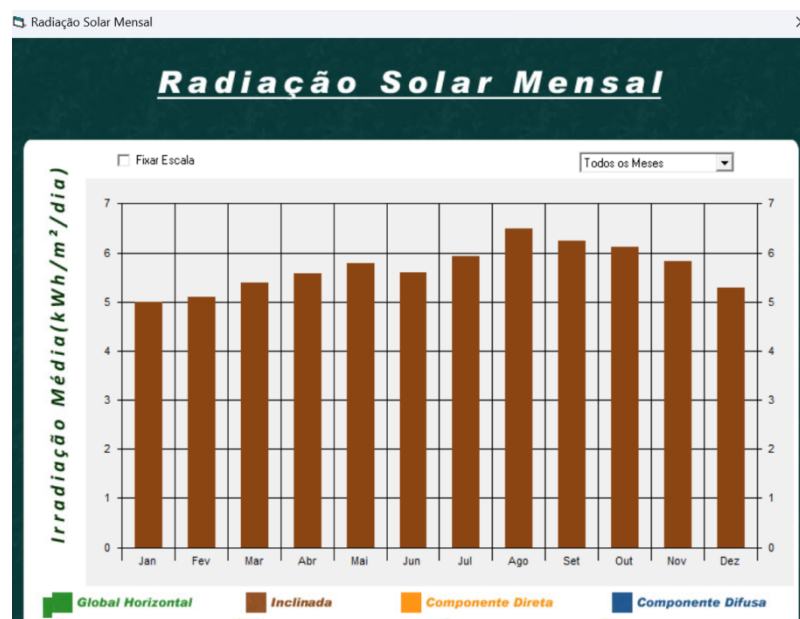
⁴ Disponível em <https://dashboard.epe.gov.br/apps/pdgd/>. Acesso em 07 de set. 2023.

Figura 1 – Mapa de Irradiação Solar global Diária no Plano Inclinado – Média Anual.



Fonte: Energia Renovável. EPE, 2016.

Figura 2 – dados de irradiação para a cidade de Limoeiro do Norte, Ceará.



Fonte: software *Radiasol 2*.

2.3 Normas técnicas para sistemas fotovoltaicos

As normas técnicas apresentam ao leitor orientações acerca do uso correto de equipamentos e instalações, características a serem observadas e requisitos de segurança para os equipamentos e público usuário (SILVA, 2016). No caso de sistemas fotovoltaicos, algumas normas ABNT NBR foram elaboradas para padronização e orientação quanto ao correto uso e instalação do sistema e dos dispositivos que o compõem, além de orientarem sobre conformidade de equipamentos e critérios de avaliação. Em complemento às normas nacionais quando estas não versarem sobre um tema específico, considera-se as normas internacionais vigentes, como por exemplo, as normas IEC (International Electrotechnical Commission).

As normas técnicas da ABNT, Resoluções Normativas da ANEEL e normas internacionais mais empregadas em projetos e comissionamentos de sistemas fotovoltaicos são apresentadas a seguir. Todas as normas apresentadas foram consultadas através do portal eletrônico *Target gedweb*⁵, disponível para consulta através do portal SIGAA do aluno.

- **ABNT NBR 16690:2019 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos:** estabelece os requisitos de projeto das instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos, que são sistemas que convertem a energia solar em energia elétrica. O objetivo da norma é garantir a segurança e a confiabilidade dessas instalações, abrangendo aspectos como condutores, dispositivos de proteção, aterramento e equipotencialização.
- **ABNT NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho:** define os critérios para a implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. O objetivo da norma é garantir que esses sistemas sejam instalados e operados de forma segura, confiável e eficiente, seguindo padrões internacionais e nacionais. Para isso, a norma estabelece os requisitos para a documentação, os ensaios de comissionamento, a inspeção e a avaliação de desempenho dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.
- **ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas Fotovoltaicos (FV) – características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição:** trata dos requisitos

⁵ Disponível em <https://www.gedweb.com.br/aplicacao/usuario/asp/main.asp>. Acesso em 08 de set. 2023.

para a conexão de sistemas fotovoltaicos (FV) à rede elétrica de distribuição, visando garantir a qualidade, a segurança e a confiabilidade da geração de energia solar. A norma define as características da interface de conexão, como os limites de tensão, frequência, potência ativa e reativa, distorção harmônica e proteção contra ilhamento. A norma também estabelece os procedimentos de ensaio de conformidade dos sistemas fotovoltaicos, que devem ser realizados antes e depois da conexão à rede.

- **ABNT NBR 16150:2013 – Sistemas Fotovoltaicos (FV) – características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – procedimento de ensaio de conformidade:** em complemento à norma NBR 16149:2013, esta traz procedimentos de ensaio de conformidade, os métodos e os critérios para verificar se o sistema fotovoltaico atende aos requisitos da NBR 16149:2013.
- **ABNT NBR IEC 62116:2012 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica:** define o procedimento de ensaio para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica contra ilhamento, que é um mecanismo que impede que os inversores continuem interligados à rede elétrica em caso de falta ou interrupção do fornecimento, evitando riscos à segurança e à qualidade da energia. A norma descreve as diretrizes para ensaiar o desempenho das medidas automáticas de prevenção de ilhamento utilizadas em conjunto ou embutidas nos inversores. O procedimento de ensaio e os critérios descritos são os requisitos mínimos que permitem a repetibilidade.

2.4 Resoluções Normativas ANEEL e Lei 14.300/2022

O mercado de energia solar brasileiro foi inicialmente regulamentado através da Resolução Normativa ANEEL 482/2012, que deu as bases para que sistemas fotovoltaicos injetassem o excedente produzido na rede de distribuição elétrica, criando assim o sistema de compensação de energia elétrica, onde o excedente produzido e não consumido retorna como créditos a serem utilizados e compensados nos próximos ciclos de faturamento dentro do limite de 36 meses. Também definiu as classes de microgeração (até 75 kW) e minigeração (maior que 75 kW até 5 MW), assim como as modalidades de geração local (na mesma unidade consumidora) e remota (em outra unidade consumidora do mesmo titular ou em

consórcio ou cooperativa). A norma ainda estabeleceu os requisitos técnicos e documentais para a conexão dos sistemas fotovoltaicos à rede elétrica.

A Resolução Normativa 517/2012 alterou alguns dispositivos da Resolução anterior, versando principalmente sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A norma também incluiu a possibilidade de utilização dos créditos de energia elétrica em unidades consumidoras do mesmo grupo econômico do titular da unidade geradora.

A resolução 687/2019 por sua vez, atualizou a Resolução 482/2012, aumentando o limite de compensação de créditos de 36 para 60 meses, permitiu a adesão de consumidores livres⁶ e especiais ao sistema de compensação, criou a modalidade de geração compartilhada (entre pessoas jurídicas ou físicas sem vínculo societário ou familiar) e a modalidade de autoconsumo remoto (entre unidades consumidoras do mesmo titular localizadas em áreas contíguas). A norma também reduziu as barreiras técnicas e burocráticas para a conexão dos sistemas fotovoltaicos à rede elétrica.

Em 2022 entrou em vigor a Lei 14300/2022, que trouxe mudanças em relação ao sistema de compensação de créditos de energia, onde a paridade de reutilização dos créditos foi abolida. Em tese, sistemas fotovoltaicos que geram muito excedente para a rede deixaram de ser tão atrativos economicamente, abrindo espaço para implantação de sistemas bem dimensionados para o autoconsumo. A política de paridade foi mantida para novos ingressantes até 6 de janeiro de 2023, data que entrou em vigor a referida lei. Outra mudança observada foi no limite da minigeração, que foi diminuída para 3 MW. Segundo a própria proposta da Lei, essas mudanças visam dar mais segurança, qualidade e eficiência ao serviço de energia elétrica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de exposição deste Trabalho de Conclusão de Curso é o de levantamento de informações já existentes das estruturas do IFCE campus Limoeiro do Norte e cálculo do potencial de geração de energia fotovoltaica utilizando seus telhados para instalação de módulos fotovoltaicos, assim como fazer o comparativo do consumo atual do campus com a geração para analisar a autossuficiência energética.

