



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS OEIRAS
CURSO BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO**

FRANCISCO GIL DE BRITO VIEIRA

**ENERGIA FOTOVOLTAICA E SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DA
VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO NO IFPI CAMPUS OEIRAS**

OEIRAS - PI

2025

FRANCISCO GIL DE BRITO VIEIRA

ENERGIA FOTOVOLTAICA E SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DA
VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO NO IFPI CAMPUS OEIRAS

Trabalho de conclusão de curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Administração do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Oeiras.

Orientador: Prof. Me. Marcos Diego Barbosa de
Meneses Ferreira.

OEIRAS - PI

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Vieira, Francisco Gil de Brito

V658e Energia fotovoltaica e sustentabilidade : um estudo da viabilidade financeira para implantação no IFPI campus Oeiras / Francisco Gil de Brito Vieira. – 2025.
64 f.: il. Color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Oeiras, 2025.

Orientador : Prof Me. Marcos Diego Barbosa de Meneses Ferreira.

1. Energia fotovoltaica. 2. Sustentabilidade. 3. Viabilidade financeira. I. Título.

CDD - 658

Elaborado por Denizete Lima de Mesquita CRB 3/1079

FRANCISCO GIL DE BRITO VIEIRA

ENERGIA FOTOVOLTAICA E SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DA
VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO NO IFPI CAMPUS OEIRAS

Trabalho de conclusão de curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Administração do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Oeiras.

Aprovada em: 29/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Marcos Diego Barbosa de Meneses Ferreira (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profa. Ma. Rosany da Silva Batista
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Esp. Bruno Milhomem Dantas
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais, minha irmã, e a todos que contribuíram para que esse momento se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças para chegar até aqui. Sem suas bênçãos, nada disso seria possível. Em todos os momentos em que pensei em desistir, diante dos desafios da vida, encontrei em sua presença o conforto e a coragem para seguir em frente. Desde o momento em que deixei o conforto de morar com a minha família para buscar um estudo melhor na cidade, enfrentei muitas noites de saudade e incerteza. Embora a distância fosse curta, a sensação de estar longe de casa era muito ruim. No dia 15/02/2018, tudo mudou, o menino que nunca passava uma noite fora de casa precisou aprender a viver longe do lar.

Jamais o esquecerei o primeiro trabalho deste curso. Tive que apresentá-lo sozinho, enquanto todos os outros grupos compartilhavam a experiência em equipe. Assistia a cada apresentação e só aumentava a minha ansiedade, pensei diversas vezes em fechar o computador e desisti de apresentar, no entanto venci o medo e enfrentei aquele momento. Essa experiência me ensinou a importância de acreditar em mim mesmo e a não desistir diante das dificuldades.

Agradeço imensamente a minha mãe e ao meu pai, que todos os dias acordam às 3 da madrugada para garantir que nada falte para mim e para minha irmã. Todo o esforço e sacrifício deles são as bases que me sustentam, e espero um dia poder retribuí-los, proporcionando o conforto que merecem.

Sou grato àqueles que me acolheram nos primeiros anos nesta cidade. Embora muita coisa tenha mudado ao longo do tempo, jamais esquecerei o apoio que recebi. Em especial, agradeço ao meu avô Zacarias, que generosamente me ofereceu sua casa como lar, e a minha avó Neusa, que sempre separava seus trocados para que eu pudesse comprar um lanche.

Também expresso minha gratidão à minha avó Rosa, que sempre me recebeu de braços abertos quando precisei passar um tempo em sua casa. Dedico este estudo a memória do meu avô Amadeu, um símbolo de vitória para nossa família. Apesar de todos os desafios que enfrentou na vida, nunca baixou a cabeça, ensinando-nos a importância da perseverança e da coragem.

Por fim agradeço a minha namorada Hellane, que esteve ao meu lado nos momentos bons e ruins, sempre me apoiando e motivando a continuar. Nada foi fácil, e sei que os desafios continuarão surgindo, mas tenho certeza de que não desistirei de buscar a vitória. E essa Vitória não será apenas minha, mas de todos que acreditaram em mim e me apoiaram ao longo dessa jornada.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.
Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

A energia fotovoltaica desponta como uma das principais fontes de energia renovável, pois ela é gerada a partir de uma fonte abundante que é o sol, e que contribui para a preservação do meio ambiente, pois não emite gases de efeito estufa, além de proporcionar economia ao reduzir custos com energia elétrica. Com isso, surgiu o seguinte questionamento: como a implantação de um sistema de energia fotovoltaica pode contribuir para a sustentabilidade ambiental e qual a sua viabilidade financeira para o IFPI Campus Oeiras? Portanto, o estudo buscou analisar a sustentabilidade ambiental e a viabilidade financeira para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no IFPI Campus Oeiras, e quais os benefícios isso traria à instituição. Adotou uma abordagem qualitativa e quantitativa, com caráter exploratório e descritivo, utilizando análise documental de fatores energéticos, normativas do setor elétrico e estudo de caso aplicado. Os resultados indicaram que o projeto é financeiramente viável, com retorno estimado do investimento em menos de dez anos, além de proporcionar economia anual superior a R\$ 120 mil. Também foi constatado que a adoção da tecnologia poderia fortalecer a sustentabilidade institucional e ampliaria o compromisso da instituição com práticas inovadoras e ambientalmente responsáveis. Por fim, o estudo recomendou o incentivo à formulação de políticas públicas institucionais voltadas à adoção de fontes renováveis de energia, consolidando um modelo de gestão mais eficiente, sustentável e alinhado às demandas atuais da sociedade.

Palavras-chave: energia fotovoltaica; sustentabilidade; viabilidade financeira.

ABSTRACT

Photovoltaic energy is emerging as one of the main sources of renewable energy, as it is generated from an abundant source, the sun, and contributes to environmental preservation by not emitting greenhouse gases, in addition to providing savings by reducing electricity costs. With this, the following question arose: how can the implementation of a photovoltaic energy system contribute to environmental sustainability and what is its financial viability for IFPI Campus Oeiras? Therefore, the study aimed to analyze environmental sustainability and financial viability for the implementation of a photovoltaic energy system at IFPI Campus Oeiras, and what benefits it would bring to the institution. It adopted a qualitative and quantitative approach, with an exploratory and descriptive nature, using document analysis of energy factors, regulations of the electricity sector, and applied case studies. The results indicated that the project is financially viable, with an estimated return on investment in less than ten years, in addition to providing annual savings of over R\$ 120,000. It was also found that the adoption of technology could strengthen institutional sustainability and increase the institution's commitment to innovative and environmentally responsible practices. Finally, the study recommended encouraging the formulation of institutional public policies aimed at adopting renewable energy sources, consolidating a more efficient, sustainable management model aligned with the current demands of society.