⁶ Tipo de consumo que não depende exclusivamente de contratos com concessionárias de energia, sendo livre para negociar contratos com empresas geradoras independentemente.

O levantamento da área dos telhados foi feito através das dimensões contidas nas plantas baixas do edifício desenhadas no software *AutoCad*. O acesso às plantas foi possível graças à colaboração do setor de infraestrutura do campus, que disponibilizou o acesso aos arquivos. A instituição é localizada na cidade de Limoeiro do Norte, Ceará. Suas coordenadas de localização são: 5°8'44" Sul 38°5'37" Oeste. A vista superior do campus foi retirada do *Google Earth*, como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 3 – Vista superior do IFCE campus Limoeiro do Norte.



Fonte: adaptado de *Google Earth*.

O campus é composto por 12 blocos distribuídos entre blocos de salas de aula, administrativos e laboratórios. A descrição detalhada de cada bloco consta no anexo A. A orientação dos blocos está de acordo com a Rosa dos Ventos inserida na figura. Para levantamento da capacidade de geração de energia solar fotovoltaica dos telhados, foi utilizado o método da insolação (Villalva, 2012). Este método é utilizado quando se tem informações da irradiação média diária do local e é matematicamente expressa pela equação abaixo.

$$E_p = E_s \times A_m \times \eta_m \times \eta_s \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

E_p : Energia produzida diariamente(Wh/dia)

E_s : Insolação diária(Wh/m²/dia)

A_m : Área do módulo

η_m : Rendimento do módulo

η_s : Rendimento do sistema

Os dados de insolação média diária foram obtidos através do software *Radiasol 2*, como mostrado anteriormente na figura 2. Para obtenção desses dados foi necessário calcular o ângulo azimutal de cada telhado, assim como sua inclinação. O azimute foi obtido através do uso de geometria simples com os dados disponibilizados no *Google Earth*. Foram traçadas linhas entre os telhados e as linhas de referência das coordenadas geográficas e encontrado os ângulos através de relação de catetos (arcotangente B/A), como ilustra a figura 4. O ângulo azimutal nesse caso é 180° menos o ângulo em vermelho. No exemplo foram encontrados os ângulos azimutais dos telhados dos blocos 06 e 07.

Figura 4 – método para encontrar os ângulos azimutais.



Fonte: adaptado de *Google Earth*.

Já as inclinações foram medidas localmente com auxílio de trena a laser aplicando relação entre a cumeeira e o ponto mais baixo da queda do telhado. Os valores encontrados são apresentados na tabela 1.

O tipo de telhado, assim como a área útil dos blocos, é apresentado na tabela 2. Resumidamente, os telhados considerados para o dimensionamento são em sua maioria de laje de concreto pré-moldada com cobertura de telhas cerâmicas. Divergem desse padrão o bloco 11 com estrutura em telha fibrocimento e o bloco 05 com estrutura de madeira e telhas cerâmicas.

Para definição da área útil foi feita análise visual baseando-se na posição do Sol ao longo do ano (altura solar), a sobreposição da sombra de um bloco sobre outro e barreiras possíveis, como árvores. Os blocos com somente pavimento térreo foram quase todos descartados devido ao grande sombreamento apresentado.

A análise do consumo de energia do campus foi feita através das contas de energia da unidade e do sistema de telemedição da Enel. O anexo B traz a fatura com o histórico de consumo da unidade nos últimos doze meses. A fatura apresentada refere-se ao mês de julho/2023. O anexo C traz um recorte da tela do sistema de telemedição da Enel.

A unidade consumidora tem padrão de consumo trifásico grupo A4, horosazonal verde com tarifa distinta para horário de ponta e fora de ponta. O campus conta com subestação abrigada, transformador de baixa tensão de 300 kVA e demanda contratada única de 240 kW. A média de consumo atual do campus é de 26.137,33 kWh/mês com maior consumo no horário fora de ponta.

Como a energia é gerada durante o dia, horário fora de ponta, para a compensação do consumo no horário de ponta, onde o valor do quilowatt-hora é mais caro, deve ser aplicado o fator de ajuste, que é a relação entre o valor da tarifa TE do horário fora de ponta e o horário de ponta. Esses valores estão grifados na figura 5. O fator de ajuste encontrado é 0,61. Portanto, um quilowatt-hora gerado vale 61% no abatimento do consumo no horário de ponta. Vale destacar que o campus possui atualmente duas usinas fotovoltaicas instaladas com potência total de 70,5 kWp, como pode ser visto na imagem do *Google Earth*, figura 6, e que as áreas onde estas estão instaladas não foram consideradas nos cálculos e tabelas apresentadas.

Figura 5 – Fator de ajuste.

DESCRIÇÃO DO FATURAMENTO					
Itens de Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS
Energia Atv Forn F Ponta TE	kWh	26.236,000	0,37236	9.769,18	380,60
Energia Atv Forn F Ponta TUSD	kWh	26.236,000	0,11260	2.954,06	115,09
Energia Atv Forn Ponta TE	kWh	3.405,000	0,60689	2.066,45	80,50
Energia Atv Forn Ponta TUSD	kWh	3.405,000	1,48530	5.057,45	197,02
Energ Atv Inj FP TE mUC 07/2023 mPT	kWh	1.160,000	0,37234-	431,92-	16,82-
Energ Atv Inj FP TUSD mUC 07/2023 mPT	kWh	1.160,000	0,09008-	104,49-	5,09-
Consumo Reativo Excedente Fp	kVA	1.354,000	0,39264	531,63	20,71
Consumo Reativo Excedente Np	kVA	40,000	0,39200	15,68	0,60
Demanda Ativa	kW	181,440	28,35576	5.144,87	200,43
Demanda Ativa sem ICMS	kW	58,560	22,68443	1.328,40	64,68
Retenção De Tributos Federais	kW			1.540,40-	0,00
Subtotal Faturamento				26.331,31	
Subtotal Outros				1.540,40-	
TOTAL				24.790,91	1.037,72

Fonte: adaptado da fatura de energia do IFCE campus Limoeiro do Norte, Anexo B.

Figura 6 – Usinas fotovoltaicas instaladas no campus.



Fonte: adaptado de *Google Earth*.

4 RESULTADOS

Com o objetivo traçado de calcular o potencial de geração de energia fotovoltaica dos telhados do IFCE campus Limoeiro do Norte, este Trabalho de Conclusão de Curso seguiu o roteiro predefinido na metodologia apresentada no tópico anterior.

Inicialmente calculou-se a área dos telhados dos blocos através da planta baixa da instituição desenhada no software *Autocad*, conforme mostra a tabela 1. A inclinação dos telhados e o ângulo azimutal também são apresentados nesta tabela. A forma de cálculo destes valores foi apresentada no tópico “Materiais e Métodos”. Observaram-se no momento das análises que os telhados de todos os blocos são de perfil duas águas, com quedas para lados simetricamente opostos.

Tabela 1 – dados dos telhados.

Bloco	Perfil do telhado	Área (m ²)		Inclinação do telhado	Azimute (°)	
		Água 1	Água 2		Água 1	Água 2
01	Duas águas	62,15	62,15	14°	-64	116
02	Duas águas	80,55	80,55	14°	-64	116
03	Duas águas	124,3	124,3	14°	-64	116
04	Duas águas	59,75	59,75	14°	-64	116
05	Duas águas	89,50	89,50	16°	-64	116
06	Duas águas	189,2	189,2	16°	-64	116
07	Duas águas	184,2	184,2	16°	-64	116
08	Duas águas	587,1	587,1	16°	-64	116
09	Duas águas	152,6	152,6	16°	27	-153
10	Duas águas	114,7	114,7	16°	27	-153
11	Duas águas	210,7	210,7	6°	27	-153
12	Duas águas	62,50	62,50	16°	27	-153

Fonte: próprio autor.

Para definição da área útil dos blocos foi feita uma análise visual do sombreamento causado por blocos próximos, árvores e posição do Sol. Fazendo uma estimativa da variação da posição do Sol e interferência dos critérios observados, chegou-se à conclusão que os blocos 01, 02, 03, 04 e 12 não são satisfatórios para receber a instalação de módulos fotovoltaicos. Estes blocos sofrem bastante sombreamento principalmente de blocos vizinhos e árvores. Os cinco blocos citados tem como característica em comum serem de pavimento térreo somente.

A área útil do bloco 08 foi reduzida ao telhado central, pois em um dos lados já conta com uma usina instalada de potência 18,5 kWp, e do outro sofre sombreamento por conta do próprio telhado central e de árvores que estão ao redor. Este bloco também possui somente pavimento térreo. Os blocos com maior atratividade para captação do potencial solar são os

blocos de dois pavimentos (blocos 06, 07, 09 e 10) e três pavimentos (bloco 11). Estes citados não sofrem sombreamento de estruturas adjacentes, sendo toda sua área considerada útil. O bloco 05, apesar de ser térreo, também não sofre influência de sombreamento de outros blocos, estruturas ou árvores. As áreas úteis são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – área útil dos telhados.

Bloco	Tipo de telhado	Área útil (m ²)		Inclinação do telhado	Pavimentos
		Água 1	Água 2		
05	Cerâmico	89,50	89,50	16°	1
06	Cerâmico	189,2	189,2	16°	2
07	Cerâmico	184,2	184,2	16°	2
08	Cerâmico	197,5	197,5	16°	1
09	Cerâmico	152,6	152,6	16°	2
10	Cerâmico	114,7	114,7	16°	2
11	Fibrocimento	210,7	210,7	6°	3

Fonte: próprio autor.

Em posse dos dados de inclinação e azimuth dos telhados, assim como as coordenadas geográficas do local, foi possível fazer o levantamento da incidência de irradiação solar em cada um destes. Através do software *Radiasol 2* foram obtidos os valores de Irradiância média em $kWh/m^2/dia$ para os doze meses do ano. Os valores são apresentados na tabela 3. Vale salientar que a tabela 3 apresenta irradiâncias médias diferentes para cada ângulo azimuthal e inclinação de telhado diferente. Com o objetivo de ser o mais fidedigno possível, este trabalho optou por diferenciar os valores de acordo com a característica de cada telhado, mesmo que a diferença seja pequena no resultado final.

Observa-se pelos valores de irradiância que a posição e inclinação dos telhados são satisfatórias para a captação. A tabela 3 é dividida de acordo com as possibilidades de inclinação e azimuth de cada telhado. Como em alguns casos estes valores se repetem, foi preferido elaborar a tabela com este formato.

Tabela 3 – valores de Irradiância Média (kWh/m²/dia) para os meses do ano.

Mês	Azimute 116° Ângulo 14°	Azimute -64° Ângulo 14°	Azimute 116° Ângulo 16°	Azimute -64° Ângulo 16°	Azimute -153° Ângulo 16°	Azimute 27° Ângulo 16°	Azimute -153° Ângulo 6°	Azimute 27° Ângulo 6°
JAN	5,58	5,27	5,58	5,23	5,78	4,98	5,61	5,33
FEV	5,37	5,25	5,38	5,23	5,47	5,07	5,44	5,29
MAR	5,32	5,41	5,29	5,38	5,25	5,36	5,37	5,42
ABR	5,11	5,4	5,03	5,37	4,85	5,52	5,17	5,4
MAI	4,96	5,47	4,91	5,48	4,6	5,73	5,05	5,49
JUN	4,62	5,24	4,55	5,23	4,24	5,55	4,73	5,24
JUL	4,92	5,56	4,87	5,58	4,56	5,88	5,04	5,56
AGO	5,7	6,24	5,59	6,18	5,35	6,45	5,81	6,24
SET	5,97	6,13	5,93	6,11	5,79	6,22	6,04	6,2
OUT	6,35	6,24	6,29	6,21	6,37	6,11	6,42	6,31
NOV	6,48	6,14	6,44	6,06	6,66	5,81	6,53	6,2
DEZ	6,06	5,66	6,04	5,61	6,3	5,29	6,11	5,73
MÉDIA	5,53	5,66	5,49	5,64	5,43	5,66	5,61	5,70

Fonte: adaptado de software *Radiasol 2*.

A tabela 4 apresenta o quantitativo de módulos fotovoltaicos que o telhado de cada bloco suporta. Para o cálculo do quantitativo foi utilizado o modelo de módulo fotovoltaico Vertex S 405 W da fabricante Trinasolar. As medidas do módulo são: 1754×1096×30 mm. Os dados completos do módulo são apresentados no manual do produto, anexo D. O dimensionamento considerou o espaço entre os módulos e também uma folga considerável para adaptação de módulos com dimensões diferentes, de outro fabricante por exemplo. O espaçamento entre módulos foi estipulado em 40 mm, largura dos fixadores.

Tabela 4 – dimensões do telhado e quantidade de módulos por bloco.

Blocos	Largura de cada água	Comprimento de cada água	Módulos suportados em cada água	Módulos por bloco	Área ocupada por água (m ²)
Bloco 05	5,85	15,3	2 x 12 = 24	48	48,22
Bloco 06	5,2	36,4	2 x 30 = 60	120	120,7
Bloco 07	6,1	30,2	3 x 26 = 69	138	157,5
Bloco 08	9,8	20,15	4 x 16 = 64	128	129,4
Bloco 09	6,32	24,15	3 x 20 = 60	120	121,1
Bloco 10	6,32	18,15	3 x 14 = 42	84	84,72
Bloco 11	7,85	26,85	4 x 22 = 88	176	178,1
			TOTAL	814	

Fonte: próprio autor.

Na tabela 4 foram considerados somente os telhados com área útil conforme explanação já apresentada no texto. Na coluna “Módulos suportados em cada água”, a distribuição dos módulos foi feita respeitando as dimensões de largura e comprimento dos telhados. Tirando como exemplo o bloco 05, a nomenclatura “2 x 12 = 24” significa que os módulos foram dispostos em duas fileiras paralelas com doze módulos fotovoltaicos em cada fileira, totalizando vinte e quatro módulos por água. O padrão segue para os outros blocos. Os módulos são todos dispostos no telhado considerando que seu maior comprimento, 1754 mm, fique orientado na largura do telhado, limitando assim a quantidade de fileiras.

A tabela 5 apresenta os valores de potência suportada por cada bloco em kWp, resumindo as informações apresentadas nas tabelas 2 e 4.

Tabela 5 – potência suportada por bloco.