Keywords: photovoltaic energy; sustainability; financial viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil 2012 – 2024	18
Gráfico 2 - Matriz elétrica Brasileira	19
Figura 1 - Modelo sistema on-grid.....	20
Figura 2 - Modelo sistema off-grid.....	21
Figura 3 - ODS	22
Figura 4 - Materiais do módulo fotovoltaico.....	24
Figura 5 - Exemplo processo de reciclagem	25
Figura 6 - Ciclo de vida sistema fotovoltaico	26
Figura 7 - Mapa irradiação solar no Brasil.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem referente a tarifa do fio B	29
Tabela 2 - Dados projeção da economia	31
Tabela 3 - Consumo energia elétrica IFPI Campus Oeiras	40
Tabela 4 - Valor fatura sem energia fotovoltaica.....	44
Tabela 5 - Economia gerada pelo orçamento A.....	45
Tabela 6 - Economia gerada pelo orçamento B e C	46
Tabela 7 - Cálculo do payback	48
Tabela 8 - Cálculo do ROI	49
Tabela 9 - Redução da emissão de CO ₂	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional De Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CEF	Centro de Educação Fundamental
CEMI	Centro de Ensino Médio Integrado à Educação Profissional
CO ₂	Dióxido de carbono
FDP	Fora De Ponta
IFCE	Instituto Federal do Ceará
IFG	Instituto Federal do Goiás
IFMT	Instituto Federal do Mato Grosso
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IPTU	Imposto Predial e Território Urbano
ITBI	Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis
ISE	Instituição de Ensino Superior
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PEE	Projeto de Eficiência Energética
ROI	Retorno Sobre o Investimento
TUSD	Tarifa De Uso Do Sistema De Distribuição

LISTA DE SÍMBOLOS

KW/H	Quilowatt-hora
GW	Gigawatt
%	Porcentagem
nº	Número
MW	Megawatt
KW	Kilowatt
KWP	Kilowatt-pico
\$	Dólar
h	Horas
M ²	Metro quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 ESTRUTURA DO PROJETO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA: CONCEITOS E APLICAÇÕES	18
2.2 SUSTENTABILIDADE: DIMENSÃO ECONOMICA, AMBIENTAL E SOCIAL	21
2.2.1 Logística reversa	24
2.3 MODELOS E VIABILIDADE FINANCEIRA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	26
2.4 ESTUDOS E EXPERIÊNCIAS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO	32
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA	34
3.2 OBJETO DA PESQUISA	35
3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA	36
3.4 INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS	36
3.5 ANÁLISE DOS DADOS	37
3.6 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	38
4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	40
4.1 HISTORICO DE CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA	40
4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	41
4.3 ORÇAMENTOS	42
4.4 PROJEÇÃO DE GERAÇÃO E ECONOMIA	43
4.5 DADOS DO IFPI CAMPUS OEIRAS	47
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO	48
5.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA	48
5.2 CONTRIBUIÇÃO SOCIOAMBIENTAL	50
5.3 APLICAÇÃO DA ECONOMIA GERADA E PROPOSTA DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIA SOLAR	51
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	56
ANEXO A - ORÇAMENTO EMPRESA A	62

ANEXO B - ORÇAMENTO EMPRESA B	63
ANEXO C - ORÇAMENTO EMPRESA C	64

INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica desponta como uma das principais fontes renováveis de energia, configurando-se como uma solução sustentável e promissora para enfrentar os desafios ambientais e energéticos contemporâneos (Marques, 2024).

Essa tecnologia utiliza a radiação solar para gerar eletricidade de forma limpa, reduzindo significativamente a emissão de gases de efeito estufa em comparação com outras fontes convencionais de energia, como combustíveis fósseis. Além disso, é uma alternativa viável para promover a sustentabilidade, ao aproveitar uma fonte abundante e inesgotável, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e o combate às mudanças climáticas.

Segundo Lucon e Goldemberg (2009), as energias renováveis devem ser consideradas não apenas como alternativas, mas como modelos prioritários de geração energética, especialmente diante da crescente preocupação ambiental e escassez de recursos naturais. Nesse contexto, emerge a seguinte questão: como a implantação de um sistema de energia fotovoltaica pode contribuir para a sustentabilidade no IFPI campus Oeiras?

Diante dessa problemática, o objetivo principal deste estudo é analisar como a implantação de um sistema de energia fotovoltaica pode contribuir para a sustentabilidade e avaliar sua viabilidade financeira no IFPI campus Oeiras. Com base nos dados coletados, o histórico de pagamento do IFPI Campus Oeiras, revela uma demanda anual média de 22.000 quilowatts-hora (kwh) em 2024. Com a implementação de um sistema de energia fotovoltaica, é possível reduzir significativamente esses gastos, gerando uma economia que poderá ser redirecionada para outras áreas estratégicas, como por exemplo manutenção da infraestrutura do Campus.

1.1 OBJETIVOS

Com base na problemática abordada, estabeleceu-se um objetivo geral que representa o propósito central da pesquisa, complementado por objetivos específicos que detalham e direcionam as etapas necessárias para sua concretização.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é analisar como a implantação de um sistema de energia fotovoltaica pode contribuir para a sustentabilidade e avaliar sua viabilidade financeira no IFPI campus Oeiras.

1.1.2 Objetivos específicos

- Quantificar a geração necessária, analisando os custos de aquisição e retorno financeiro de um sistema fotovoltaico instalado na instituição.
- Realizar uma análise de possibilidades de utilização dos recursos economizados visando reinvestimento em áreas essenciais da instituição.
- Propor a criação de uma política pública de incentivo ao uso da energia fotovoltaica.
- Identificar os benefícios econômicos, sociais e ambientais da utilização da energia fotovoltaica no IFPI Campus Oeiras.

Essas etapas permitirão uma compreensão abrangente da eficácia do sistema, tanto em termos financeiros quanto em sua contribuição para a sustentabilidade ambiental.

1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância desta pesquisa reside em sua contribuição tanto científica quanto em sua aplicação prática. No âmbito científico, busca-se avançar ao conhecimento sobre o uso de energias renováveis em instituições públicas de ensino, destacando seus benefícios econômicos, ambientais e sociais. Do ponto de vista organizacional, a adoção de sistemas fotovoltaicos pode reduzir custos operacionais, liberar recursos financeiros para outras finalidades estratégicas e fortalecer o compromisso com práticas sustentáveis.

Segundo Miura (2024), a adoção de sistemas de energia fotovoltaica em instituições de ensino superior contribui significativamente para a promoção da sustentabilidade. Além disso, essa prática desempenha um papel relevante no estímulo ao desenvolvimento econômico, social e ambiental. Com a redução dos custos com energia elétrica, permite que os recursos financeiros economizados sejam realocados para outras áreas estratégicas da instituição. Além disso, a utilização

dessa tecnologia fomenta a conscientização ambiental entre estudantes e colaboradores, reforçando o papel educacional na formação de cidadãos mais responsáveis quanto ao uso de recursos naturais, evidenciando, assim, múltiplos benefícios dessa tecnologia no contexto educacional.

De forma semelhante, segundo Barp, Sehnem e Bencke (2014), a energia fotovoltaica pode trazer benefícios para as organizações, pois é uma matriz sustentável de geração de energia que pode ser usada como estratégia competitiva para os negócios. Aliado a isto, a pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento sobre a aplicação da energia solar fotovoltaica no contexto da sustentabilidade energética. Ademais, seus resultados podem também contribuir para direcionar outras unidades do IFPI e instituições similares a fazer investimentos em energia solar.

1.3 ESTRUTURA DO PROJETO

Este estudo busca analisar a viabilidade financeira da instalação de um sistema de energia fotovoltaica no IFPI Campus Oeiras, considerando sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e a economia da instituição. Para isso, o trabalho está organizado da seguinte forma: a Introdução apresenta o tema, contextualiza a problemática, detalha os objetivos geral e específicos, justifica a relevância da pesquisa e descreve a estrutura do projeto.