Blocos	Área útil por água (m²)	Área ocupada por água (m²)	Potência por água (kWp)	Potência por bloco (kWp)
Bloco 05	89,50	48,22	9,72	19,4
Bloco 06	189,2	120,7	24,3	48,6
Bloco 07	184,2	157,5	27,9	55,8
Bloco 08	197,5	129,4	25,9	51,8
Bloco 09	152,6	121,1	24,3	48,6
Bloco 10	114,7	84,72	17,0	34,0
Bloco 11	210,7	178,1	35,6	71,2
		TOTAL	164,7	329,4

Fonte: próprio autor.

Em posse dos dados já apresentados, pode-se calcular o potencial de geração mensal de energia fotovoltaica de cada bloco, em quilowatt-hora. Como dito anteriormente, o método utilizado para o cálculo é o método da insolação. A estimativa de geração para cada bloco leva em consideração as variáveis da Eq. 1, já apresentada na metodologia. O rendimento do sistema como um todo foi adotado em 85%, valor este referenciado em livros. Perdas por temperatura nos módulos e inversores, perdas no cabeamento e conexões são fatores que influenciam o rendimento global do sistema fotovoltaico.

A tabela 6 mostra os valores obtidos para o bloco 05 para exemplificar a aplicação do método da insolação. O anexo E traz os resultados obtidos para cada bloco em separado. A tabela 7 é um resumo do potencial de geração de cada bloco, com valores mensais por bloco e valores totais.

Tabela 6 – estimativa de geração bloco 05.

BLOCO 5: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2									
MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,23	5,58	1,922	24	21,10%	85,00%	1.341,31	1.431,07
FEVEREIRO	28	5,23	5,38	1,922	24	21,10%	85,00%	1.211,51	1.246,25
MARÇO	31	5,38	5,29	1,922	24	21,10%	85,00%	1.379,78	1.356,70
ABRIL	30	5,37	5,03	1,922	24	21,10%	85,00%	1.332,79	1.248,40
MAIO	31	5,48	4,91	1,922	24	21,10%	85,00%	1.405,43	1.259,24
JUNHO	30	5,23	4,55	1,922	24	21,10%	85,00%	1.298,04	1.129,27
JULHO	31	5,58	4,87	1,922	24	21,10%	85,00%	1.431,07	1.248,98
AGOSTO	31	6,18	5,59	1,922	24	21,10%	85,00%	1.584,95	1.433,64
SETEMBRO	30	6,11	5,93	1,922	24	21,10%	85,00%	1.516,45	1.471,78
OUTUBRO	31	6,21	6,29	1,922	24	21,10%	85,00%	1.592,65	1.613,16
NOVEMBRO	30	6,06	6,44	1,922	24	21,10%	85,00%	1.504,04	1.598,35
DEZEMBRO	31	5,61	6,04	1,922	24	21,10%	85,00%	1.438,77	1.549,05
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	17.036,79	16.585,91
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	33.622,70	

Fonte: próprio autor, *Excel 2010*.

Tabela 7 – resumo da estimativa de geração de cada bloco.

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CADA BLOCO								
	BLOCOS							
MESES	BL. 05	BL. 06	BL. 07	BL. 08	BL. 09	BL. 10	BL. 11	TOTAL
JANEIRO	2.772,38	6.930,96	7.970,60	14.786,05	6.898,90	4.829,23	10.287,66	54.475,79
FEVEREIRO	2.457,76	6.144,40	7.066,06	13.108,05	6.103,86	4.272,70	9.113,71	48.266,54
MARÇO	2.736,48	6.841,20	7.867,38	14.594,55	6.802,73	4.761,91	10.146,60	53.750,85
ABRIL	2.581,19	6.452,98	7.420,93	13.766,37	6.434,37	4.504,06	9.619,08	50.778,99
MAIO	2.664,67	6.661,67	7.660,92	14.211,57	6.623,20	4.636,24	9.911,51	52.369,78
JUNHO	2.427,31	6.068,29	6.978,53	12.945,68	6.074,49	4.252,14	9.073,06	47.819,51
JULHO	2.680,06	6.700,14	7.705,16	14.293,64	6.693,73	4.685,61	9.967,93	52.726,27
AGOSTO	3.018,59	7.546,48	8.678,45	16.099,15	7.565,71	5.296,00	11.331,47	59.535,84
SETEMBRO	2.988,23	7.470,57	8.591,16	15.937,22	7.451,96	5.216,37	11.138,84	58.794,34
OUTUBRO	3.205,81	8.014,52	9.216,70	17.097,65	8.001,70	5.601,19	11.970,92	63.108,50
NOVEMBRO	3.102,40	7.755,99	8.919,39	16.546,11	7.737,38	5.416,16	11.584,76	61.062,19
DEZEMBRO	2.987,81	7.469,54	8.589,97	15.935,01	7.431,07	5.201,75	11.133,99	58.749,13
MÉDIA	2.801,89	7.004,73	8.055,44	14.943,42	6.984,92	4.889,45	10.439,96	55.119,81
TOTAL	33.622,70	84.056,74	96.665,25	179.321,04	83.819,10	58.673,37	125.279,53	661.437,72

Fonte: próprio autor, *Excel 2010*.

A tabela 8 traz um comparativo entre o consumo atual do campus e a estimativa de geração calculada. Os dados de consumo foram retirados da fatura de energia do campus. A unidade consumidora é grupo A (entrada em média tensão 13,8 kV) com subestação própria. Como o valor da tarifa é diferenciado para horário de ponta e fora de ponta, foi necessário o cálculo do fator de ajuste. Este fator é a relação entre o valor da tarifa TE dos horários fora de ponta e de ponta, respectivamente. O fator de ajuste encontrado foi de 0,61. Para apresentação na tabela 8, foi feita a relação de quanto valeria um quilowatt-hora consumido no horário de ponta para ser compensado com a geração produzida no horário fora de ponta. Esta relação mostrou que 1 kWh na ponta necessita que seja gerado 1,63 kWh no horário fora de ponta para que este seja compensado.

Tabela 8 – comparativo entre geração e consumo.

POTENCIAL DE GERAÇÃO DO CAMPUS <i>versus</i> CONSUMO					
		CONSUMO			
MESES	GERAÇÃO	FORA PONTA	PONTA	PONTA + FORA PONTA	APLICANDO O FATOR DE AJUSTE
JANEIRO	54.475,79	20.459,00	2.755,00	23.214,00	24.949,65
FEVEREIRO	48.266,54	15.548,00	1.902,00	17.450,00	18.648,26
MARÇO	53.750,85	19.596,00	2.329,00	21.925,00	23.392,27
ABRIL	50.778,99	29.243,00	3.919,00	33.162,00	35.630,97
MAIO	52.369,78	22.965,00	2.969,00	25.934,00	27.804,47
JUNHO	47.819,51	27.601,00	3.873,00	31.474,00	33.913,99
JULHO	52.726,27	26.236,00	3.405,00	29.641,00	31.786,15
AGOSTO	59.535,84	11.418,00	1.603,00	13.021,00	14.030,89
SETEMBRO	58.794,34	20.229,00	2.474,00	22.703,00	24.261,62
OUTUBRO	63.108,50	25.885,00	3.669,00	29.554,00	31.865,47
NOVEMBRO	61.062,19	28.796,00	3.696,00	32.492,00	34.820,48
DEZEMBRO	58.749,13	29.473,00	3.605,00	33.078,00	35.349,15
MÉDIA	55.119,81	23.120,75	3.016,58	26.137,33	28.037,78
TOTAL	661.437,72	277.449,00	36.199,00	313.648,00	336.453,37

Fonte: próprio autor, *Excel 2010*.

5 CONCLUSÕES

Após o desenvolvimento do método e apresentação dos resultados mostrados no tópico anterior, concluiu-se que os telhados do IFCE campus Limoeiro do Norte são aptos a receber a implantação de sistemas fotovoltaicos, pois sua estrutura em laje de concreto pré-moldada com cobertura cerâmica garante resistência mecânica suficiente para suportar o peso dos módulos e acessórios a serem implantados. No caso do bloco 05, que conta com telhado com estrutura de caibros e telhas cerâmicas, este também possui resistência mecânica capaz de suportar a implantação. A mesma conclusão é assumida para o bloco 11, com estrutura de metal e coberta de fibrocimento.

Verificou-se que o consumo do campus nos últimos doze meses teve média de 26.137,3 kWh. A estimativa de geração dos telhados considerados para implantação de sistemas fotovoltaicos, apresentados na tabela 8, tem como média mensal 55.059,0 kWh. Observa-se por estes valores e por todas as estimativas de geração, sejam totais ou mensais, que a estimativa de geração supriria totalmente o consumo do campus, sendo capaz de gerar aproximadamente duas vezes o consumo atual. Mesmo considerando um aumento de consumo do campus nos próximos anos, o campus ainda seria autossuficiente na produção e consumo de energia elétrica.

Conclui-se que os telhados elencados possuem boa capacidade de geração de energia fotovoltaica devido ao seu posicionamento em relação ao movimento do Sol, assim como os ângulos dos telhados são satisfatórios para a captação, não sendo necessária adaptação de estruturas para melhorar a inclinação. Diante de todo o exposto, o objetivo principal deste trabalho foi alcançado com êxito.

REFERÊNCIAS

Cadernos Temáticos ANEEL Micro e Mini Geração Distribuída. Disponível em: <<http://paineira.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2019/04/Cadernos-Tem%C3%A1ticos-ANEEL-Micro-e-Mini-Gera%C3%A7%C3%A3o-Distribu%C3%ADda-1.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2023.

Créditos de energia solar: como funciona a compensação de energia solar? Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/creditos-energia-solar>>. Acesso em 05 set. 2023.

CRESESB; CEPEL. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014. Disponível em: <[Manual de engenharia fotovoltaica.indd \(cepel.br\)](#)> . Acesso em: 12 set. 2023.

Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia Renovável - Online 16maio2016.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2023.

Malvino, Albert; Bates, David J. **Eletrônica [recurso eletrônico]**. Tradução: Antônio Pertence Jr. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/>>. Acesso em: 12 set. 2023.

O campus. Disponível em: <https://ifce.edu.br/limoeirodonorte/campus_limoeiro/o-campus>. Acesso em: 12 set. 2023.

O potencial do Brasil para a energia solar fotovoltaica. Disponível em: <<https://fatorsolar.eco.br/o-potencial-do-brasil-para-a-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 23 set. 2023.

Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída. Disponível em: <<https://dashboard.epe.gov.br/apps/pdgd/>>. Acesso em: 08 set. 2023.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. 88 p. ISBN 978-85-17-00090-4. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>>. Acesso em: 29 set. 2023.

SILVA, R. N. A importância das normas da ABNT para a produção científica. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 1, n. 8, p. 63-72, 2016. Disponível em <<https://nucleodoconhecimento.com.br>>. Acesso em: 11 set. 2023.

Sistema de Informações de Geração da ANEEL. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibjE4OGYyYjQ0YWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSI9ImMiOjR9>>. Acesso em: 07 set. 2023.

Target GEDWEB. Disponível em:

<<https://www.gedweb.com.br/aplicacao/usuario/asp/main.asp>>. Acesso em: 06 set. 2023.

Villalva, M. G.; Gazoli, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2012.

ANEXO A – MAPA DESCRITIVO DO CAMPUS



Fonte: IFCE campus Limoeiro do norte (endereço eletrônico⁷)

⁷ Disponível em: https://ifce.edu.br/limoeirodonorte/campus_limoeiro/o-campus. Acesso em: 15 set. 2023

ANEXO B – FATURA DE ENERGIA DA UNIDADE CONSUMIDORA



Companhia Energética do Ceará
Rua Padre Valdevino, 150
Fortaleza - CE - CEP: 60135-040
CNPJ: 07.047.251/0001-70 - CGF: 06.105.848-3

DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	DATAS DE LEITURA											
A4 HOROSAZONAL VERDE - Poder Público Poder público Federal		TRIFÁSICO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">LEITURA ANTERIOR</th> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">LEITURA ATUAL</th> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">Nº DE DIAS</th> <th style="background-color: #0070C0; color: white;">PRÓXIMA LEITURA</th> </tr> <tr> <td>01/06/2023</td> <td>01/07/2023</td> <td>30</td> <td>01/08/2023</td> </tr> </table>				LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	Nº DE DIAS	PRÓXIMA LEITURA	01/06/2023	01/07/2023	30	01/08/2023
LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	Nº DE DIAS	PRÓXIMA LEITURA											
01/06/2023	01/07/2023	30	01/08/2023											
IFCE CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE RU ESTEVAN REMÍGIO 1145 CENTRO LIM. DO NORTE CE CEP: 62930-000 CPF/CNPJ: 10.744.098/0003-07 INSC. EST: ISENT0		INSTALAÇÃO / UNID. CONSUMIDORA 1798210 Nº DO CLIENTE 1798210	NOTA FISCAL Nº 072532680 - SÉRIE ÚNICA / DATA DE EMISSÃO: 18/07/2023 Consulte pela Chave de Acesso em: http://dfe-portal.sefazvirtual.rs.gov.br/NF3e/consulta chave de acesso: 2323 0707 0472 5100 0170 6600 0072 5326 8010 3467 9860 Protocolo de autorização: 3232300025334460 - 18/07/2023 às 20:42:37-03:00 CFOP 5258: VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA A NÃO CONTRIBUINTE Data de apresentação: 19/07/2023											
MÊS/ANO		VENCIMENTO		TOTAL A PAGAR										
07/2023		20/08/2023		R\$24.790,91										

MENSAGENS IMPORTANTES
 Períodos: Band. Tarif.: Verde : 02/06 - 01/07 Bandeira verde em julho/23, sem custos adicionais na fatura. Informações: www.aneel.gov.br Energia Injetada HFP no mês: 1.160,00 kWh. Saldo utilizado no mês: 1.160,00 kWh. Saldo atualizado: 0 kWh. Créditos a Expirar no próximo mês: 0 kWh.