No Referencial Teórico, são abordados os fundamentos da energia fotovoltaica, os conceitos de sustentabilidade, a análise de viabilidade financeira e experiências anteriores de adoção dessa tecnologia em instituições de ensino.

A seção de Metodologia descreve os procedimentos adotados, destacando a abordagem, as técnicas de coleta de dados e os métodos de análise, culminando na apresentação dos dados.

Na apresentação dos dados, são expostos os dados obtidos durante a pesquisa, incluindo o consumo de energia do campus, o dimensionamento do sistema fotovoltaico, os orçamentos coletados, a projeção de economia, e apresentação de dados de outro instituto na prática.

Em análise e discussão dos resultados, os dados são apresentados, interpretados e avaliados com o objetivo de verificar a viabilidade do projeto e seus impactos para o IFPI Campus Oeiras.

Por fim, nas considerações finais, são retomados os principais objetivos e

conclusões da pesquisa, ressaltando sua relevância, bem como as limitações do estudo e possíveis sugestões para futuras investigações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

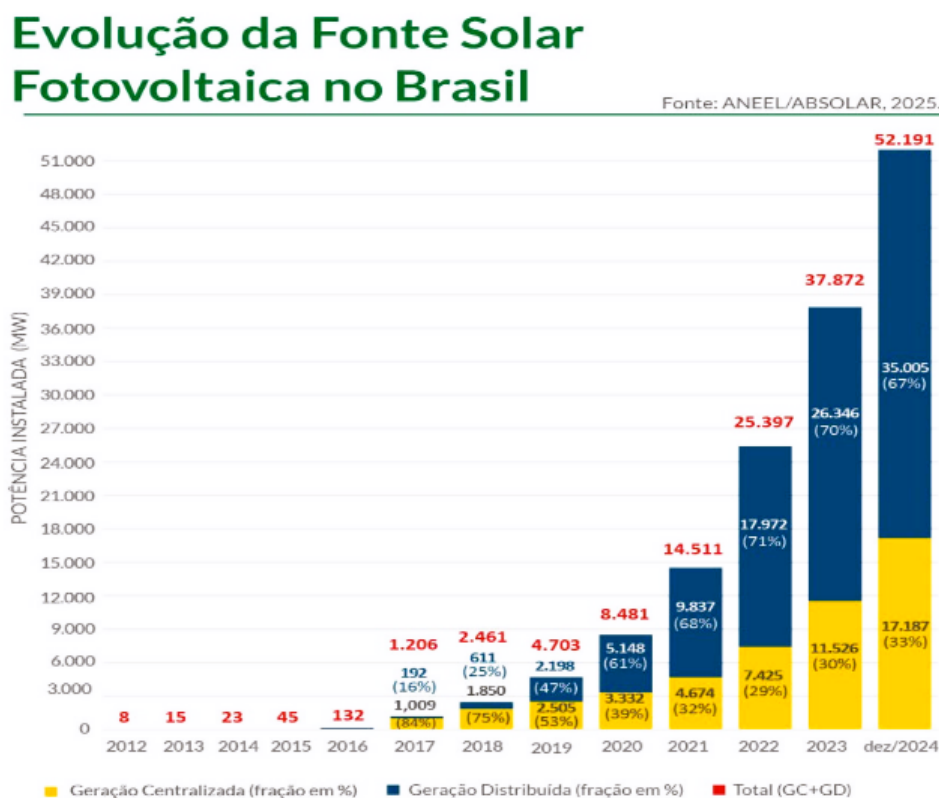
2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA: CONCEITOS E APLICAÇÕES

No Brasil, sabe-se que a principal fonte de geração de energia são as hidrelétricas. Entretanto, a energia fotovoltaica tem ganhado espaço nos últimos anos consolidando-se como uma das opções mais viáveis para diversificar a matriz energética (Bezerra, 2021).

O conceito de energia fotovoltaica remonta ao século XIX, quando Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico em 1839. Esse fenômeno físico, que permite a conversão da luz em energia elétrica, é a base para o desenvolvimento da tecnologia atual (Machado e Miranda, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2025), o Brasil é um país privilegiado pela alta capacidade de geração devido à elevada incidência solar. Atualmente, já se soma mais de 50 gigawatts (GW) de potência instalada no país de acordo com o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil 2012 – 2024



Fonte: ABSOLAR, 2025.

A energia fotovoltaica também está consolidada como a segunda maior fonte de geração de energia elétrica no país (Gráfico 2). Essa posição coloca o Brasil em destaque mundial em geração, ao lado de países como Estados Unidos, China, Japão, Alemanha e Índia (ABSOLAR, 2025).

Gráfico 2 – Matriz elétrica Brasileira



Fonte: ABSOLAR, 2025.

Diante dessas informações, percebemos que o Brasil tem investido gradualmente em energia solar devido à crescente conscientização sobre os benefícios econômicos e ambientais dessa tecnologia, o que vem posicionando o país como um dos protagonistas na transição energética.

Os módulos fotovoltaicos se dividem em três gerações. A primeira geração é formada por módulos com células de silício cristalino, que se subdividem em monocristalino e policristalino (Rodrigues, 2020). Nesta geração, os custos de fabricação são mais acessíveis, e os módulos apesar de serem de primeira geração apresentam alta eficiência (Silva e Oliveira, 2022).

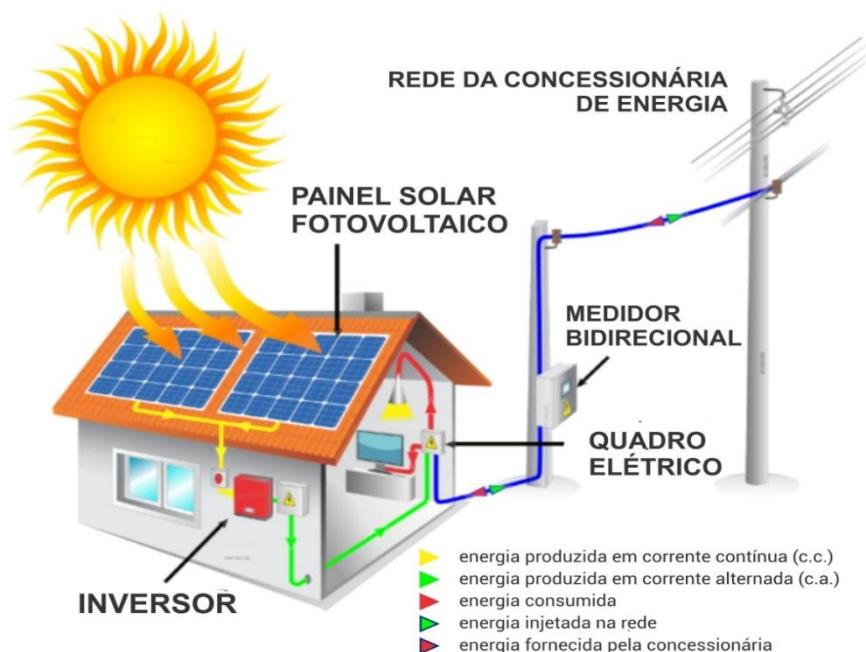
Já os módulos de segunda geração são fabricados por meio da utilização de filmes finos, como silício amorfo, telureto de cádmio, seleneto de cobre, índio e gálio e arseneto de gálio. Essa geração pode ser aplicada na construção civil, substituindo janelas de prédios e telhas (Silva e Oliveira, 2022). Para serem fabricados, demandam menos matéria-prima, mas são menos eficientes do que os da primeira geração

(Rodrigues, 2020).