DADOS DE MEDIÇÃO							DESCRIÇÃO DO FATURAMENTO									
Medidor	Grandezas	Postos Tarifários	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const. Medidor	Consumo kWh	Item de Fatura	Unid.	Quant.	Prego unit (R\$)	Valor (R\$)	PIS/COFINS com tributos	Base Calc ICMS (R\$)	Alíquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)
6961975-00-664	Energia Ativa-kWh	FORA PONTA	425.551,00	451.917,00	1.0000	26.366,00	Energia Ativa For P Ponta TE	kWh	26.366,00	0,37236	9.799,18	360,60	9.799,18	20,00%	1.963,83	0,28338
6961975-00-664	Energia Ativa-kWh	PONTA	66.501,00	66.501,00	1.0000	0,00	Energia Ativa For P Ponta TUDO	kWh	26.366,00	0,11080	2.914,06	110,59	2.914,06	20,00%	582,81	0,08669
6961975-00-664	Demanda Ponto-kW	FORA PONTA	3.142,66	3.324,10	1.0000	181,44	Energia Ativa For Ponta TE	kWh	3.408,000	0,06089	2.066,45	80,50	2.066,45	20,00%	413,39	0,46187
6961975-00-664	Demanda Ponto-kW	PONTA	1.593,75	1.690,15	1.0000	96,40	Energia Ativa For Ponta TUDO	kWh	3.408,000	0,48530	1.657,45	187,42	1.657,45	20,00%	331,49	1,30336
6961975-00-664	Demanda Reativa-kVar	FORA PONTA	2.731,39	2.887,06	1.0000	155,67	Energia Ativa For P Ponta TE	kWh	1.160,000	0,37234	431,92	16,52	431,92	20,00%	86,39	0,28338
6961975-00-664	Demanda Reativa-kVar	PONTA	1.361,10	1.480,74	1.0000	79,64	Energia Ativa For P Ponta TUDO	kWh	1.160,000	0,06089	70,48	2,70	70,48	20,00%	14,09	0,08669
6961975-00-664	Energia Injetada-kWh	FORA PONTA	58.211,00	58.371,00	1.0000	1.160,00	Consumo Relativo Excedente Pp	kVA	1.354,000	0,39254	531,63	20,71	531,63	20,00%	106,32	0,28862
6961975-00-664	Energia Injetada-kWh	PONTA	0,00	0,00	1.0000	0,00	Consumo Relativo Excedente Np	kVA	40,000	0,39250	15,68	0,40	15,68	20,00%	3,13	0,28862
6961975-00-664	Energia Reativa-kVarH	FORA PONTA	5.115,00	7.059,00	1.0000	1.944,00	Demanda Ativa sem ICMS	kW	191,440	28,38978	5.144,87	202,43	5.144,87	20,00%	1.028,97	21,88000
6961975-00-664	Energia Reativa-kVarH	PONTA	62,00	62,00	1.0000	0,00	Retenção De Tributos Federais	kW	58,560	22,88442	1.329,40	64,66	1.329,40	0,00%	0,00	21,88000
Subtotal Faturamento							26.331,31									
Subtotal Outros							1.540,40									
TOTAL							24.790,91 1.037,72 25.107,40 5.021,46									

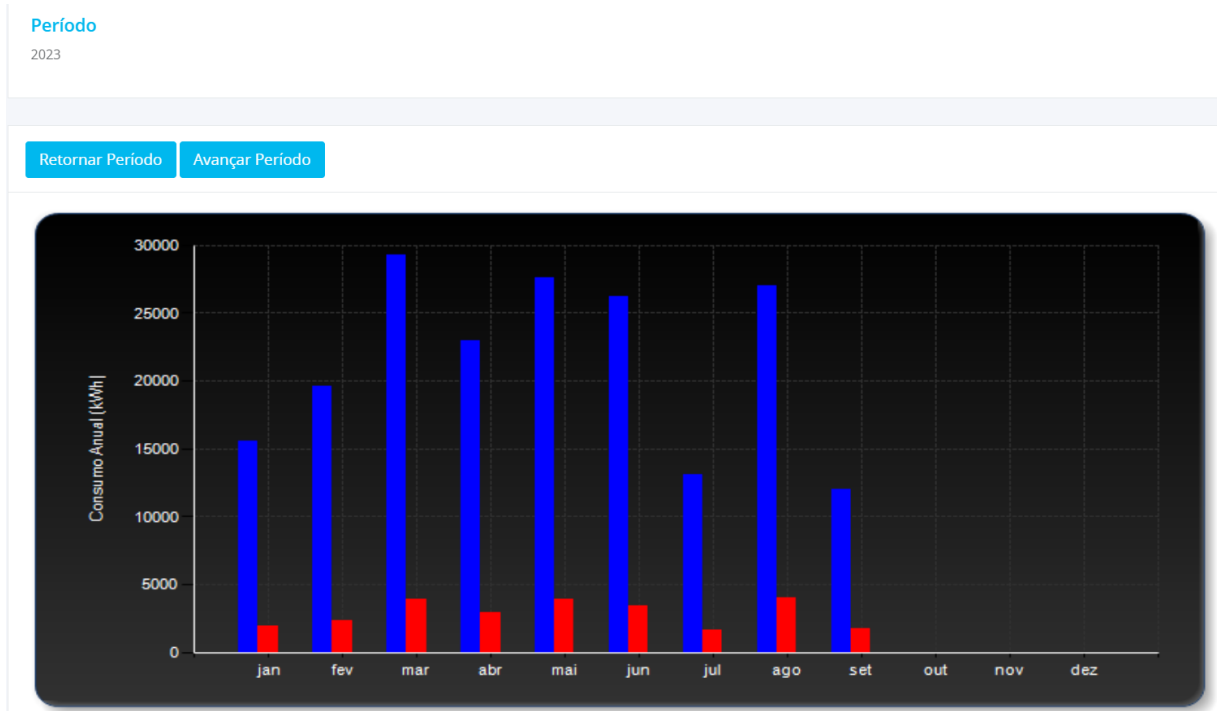
TRIBUTOS				GRANDEZAS CONTRATADAS		RESERVADO AO FISCO	
PIS/PASEP	21.309,85	0,87	185,36	DEMANDA FORA PONTA - kW	240,00	Novo modelo de Nota Fiscal de Energia Elétrica nos termos do Ajuste Sinief 01/2019 (CONFAZ)	
COFINS	21.309,85	4,00	852,38				
ICMS	25.107,40	20,00	5.021,46				

HISTÓRICO DO FATURAMENTO						
MÊS/ANO	Demanda kW		Consumo Faturado kWh		Nº DIAS FAT	
	Hora Ponta	Hora Fora Ponta	Hora Ponta	Hora Fora Ponta		
JUL / 2023	86,40	191,44	3405,00	29239,00	30	
JUN / 2023	86,04	189,93	3873,00	27801,00	31	
MAI / 2023	86,25	182,59	2669,00	22995,00	30	
ABR / 2023	97,85	185,45	3619,00	20249,00	31	
MAR / 2023	80,08	164,73	2329,00	16959,00	28	
FEV / 2023	66,12	134,21	1002,00	15548,00	31	
JAN / 2023	91,56	205,08	2755,00	20459,00	31	
DEZ / 2022	113,47	184,89	3605,00	20473,00	30	
NOV / 2022	99,07	189,54	3699,00	29799,00	31	
OUT / 2022	96,04	186,05	3699,00	25895,00	30	
SET / 2022	76,01	152,08	2474,00	20229,00	31	
AGO / 2022	69,54	99,07	1693,00	11419,00	31	
JUL / 2022	74,31	132,48	2027,00	22148,00	30	

CADASTRO DÉBITO AUTOMÁTICO		RESPONSÁVEL PELA ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM SUA RUA/REGIÃO	
Se você ainda não tem débito automático, cadastre-se na sua instituição bancária utilizando o código 1798210		PREFEITURA MUNICIPAL LIM. DO NORTE	

Fonte: arquivos internos do campus, concessionária Enel.

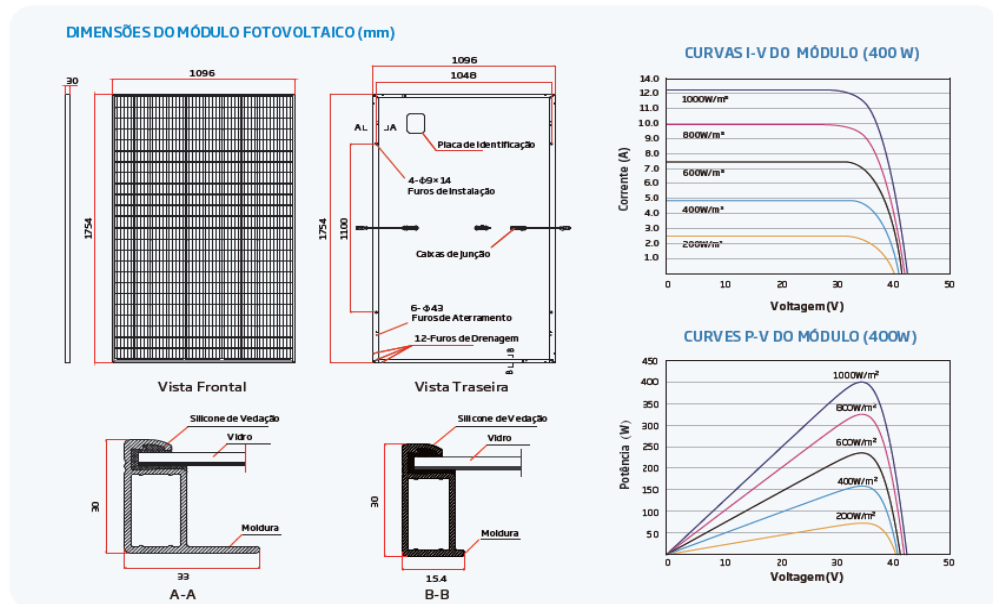
ANEXO C – HISTÓRICO DE CONSUMO DA UNIDADE CONSUMIDORA



Fonte: sistema de telemedição da Enel⁸.

⁸ Disponível em: <https://gerenciamentoenergeticoce.enel.com/>. Acesso em: 15 set. 2023.

ANEXO D – ESPECIFICAÇÕES DO MÓDULO FOTOVOLTAICO VERTEX S 405 W



DADOS ELÉTRICOS (STC)

Potência de Pico - P_{max} (Wp)*	390	395	400	405
Tolerância de Potência - P_{max} (W)	0 ~ +5			
Tensão Máxima - V_{mp} (V)	33.8	34.0	34.2	34.4
Corrente Máxima - I_{mp} (A)	11.54	11.62	11.70	11.77
Tensão de Circuito Aberto - V_{oc} (V)	40.8	41.0	41.2	41.4
Corrente de Curto Circuito - I_{sc} (A)	12.14	12.21	12.28	12.34
Eficiência do Módulo η (%)	20.3	20.5	20.8	21.1

STC: irradiação 1000W/m², Temperatura Celida 25°C, Massa do Ar AM1.5. *Tolerância Média: ±3%

DADOS ELÉTRICOS (NOCT)

Potência de Pico - P_{max} (Wp)*	295	298	302	306
Tensão Máxima - V_{mp} (V)	31.8	32.0	32.2	32.5
Corrente Máxima - I_{mp} (A)	9.26	9.32	9.38	9.41
Tensão de Circuito Aberto - V_{oc} (V)	39.4	39.6	39.8	39.9
Corrente de Curto Circuito - I_{sc} (A)	9.78	9.84	9.90	9.95

NOCT: irradiação 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Velocidade do Vento 1m/s.

DADOS MECÂNICOS

Células	Monocristalinas
No. de Células	120 células
Dimensões do Módulo	1754×1096×30 mm (69.06×43.15×1.18 polegadas)
Peso	21.0 kg (46.3 lb)
Vidro	3.2 mm (0.13 pol.), Alta Transmissão, Anti Reflexo, e Recobrimento Térmico
Material Encapsulante	EVA/POE
Backsheet	Branco
Moldura	30mm (1.18 polegadas) Liga de alumínio anodizado
Caixa de Conexão	IP 68
Cabos	Cabo de Tecnologia Fotovoltaica 4.0mm (0.006 polegadas), Retrator: 280/280 mm (11.02/11.02 polegadas), Comprimento Customizável
Conector	MC4 EVO2/ TS4*

*Verificar conector como vendido à parte

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

NOCT (Temperatura Nominal de Operação do Cabo)	43°C (±2°C)
Coefficiente de Temperatura P_{max}	-0.34%/°C
Coefficiente de Temperatura V_{oc}	-0.25%/°C
Coefficiente de Temperatura I_{sc}	0.04%/°C

GARANTIA

12 anos de garantia de integridade do produto
25 anos de garantia de produção de energia
2% de degradação no primeiro ano
0.55% de taxa de degradação anual

(Verificar documento de garantia para maiores detalhes)

LIMITES DE OPERAÇÃO

Temperatura Operacional	-40 ~ +85°C
Tensão Máxima do Sistema	1500V DC (IEC)
Capacidade Máx do Fusível em Série	20A

EMBALAGEM E TRANSPORTE

Módulos por caixa: 36 unidades
Módulos por container 40': 936 unidades

Fonte: manual do fabricante.

⁹ Disponível em: <https://www.trinasolar.com/pt/resources/downloads>. Acesso em: 15 set. 2023.

ANEXO E – ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO PARA CADA BLOCO

BLOCO 5: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2									
MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,23	5,58	1,922	24	21,10%	85,00%	1.341,31	1.431,07
FEVEREIRO	28	5,23	5,38	1,922	24	21,10%	85,00%	1.211,51	1.246,25
MARÇO	31	5,38	5,29	1,922	24	21,10%	85,00%	1.379,78	1.356,70
ABRIL	30	5,37	5,03	1,922	24	21,10%	85,00%	1.332,29	1.248,40
MAIO	31	5,48	4,91	1,922	24	21,10%	85,00%	1.405,43	1.259,24
JUNHO	30	5,23	4,55	1,922	24	21,10%	85,00%	1.298,04	1.129,27
JULHO	31	5,58	4,87	1,922	24	21,10%	85,00%	1.431,07	1.248,98
AGOSTO	31	6,18	5,59	1,922	24	21,10%	85,00%	1.584,95	1.433,64
SETEMBRO	30	6,11	5,93	1,922	24	21,10%	85,00%	1.516,45	1.471,78
OUTUBRO	31	6,21	6,29	1,922	24	21,10%	85,00%	1.592,65	1.613,16
NOVEMBRO	30	6,06	6,44	1,922	24	21,10%	85,00%	1.504,04	1.598,35
DEZEMBRO	31	5,61	6,04	1,922	24	21,10%	85,00%	1.438,77	1.549,05
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	17.036,79	16.585,91
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	33.622,70	

BLOCO 6: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2									
MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,23	5,58	1,922	60	21,10%	85,00%	3.353,28	3.577,68
FEVEREIRO	28	5,23	5,38	1,922	60	21,10%	85,00%	3.028,77	3.116,63
MARÇO	31	5,38	5,29	1,922	60	21,10%	85,00%	3.449,45	3.391,75
ABRIL	30	5,37	5,03	1,922	60	21,10%	85,00%	3.331,97	3.121,01
MAIO	31	5,48	4,91	1,922	60	21,10%	85,00%	3.513,57	3.148,10
JUNHO	30	5,23	4,55	1,922	60	21,10%	85,00%	3.245,11	2.823,18
JULHO	31	5,58	4,87	1,922	60	21,10%	85,00%	3.577,68	3.122,46
AGOSTO	31	6,18	5,59	1,922	60	21,10%	85,00%	3.962,38	3.584,10
SETEMBRO	30	6,11	5,93	1,922	60	21,10%	85,00%	3.791,13	3.679,44
OUTUBRO	31	6,21	6,29	1,922	60	21,10%	85,00%	3.981,62	4.032,91
NOVEMBRO	30	6,06	6,44	1,922	60	21,10%	85,00%	3.760,10	3.995,89
DEZEMBRO	31	5,61	6,04	1,922	60	21,10%	85,00%	3.596,92	3.872,62
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	42.591,97	41.464,77
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	84.056,74	