Em busca de maior eficiência, surgem os módulos de terceira geração. Eles são formados por células solares sensibilizadas por corantes que, combinadas com óxidos semicondutores, geram energia (Tractz, 2022). O objetivo dessa geração é obter baixo custo por watt, utilizar materiais abundantes e reduzir o nível de toxicidade. Para isso, são desenvolvidos com diversas tecnologias (Rodrigues, 2020).

Além dos diferentes tipos de módulos, a geração de energia fotovoltaica pode ocorrer em dois modelos principais: o sistema on-grid e o off-grid. No modelo on-grid, o sistema é conectado à concessionária de energia elétrica. A energia produzida pelos painéis solares é enviada para a rede, resultando na redução do valor da fatura. O excedente gerado é transformado em créditos, que podem ser utilizados futuramente, conforme a necessidade (Alves, 2019), como ilustrado na Figura – 1.

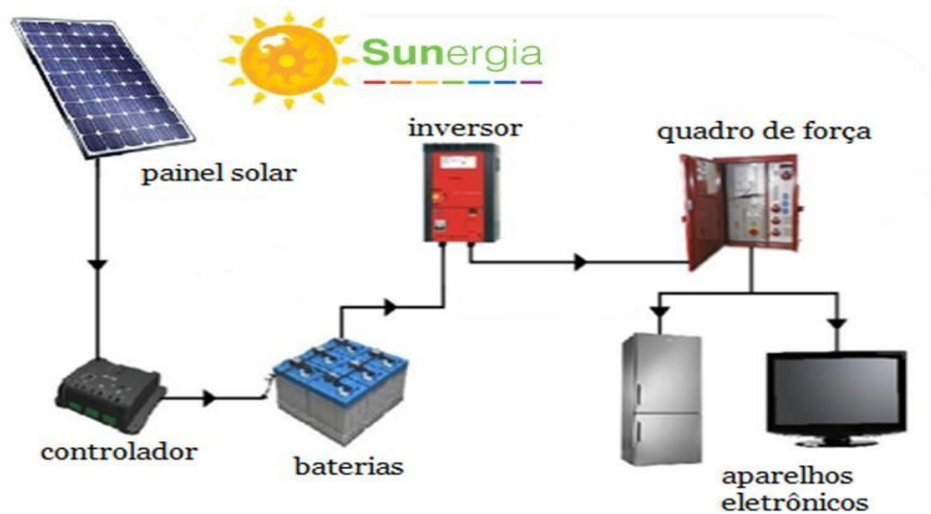
Figura 1 – Modelo sistema on-grid



Fonte: Infinit Solar, 2018

Por outro lado, o modelo off-grid opera de maneira totalmente independente da concessionária. Nesse caso, a energia gerada é armazenada em baterias, garantindo seu uso tanto durante o dia quanto à noite, quando os painéis não estão em operação. Essa energia armazenada é distribuída para a residência ou instituição, sendo esse sistema especialmente recomendado para áreas sem acesso à rede elétrica (Alves, 2019), como demonstrado na Figura – 2.

Figura 2 – Modelo sistema off-grid



Fonte: Sunergia, 2017.

Portanto, a escolha entre o sistema on-grid e off-grid depende das necessidades específicas de cada pessoa, considerando fatores como a presença ou ausência de acesso à rede elétrica. Esse sistema adapta-se em diferentes realidades, como regiões isoladas ou conectadas à rede, permitindo que se opte pela solução que melhor atenda às demandas individuais. Além disso, representam uma alternativa limpa e renovável, proporcionando maior autonomia energética de forma acessível e eficiente.

Os sistemas fotovoltaicos têm aumentado substancialmente devido ao fato de serem uma fonte de energia limpa e amplamente disponível, já que a radiação solar está presente em diversas regiões. No cenário mundial, a crescente disponibilidade de recursos para sua implantação e a redução dos custos de aquisição têm contribuído para essa expansão. No Brasil, embora o potencial de geração de energia solar seja elevado, ainda falta políticas de incentivo para a expansão dessa fonte (Da Paixão; Sausen; Da Rosa Abaide, 2024).

2.2 SUSTENTABILIDADE: DIMENSÃO ECONOMICA, AMBIENTAL E SOCIAL

A preocupação com os impactos ambientais das atividades humanas tornou-se evidente desde a Revolução Industrial. Conferências como a de Estocolmo (1972) e a Rio-92 destacaram a urgência de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental (Serrão; Almeida; Carestiato, 2020).

No entanto, foi na Rio-92 que o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou destaque mundial. Nesse evento, foi elaborada a Agenda 21 Global, um documento que reuniu diretrizes e estratégias para implementar práticas sustentáveis em escala global. Contudo, apesar de sua relevância e abrangência, muitas das propostas apresentadas nesses planos tiveram pouca aplicação prática ao longo dos anos (Serrão; Almeida; Carestiato, 2020).

Posteriormente, em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu 17 objetivos para um desenvolvimento sustentável (ODS), apresentados na Figura 3, os quais foram implementados no Brasil visando atingir os objetivos da Agenda 2030. Esses objetivos culminaram em promover o desenvolvimento em níveis econômico, social e ambiental.

Figura 3 – ODS



Fonte: ONU, 2015

Dentre esses objetivos, destacamos o 7, que visa assegurar o acesso confiável e sustentável às fontes de energia renovável, promovendo a transformação da matriz energética em uma opção mais limpa e com preços acessíveis (ONU).

Nesse contexto, surgem alternativas como energia fotovoltaica, que se destaca por ser uma fonte limpa e renovável. Dessa forma, ajuda a construir um futuro mais equilibrado e próspero alinhado com os princípios defendidos nas conferências.

Como é uma fonte capaz de gerar energia elétrica sem emissão de dióxido de

carbono (CO₂), contribui diariamente para a redução do aquecimento global e para a melhoria da qualidade de vida (Costa et al, 2020). De acordo com Hein (2023), estudos indicam que, até 2050, a adoção dessa fonte de energia poderá evitar a emissão de bilhões de toneladas de CO₂.

Com base em dados de um aplicativo de monitoramento de um sistema instalado no município de Oeiras, Piauí, observou-se que, para cada 2500 kwh gerados, há uma redução de 1 tonelada de CO₂ emitido. Ao relacionar a proporção entre a quantidade de CO₂ evitada com energia gerada, obtém-se uma média de 0,0004 toneladas de CO₂ evitadas por quilowatt hora produzida.

Vale destacar que esse valor pode variar de região para região, pois há lugares que possuem maiores quantidades de termoeletrônica, que são as principais emissoras de CO₂. Além disso, como os índices de incidência solar variam, existem regiões com maior capacidade de geração.

No Brasil, devido ao desenvolvimento deste setor, 50 milhões de toneladas de CO₂ já deixaram de ser emitidas (ABSOLAR, 2024). Essa fonte tem se mostrado uma importante aliada no combate aos problemas ambientais, como a poluição do ar e as mudanças climáticas. Nosso país possui uma elevada capacidade de geração, o que favorece seu desenvolvimento socioambiental.

Economicamente, a utilização do sistema solar revela-se como uma técnica eficaz para redução de custos com energia elétrica. Conforme o estudo de Silva (2024), embora a tecnologia apresente um custo de investimento inicial elevado, seu retorno financeiro se efetiva em poucos anos, reforçando a estratégia de implementação como uma decisão financeiramente vantajosa.

De forma complementar, Cavalcanti, De Lima Silva e Da Silva (2023) realizaram uma revisão sistemática da literatura sobre a implementação da energia fotovoltaica em instituições públicas, e apresentaram resultados animadores, pois concluiu-se, através dos resultados obtidos, que a tecnologia se apresenta economicamente viável se tornando uma opção benéfica ao setor.

Além de benefícios ambientais e econômicos, a energia fotovoltaica tem contribuído para a criação de novas oportunidades de trabalho, pois abrange diversos setores que vão desde a fabricação de componentes, instalação, manutenção e reciclagem de sistemas.

De acordo com a ABSOLAR (2024), ao longo de 2023, somaram-se direta e indiretamente aproximadamente 264 mil novos empregados no ramo de energia solar.

Desde 2012, o setor já empregou acumuladamente mais de 1,4 milhão de pessoas, demonstrando seu impacto no mercado.

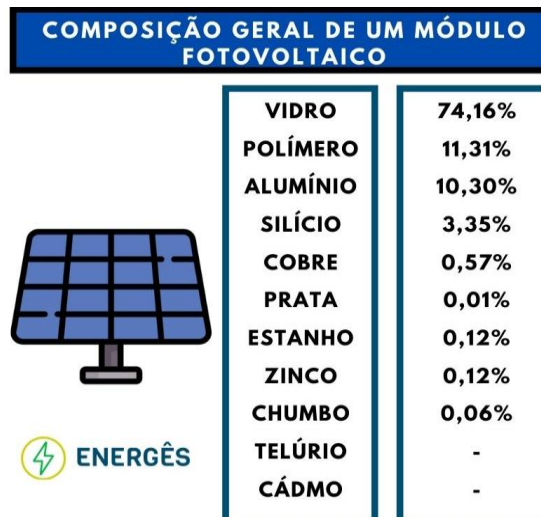
Esse número tenderá a crescer mais nos próximos anos, pois muitos ainda estão focados apenas na instalação de sistemas, mas o setor oferece diversas outras oportunidades. Além da instalação, há uma demanda crescente por serviços especializados, como manutenção preditiva e corretiva, soluções de armazenamento de energia em bateria e carregadores para veículos elétricos, que será tendência no mercado. Além disso, constantes avanços tecnológicos na área reforçam a importância de enxergar além do modelo tradicional (Tegon, 2025).

Assim, o setor fotovoltaico contribui tanto para benefícios ambientais, promovendo uma melhor qualidade de vida e preservação do meio ambiente, quanto sociais, proporcionando renda e geração de empregos. Dessa forma, fortalece o mercado, integrando as pessoas no desenvolvimento sustentável e se revelando um meio para a transformação do cenário energético.

2.2.1 Logística reversa

Com o crescente uso da energia fotovoltaica, a logística reversa torna-se um desafio, considerando que a vida útil de uma placa solar varia, em média, de 20 a 25 anos. O descarte inadequado desses equipamentos pode causar impactos ambientais negativos, já que as placas são compostas por diversos materiais que, quando descartados corretamente, podem ser reaproveitados (Figura 4).

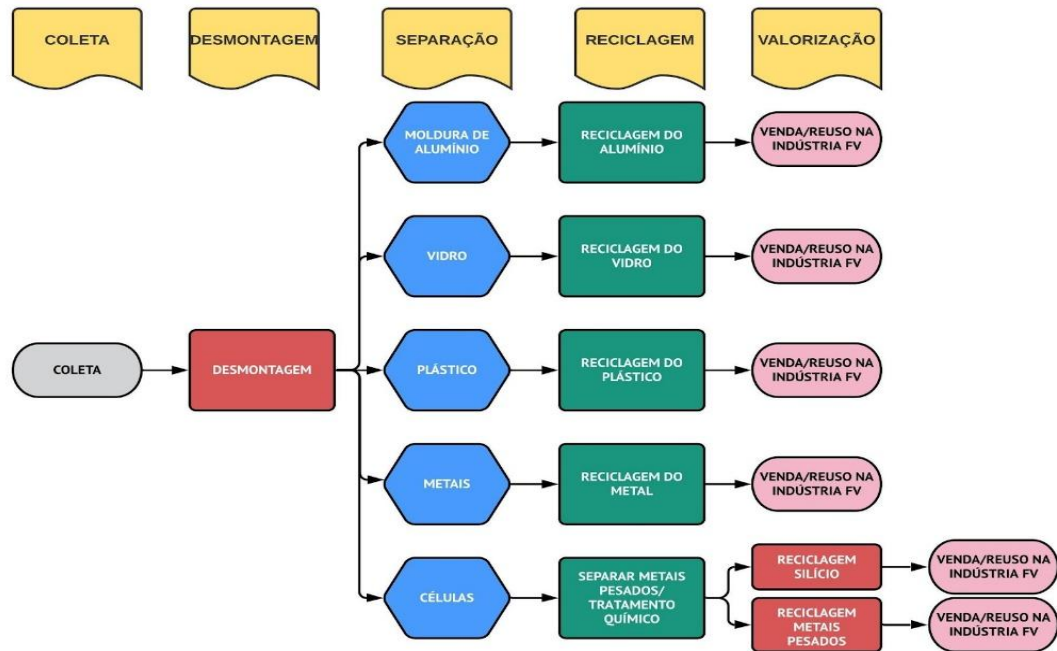
Figura 4 – Materiais do módulo fotovoltaico



Fonte: Energês, 2020.

Nesse contexto, de acordo com Silva e Oliveira (2022), o objetivo da logística reversa é garantir benefícios mútuos entre as organizações, o meio ambiente e a sociedade. Uma boa representação das etapas para a reciclagem de uma placa fotovoltaica pode ser expressa na Figura 5.

Figura 5 – Exemplo processo de reciclagem



Fonte: Energês, 2020.

A partir dessa figura, é possível observar que, com a desmontagem do módulo fotovoltaico, é possível separar os materiais que o compõem, e destiná-los aos devidos pontos onde são aproveitados da melhor forma possível.

No Brasil já existem empresas que fazem essa logística reversa dos módulos fotovoltaicos, a SunR, foi pioneira recebendo em 2022 mais de 257 toneladas de módulos fotovoltaicos (IEMA, 2023). Estudos apontam que mais de 94% dos materiais de um módulo fotovoltaico podem ser reaproveitados (Rollet, 2020).

De acordo com o decreto nº 10.240/2020, os fornecedores são obrigados a implementar a logística reversa para componentes eletrônicos, incluindo os painéis fotovoltaicos. Em entrevista, o CEO da SunR destacou que, atualmente, apenas um percentual muito pequeno desses módulos é reciclado. No entanto, com o incentivo de políticas públicas e o desenvolvimento de tecnologias próprias para reciclagem, espera-se que essa taxa aumente (Canal solar, 2022).

O sistema fotovoltaico passa por diversos ciclos, desde a extração da matéria-prima até sua reciclagem, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Ciclo de vida sistema fotovoltaico



Fonte: Adaptado de Scolla, p. 39, 2020.

A fase inicial do sistema fotovoltaico começa com a extração da matéria-prima. Em seguida, ocorre a produção das células e, posteriormente, a fabricação dos módulos, que são revestidos com alumínio para facilitar sua instalação. Durante a utilização do sistema, é fundamental realizar limpezas e manutenções para prolongar sua vida útil. Ao final do ciclo, torna-se necessária a etapa de logística reversa, garantindo que os materiais sejam reutilizados (Scolla, 2020).