BLOCO 7: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2									
MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,23	5,58	1,922	69	21,10%	85,00%	3.856,27	4.114,34
FEVEREIRO	28	5,23	5,38	1,922	69	21,10%	85,00%	3.483,08	3.582,98
MARÇO	31	5,38	5,29	1,922	69	21,10%	85,00%	3.966,87	3.900,51
ABRIL	30	5,37	5,03	1,922	69	21,10%	85,00%	3.831,77	3.589,16
MAIO	31	5,48	4,91	1,922	69	21,10%	85,00%	4.040,60	3.620,32
JUNHO	30	5,23	4,55	1,922	69	21,10%	85,00%	3.731,87	3.246,66
JULHO	31	5,58	4,87	1,922	69	21,10%	85,00%	4.114,34	3.590,83
AGOSTO	31	6,18	5,59	1,922	69	21,10%	85,00%	4.556,74	4.121,71
SETEMBRO	30	6,11	5,93	1,922	69	21,10%	85,00%	4.359,80	4.231,36
OUTUBRO	31	6,21	6,29	1,922	69	21,10%	85,00%	4.578,86	4.637,84
NOVEMBRO	30	6,06	6,44	1,922	69	21,10%	85,00%	4.324,12	4.595,27
DEZEMBRO	31	5,61	6,04	1,922	69	21,10%	85,00%	4.136,46	4.453,51
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	48.980,77	47.684,48
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	96.665,25	

Continua...

BLOCO 8: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2

MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,23	5,58	1,922	128	21,10%	85,00%	7.153,66	7.632,39
FEVEREIRO	28	5,23	5,38	1,922	128	21,10%	85,00%	6.461,37	6.646,68
MARÇO	31	5,38	5,29	1,922	128	21,10%	85,00%	7.358,83	7.235,73
ABRIL	30	5,37	5,03	1,922	128	21,10%	85,00%	7.108,21	6.658,16
MAIO	31	5,48	4,91	1,922	128	21,10%	85,00%	7.495,61	6.715,96
JUNHO	30	5,23	4,55	1,922	128	21,10%	85,00%	6.922,89	6.022,79
JULHO	31	5,58	4,87	1,922	128	21,10%	85,00%	7.632,39	6.661,24
AGOSTO	31	6,18	5,59	1,922	128	21,10%	85,00%	8.453,08	7.646,07
SETEMBRO	30	6,11	5,93	1,922	128	21,10%	85,00%	8.087,74	7.849,48
OUTUBRO	31	6,21	6,29	1,922	128	21,10%	85,00%	8.494,11	8.603,54
NOVEMBRO	30	6,06	6,44	1,922	128	21,10%	85,00%	8.021,56	8.524,56
DEZEMBRO	31	5,61	6,04	1,922	128	21,10%	85,00%	7.673,43	8.261,58
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	90.862,87	88.458,17
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	179.321,04	

BLOCO 9: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2

MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	4,98	5,78	1,922	60	21,10%	85,00%	3.192,99	3.705,92
FEVEREIRO	28	5,07	5,47	1,922	60	21,10%	85,00%	2.936,11	3.167,75
MARÇO	31	5,36	5,25	1,922	60	21,10%	85,00%	3.436,63	3.366,10
ABRIL	30	5,52	4,85	1,922	60	21,10%	85,00%	3.425,05	3.009,32
MAIO	31	5,73	4,6	1,922	60	21,10%	85,00%	3.673,86	2.949,34
JUNHO	30	5,55	4,24	1,922	60	21,10%	85,00%	3.443,66	2.630,83
JULHO	31	5,88	4,56	1,922	60	21,10%	85,00%	3.770,03	2.923,70
AGOSTO	31	6,45	5,35	1,922	60	21,10%	85,00%	4.135,49	3.430,22
SETEMBRO	30	6,22	5,79	1,922	60	21,10%	85,00%	3.859,38	3.592,57
OUTUBRO	31	6,11	6,37	1,922	60	21,10%	85,00%	3.917,50	4.084,20
NOVEMBRO	30	5,81	6,66	1,922	60	21,10%	85,00%	3.604,98	4.132,39
DEZEMBRO	31	5,29	6,3	1,922	60	21,10%	85,00%	3.391,75	4.039,32
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	42.787,42	41.031,67
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	83.819,10	

BLOCO 10: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2

MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	4,98	5,78	1,922	42	21,10%	85,00%	2.235,09	2.594,14
FEVEREIRO	28	5,07	5,47	1,922	42	21,10%	85,00%	2.055,28	2.217,43
MARÇO	31	5,36	5,25	1,922	42	21,10%	85,00%	2.405,64	2.356,27
ABRIL	30	5,52	4,85	1,922	42	21,10%	85,00%	2.397,53	2.106,53
MAIO	31	5,73	4,6	1,922	42	21,10%	85,00%	2.571,70	2.064,54
JUNHO	30	5,55	4,24	1,922	42	21,10%	85,00%	2.410,56	1.841,58
JULHO	31	5,88	4,56	1,922	42	21,10%	85,00%	2.639,02	2.046,59
AGOSTO	31	6,45	5,35	1,922	42	21,10%	85,00%	2.894,85	2.401,15
SETEMBRO	30	6,22	5,79	1,922	42	21,10%	85,00%	2.701,57	2.514,80
OUTUBRO	31	6,11	6,37	1,922	42	21,10%	85,00%	2.742,25	2.858,94
NOVEMBRO	30	5,81	6,66	1,922	42	21,10%	85,00%	2.523,49	2.892,67
DEZEMBRO	31	5,29	6,3	1,922	42	21,10%	85,00%	2.374,22	2.827,52
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	29.951,20	28.722,17
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	58.673,37	

Continua...

BLOCO 11: GERAÇÃO PELO MÉTODO DA INSOLAÇÃO - DADOS DO RADIASOL 2									
MÊS - 2023	DIAS	IRRADIAÇÃO ÁGUA 1 (kWh/m²/dia)	IRRADIAÇÃO ÁGUA 2 (kWh/m²/dia)	ÁREA EFETIVA DE UM MÓDULO (m²)	Nº DE MÓDULOS DO SISTEMA	RENDIMENTO DO MÓDULO	RENDIMENTO DO SISTEMA	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 1 (kWh/mês)	GERAÇÃO MENSAL ÁGUA 2 (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,33	5,61	1,922	88	21,10%	85,00%	5.012,18	5.275,48
FEVEREIRO	28	5,29	5,44	1,922	88	21,10%	85,00%	4.493,15	4.620,56
MARÇO	31	5,42	5,37	1,922	88	21,10%	85,00%	5.096,81	5.049,79
ABRIL	30	5,4	5,17	1,922	88	21,10%	85,00%	4.914,20	4.704,89
MAIO	31	5,49	5,05	1,922	88	21,10%	85,00%	5.162,64	4.748,87
JUNHO	30	5,24	4,73	1,922	88	21,10%	85,00%	4.768,59	4.304,47
JULHO	31	5,56	5,04	1,922	88	21,10%	85,00%	5.228,46	4.739,47
AGOSTO	31	6,24	5,81	1,922	88	21,10%	85,00%	5.867,91	5.463,55
SETEMBRO	30	6,2	6,04	1,922	88	21,10%	85,00%	5.642,22	5.496,62
OUTUBRO	31	6,31	6,42	1,922	88	21,10%	85,00%	5.933,74	6.037,18
NOVEMBRO	30	6,2	6,53	1,922	88	21,10%	85,00%	5.642,22	5.942,54
DEZEMBRO	31	5,73	6,11	1,922	88	21,10%	85,00%	5.388,32	5.745,67
TOTAL	365						TOTAL ANUAL(KWh/ano)	63.150,45	62.129,08
							TOTAL POR BLOCO(KWh/ano)	125.279,53	

Fonte: próprio autor, *Excel 2010*.