2.3 MODELOS E VIABILIDADE FINANCEIRA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

No Brasil, os primeiros sistemas fotovoltaicos começaram a se popularizar a partir de 2012, quando a Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL), criou a Resolução nº 482, que regulamentou as condições de micro e minigeração distribuída.

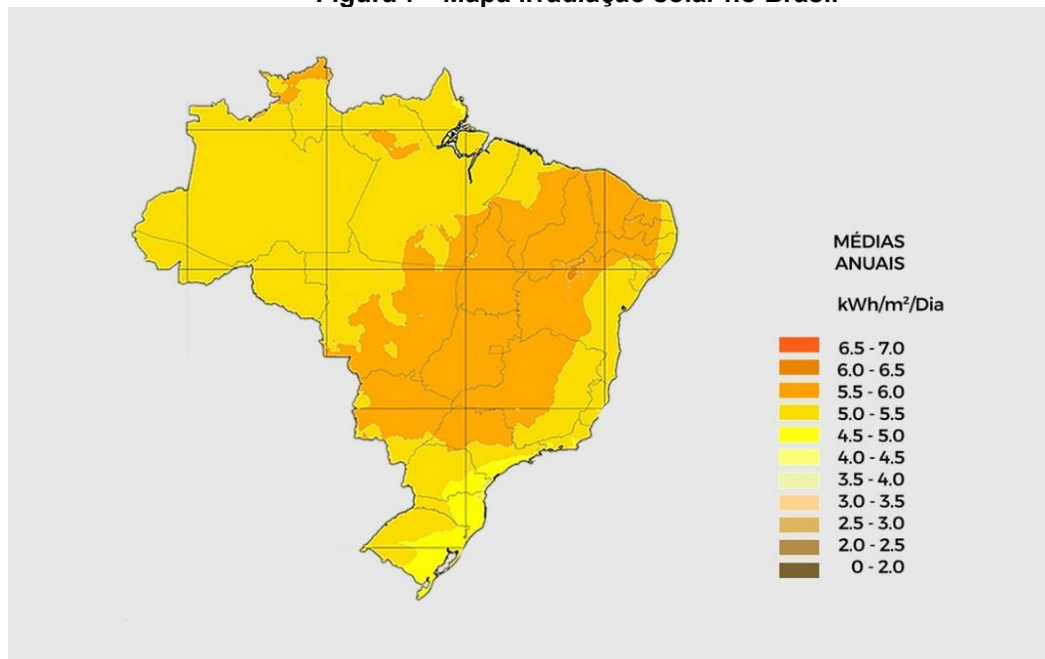
Com o passar dos anos, os sistemas fotovoltaicos foram ganhando espaço no mercado, surgindo seus modelos e subdivisões, assim como suas linhas de financiamento.

Segundo Da Rosa e Gasparin (2016), a geração de energia solar é dividida em três categorias. A geração centralizada ocorre em larga escala, geralmente em usinas solares, onde a energia gerada é distribuída por meio de linhas de transmissão. A geração isolada é utilizada em locais sem acesso à rede elétrica, e utilizam baterias para armazenamento. E a geração distribuída é o modelo conectado à rede pública, é aplicado em residências, comércios e indústrias, geralmente nesse modelo pode haver excedente de produção, esses são injetados na rede para futuras compensações.

Na geração centralizada, a produção de energia é superior a 5 megawatts (MW). Já na geração distribuída se divide em dois modelos, a microgeração, cuja potência instalada é menor ou igual a 75 kw, e a minigeração, que possui potência instalada acima de 75 kw e menor ou igual a 5 mw. Uma característica desse último modelo é que a energia gerada é consumida no local da instalação e também pode ser distribuída para outras unidades consumidoras que estejam sob o mesmo CPF ou CNPJ e façam parte da mesma concessionária (Alves, 2019).

O potencial de geração de energia fotovoltaica no Brasil é elevado, isso se deve graças a sua localização geográfica próximo à linha do Equador. Esse fator favorece a captação de radiação solar, que varia entre 4,5 e 6,0 kwh/m²/dia, dependendo da região (Pereira, 2019). Conforme a Figura 7, é possível identificar que as melhores médias de radiação estão concentradas nas regiões nordeste, centro-oeste e parte do sudeste.

Figura 7 - Mapa irradiação solar no Brasil



Fonte: Alba, 2022.

Com um bom potencial desses, não poderiam faltar as linhas de financiamento para energia solar. O Banco nacional de desenvolvimento econômico e social (BNDES) oferece algumas opções de financiamento como o Finame - Baixo Carbono, que é uma linha que financia a aquisição de energia solar e eólica, pois são fontes geradoras que contribui para a diminuição de gases de efeito estufa. O mesmo também oferece a linha Finem - Geração de energia, que é uma linha que fomenta projetos voltados a

geração de energia através de fontes renováveis (BNDES).

O Banco Nordeste também é um exemplo de instituição que oferece linhas de crédito específicas, como o FNE SOL, destinados à geração própria, e o FNE VERDE INFRAESTRUTURA, que é voltado para a geração centralizada e descentralizada. Vale ressaltar que, para o projeto ser aprovado, é necessário atender às responsabilidades socioambientais alinhadas às diretrizes do mesmo (Marques, 2024).

Na linha de financiamento FNE SOL, os períodos de carência para pagamento variam de 6 meses até 24 anos, dependendo do enquadramento do projeto. Essa linha financia até 100.000 reais, incluindo a instalação. Já o FNE VERDE INFRAESTRUTURA é um projeto voltado à recuperação do meio ambiente, que financia diversos projetos nessa área. No caso da energia solar, o prazo de carência varia de 8 a 24 anos, e o financiamento depende do porte do beneficiário. Para grandes empresas, financia apenas 50% do valor (Banco do Nordeste).

Além dessas opções, existem outras linhas de financiamento disponíveis no mercado, sendo importante analisar qual delas se encaixa melhor no seu perfil. A Caixa, Banco do Brasil e Santander também apresentam diversas alternativas de créditos (Da Silva Monteiro e Silveira).

Quanto à garantia de um sistema fotovoltaico, a confiança é levada. De forma geral, os painéis solares monocristalinos, normalmente oferecem garantia de 25 anos na maioria dos fornecedores. Além dos painéis, os componentes que integram o sistema como inversor e a estrutura de fixação, apresentam garantias que variam entre 5 e 10 anos. Vale ressaltar que, se o cliente realiza manutenções preditivas e corretivas, o sistema poderá ter uma durabilidade ainda maior (Forte, 2023).

O payback, que se refere ao tempo necessário que o sistema fotovoltaico vai levar para repor seu investimento financeiro realizado (De Souza Júnior; Ghilardi; Madruga; Alvarenga, 2019), é calculado em sua forma mais simples, pela seguinte fórmula:

$$\text{PAYBACK} = \frac{\text{VALOR INVESTIDO}}{\text{KWH GERADO} \times \text{VALOR KWH}}$$

Nesse modelo, se consegue dimensionar com quantos meses o sistema irá se pagar. Geralmente esses valores quando transformados em anos ficam na faixa entre 3 a 8 anos, dependendo da potência instalada. A seguir, farei um exemplo com

um sistema de 7,6 kwp, no valor de aproximadamente R\$ 20.000,00, com capacidade de geração de 1.000 kwh/mês e um valor do kwh de R\$ 0,86.

$$\text{PAYBACK} = \frac{20.000}{1000 \times 0,86} = 23,18$$

No entanto, esse tempo pode se estender por um ano ou mais além dos 24 meses, devido às tarifas tributárias existentes, que são muito variáveis. É necessário se somar as contribuições de iluminação pública, a tarifa mínima (custo de disponibilidade) que é de 30 kwh para monofásico, 50 kwh para bifásico e 100 kwh para trifásico, e a tarifa do fio B (TUSD), que representa o valor pago por utilizar a rede da concessionária sobre o que você injeta. Só é cobrado o valor da tarifa do fio B, quando for superior ao valor do custo de disponibilidade (Santos, 2024).

Como esses valores são muito instáveis, não é possível determinar com precisão o retorno do investimento. Por isso, calcula-se o payback e adiciona-se uma margem de erro para mais.

A tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) é calculada da seguinte forma: seu valor, segundo dados da ANEEL, é de R\$ 0,28 kwh para a equatorial - PI. Para determinar o valor referente à tarifa de cada ano, basta multiplicar esse valor pela porcentagem correspondente às tarifas do ano em questão (Tabela 1). O resultado será o valor em R\$/kwh a ser pago sobre a energia injetada na rede, que será compensada de volta na unidade consumidora.

O valor em reais que será compensado corresponde a multiplicação da quantidade de kwh pela tarifa (R\$/kwh) subtraindo a TUSD. Em outras palavras, essa taxa equivale a desvalorização do kwh gerado pelo seu sistema quando lhe for estornado em crédito na fatura.

Tabela 1 - Porcentagem referente a tarifa do fio B

Ano	Porcentagem	Fio B (R\$/kwh)
2023	15%	0,28 x 0,15= 0,042
2024	30%	0,28 x 0,30= 0,084
2025	45%	0,28 x 0,45= 0,126
2026	60%	0,28 x 0,60= 0,168
2027	75%	0,28 x 0,75= 0,210
2028	90%	0,28 x 0,90= 0,252
2029	Ainda por definir	

Fonte: Elaboração própria, baseado em Brasil. Lei N° 14.300, de 06 de janeiro de 2022

O ideal é injetar o mínimo possível na rede da concessionária. Por exemplo, se um sistema produz 800 kwh, e o consumo é de apenas 300 kwh. Quando esse valor for compensado, haverá uma seguinte taxaço: $500 \times 0,126 = \text{R\$ } 63,00$.

Por isso, é fundamental dimensionar corretamente o sistema, evitando a produção excessiva quanto a insuficiente. Manter um consumo equilibrado garante um retorno financeiro mais rápido, otimizando os benefícios do sistema.

Para dimensionamento de um sistema fotovoltaico, é importante considerar as perdas, que ocorrem devido a diversos fatores, como sujeira acumulada, sombreamento ou má inclinação dos módulos, perda por calor na fiação e inversor. Somando todos esses fatores, estima-se uma perda entre 15% e 25% (PEREIRA, 2019).

A seguir, será considerado novamente o valor de 1000 kwh/mês para demonstrar como encontrar o valor da potência em kwp de um sistema fotovoltaico:

$$\begin{aligned} \text{KWH/mês} &= \text{KWP} \times \text{IS} \times \text{N} \times \text{FP} \\ 1000 &= \text{KWP} \times 5,5 \times 30 \times 0,80 \\ \text{KWP} &= 7,6 \end{aligned}$$

Onde:

KWP - kilowatt-pico

IS - Incidência solar

N - Dias do mês

FP - Fator de perda

Essa seria a potência em kwp ideal para suprir a demanda necessária, considerando que a incidência solar no Piauí é 5,5 kwh/m²/dia, com um fator de perda de 20%, resultando em uma produtividade de 80%.

Prosseguindo, será calculado o retorno desse sistema em uma tabela, considerando o valor do sistema de R\$ 20.000,00, e o valor da energia da concessionária de R\$ 0,86 kwh. Vale destacar que a energia injetada geralmente em finais de semana quando não há consumo, quando é compensado de volta é descontado a TUSD, como já explicado anteriormente:

Tabela 2 – Dados projeção da economia

MÊS	JUN	JUL	AGO	TOTAL	MÉDIA
TOTAL KWH CONSUMIDO	1200	1000	1300	3400	1166,67
PRODUÇÃO TOTAL GERADA (KWH)	1000	1000	1000	3000	1000
AUTOCONSUMO (KWH)	600	700	800	2100	700
AUTOCONSUMO (R\$)	516	602	688	1806	602
DEVOLUÇÕES (KWH)	400	300	200	900	300
DEVOLUÇÕES (R\$) – TAXA TUSD	293,60	220,20	146,80	660,60	220,20
TAXA TUSD	50,40	37,80	25,20	113,40	37,80
ENERGIA FORNECIDA CONCESSIONÁRIA	600	300	500	1400	466,67
ECONOMIA EM (R\$)	809,60	822,20	834,80	2466,60	822,20
VALOR A SER PAGO, SEM AS TARIFAS (R\$)	222,40	37,80	283,20	543,40	181,13

Fonte: Elaboração própria (2025).

Com a análise dessa Tabela 2, confirma-se o payback calculado anteriormente, pois, ao multiplicarmos a média de economia por 24 meses, encontramos o valor de R\$ 20.000,00, que corresponde ao investimento realizado. Uma curiosidade é que, quanto maior for a geração do sistema, mais rápido será o retorno financeiro.

No entanto, como já mencionado, a conta final pode apresentar valores mais elevados devido às tarifas em que os valores são imprevisíveis, como a iluminação pública e outros encargos incidentes sobre energia injetada e consumida, como PIS, COFINS e ICMS. Contudo tais custos não comprometem o retorno de investimento deixando o inviável, pois só o autoconsumo já proporciona uma economia consistente, confirmando a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico.

2.4 ESTUDOS E EXPERIÊNCIAS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

No Brasil, existem diversos exemplos de instituições de ensino e órgãos públicos e privados que adotaram a utilização da energia fotovoltaica, obtendo benefícios positivos. A instalação desses sistemas tem proporcionado reduções de custos com energia elétrica, permitindo utilizar os recursos economizados em outras áreas para garantir um funcionamento mais eficiente, além de contribuir para a conscientização social e ambiental ao se utilizar uma fonte sustentável.

Com base nos dados coletados no IFPI Campus Floriano, o sistema fotovoltaico da instituição tem gerado um excelente retorno financeiro. Além da economia significativa na conta de energia, estima-se que o investimento feito na instalação do sistema seja recuperado em pouco mais de 10 anos de operação, tornando-se uma solução viável e sustentável a longo prazo.

A adoção do sistema também tem contribuído para a redução da emissão de gases no meio ambiente. Em apenas 3 anos, o Campus Floriano conseguiu reduzir em 555 toneladas a emissão de CO₂, evidenciando assim a sustentabilidade da matriz energética.

Da mesma forma, de acordo com De Araújo (2022), o Instituto Federal do Ceará (IFCE) Campus Maracanaú, que possui um sistema instalado de 13,6 kwp, conseguiu evitar a emissão de 4,19 toneladas de CO₂ ao longo de 6 anos.

Quanto à viabilidade financeira, diversos estudos como o de Silva, Silva, Carvalho, Pereira, Carvalho, Moura e Mendes (2023) demonstram que a instalação de sistemas fotovoltaicos é viável tanto em universidade, quanto em empresas e residências. Embora existam custos iniciais, a economia na conta de energia permite recuperar o investimento bem antes do prazo de garantia dos painéis, normalmente fixado em 25 anos. Dessa forma, o retorno financeiro comprova eficácia do sistema na redução dos custos.

Complementarmente, Soares, De Nadar e Do Nascimento (2021), analisaram a viabilidade financeira de implantar um sistema na Instituição de Ensino Superior (ISE) no Ceará, e ao finalizarem seu estudo, concluiu que a instituição obteria um excelente retorno financeiro ao instalar o sistema, além de promover benefícios ambientais ao utilizar uma fonte de energia renovável. Os autores finalizam seu estudo afirmando que a prática poderia ser adotada para os demais Campi, contribuindo para uma gestão financeira mais eficiente dos recursos públicos.

Batista e Lima (2022), realizaram uma análise de viabilidade no Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT), e confirmaram que o projeto oferece vantagens para a instituição. Segundo os autores, a viabilidade se dá desde o pagamento a vista, quanto para o financiamento de 6 anos, confirmando retorno e lucratividade na aquisição de um sistema solar. Ademais, destacaram os ganhos ambientais proporcionados à instituição pública.

De Souza, Silva e Ferretti (2024), avaliaram a viabilidade para implementação de um sistema solar em um estacionamento de uma instituição de ensino pública do Espírito Santo e obtiveram resultados positivos. Além disso, aplicaram um questionário para saber a aceitação dos discentes, dos quais a maioria considerou importante investir nessa tecnologia por inúmeros motivos, assim contribuindo para um futuro mais promissor.

Essa fonte de geração não se mostra rentável apenas em instituições de ensino, mas também para órgãos públicos. Gavioli, Frederico, Pereira e Albareba (2021) comprovaram, ao analisar a implementação em um hospital público de Curitiba, que o investimento apresenta viabilidade, com um retorno em apenas 13 anos, evidenciando resultados animadores.

Dessa forma, os estudos comprovam que independentemente da região onde há variações de incidência solar, fornecedores e concessionária de energia diferentes, a implantação de sistemas solares torna-se rentável, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental. Além disso, demonstra uma tecnologia para uma aplicação e gestão mais eficiente dos recursos públicos em instituições.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos metodológicos para a produção deste estudo, que teve por objetivo avaliar a sustentabilidade e a viabilidade financeira da implementação de um sistema fotovoltaico no IFPI Campus Oeiras. Através desta pesquisa buscou-se aprofundar os conhecimentos sobre o tema, e por meio da análise científica construir soluções, buscando tecnologias que possam aprimorar as instituições de ensino (Neves; Domingues, 2007).

Por meio da ciência, é possível comprovar a veracidade dos fatos, e o presente estudo buscou desenvolver uma investigação objetiva, minimizando a subjetividade, coletando dados de forma sistêmica e organizada (Gil, 2021). Dessa forma o que se pretendeu foi oferecer resultados consistentes para a aplicação da energia fotovoltaica, contribuindo para o desenvolvimento e a excelência na incorporação de práticas sustentáveis na instituição.

A abordagem metodológica que foi empregada neste trabalho foi qualitativa e quantitativa, com objetivo exploratório e descritivo, e natureza aplicada. Tratou-se de uma pesquisa documental, sustentada na análise de dados, complementada por uma revisão bibliográfica que permitiu fundamentar o estudo.

3.1 ABORDAGEM DA PESQUISA

A pesquisa possuiu uma abordagem qualitativa e quantitativa. A qualitativa, segundo Vieira (2012), é um modelo em que o autor deve limpar o que pensa para poder ter uma capacidade de observação mais ampla, e um modelo que foge de se testar hipóteses. O autor deve imergir no objeto do estudo, o que se busca é descrições detalhadas das variáveis, para possibilitar uma interpretação mais holística.

Ou seja, tratou-se de um método em que se buscou uma compreensão profunda do objeto estudado. No contexto da energia fotovoltaica, essa abordagem permitiu compreender não apenas os seus aspectos de viabilidade financeira e sustentabilidade, mas também sua aplicabilidade em instituições, considerando seus diferentes modelos.

Já a pesquisa quantitativa, o que se pretende explicar os fenômenos a partir de dados mensuráveis, permitindo identificar causas, consequências e inter-relações entre os objetos do estudo (Vieira, 2012).

No contexto deste estudo, utilizou-se a metodologia quantitativa quando buscou aplicar os fenômenos relacionados à viabilidade financeira da implantação de um sistema fotovoltaico na instituição, baseando-se em dados mensuráveis. Contudo, a pesquisa se fundamentou exclusivamente na obtenção desses dados por meio de fontes documentais, como faturas de energias, normativas do setor elétrico, e estudos de casos já aplicados, dispensando a aplicação de questionário ou entrevista.

Trata-se de uma pesquisa documental, em que através da análise de documentos se constrói um conhecimento. Nesse modelo de pesquisa se utilizam dados primários e secundários, vale ressaltar que esses dados primários devem se tomar cuidado, pois não possuem tratamento científico, e eles variam desde a forma escrita a não escrita. Podem ser as fontes: documentação impressa; documentação eletrônica; documentação gráfica; documentação audiovisual; e materiais diversos (Fontana; Pereira, 2023).

Através da análise documental, o trabalho buscou construir dados por meio da reunião de informações desses diferentes meios, contribuindo para uma compreensão ampla do tema. Dessa maneira, o estudo ofereceu base para permitir a tomada de decisão sobre a adoção dessa matriz energética considerando seus benefícios ao IFPI Campus Oeiras.

O objetivo deste estudo foi exploratório e descritivo. Segundo Vieira (2012), uma pesquisa de caráter exploratório busca levantar dados e explorar temas que ainda não foram amplamente estudados, oferecendo uma base para investigação mais aprofundada no futuro. Além disso, o estudo é descritivo, pois visa analisar as informações, levantando dados e informações, para a utilização de um produto.

Se classificou como uma pesquisa aplicada, pois segundo Markoni e Lakatos (2002), se caracterizou pelo seu foco prático, ou seja, buscou-se que os resultados obtidos sejam aplicados para solucionar gargalos que podem ser evitados.

Nesse estudo, a aplicação esteve relacionada à implementação da energia fotovoltaica. Através dos insights sobre os benefícios gerais dessa tecnologia, buscou-se viabilizar a adoção na instituição com o objetivo de aprimorar seu desenvolvimento.

3.2 OBJETO DA PESQUISA

O objeto deste estudo foi a avaliação da sustentabilidade ambiental e viabilidade financeira de instalação de um sistema de energia fotovoltaica no IFPI

Campus Oeiras. Buscou-se compreender quais os benefícios associados a essa tecnologia e como essa solução pôde contribuir para a sustentabilidade ambiental, além de analisar sua viabilidade financeira para implementação, buscando gerar economia para ser aplicada em melhorias na infraestrutura e em serviços e programas da instituição.

3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Por se tratar de uma pesquisa de caráter documental, não houve envolvimento direto de participantes por meio de entrevista ou aplicação de questionários. No entanto, foram utilizadas informações de pesquisadores e autores de publicações, além de informações extraídas de sites institucionais e associados do setor. Ademais foram incluídas experiências de instituições que já implementaram o sistema fotovoltaico, como IFPI Campus Floriano, que contribuiu com seus dados para o embasamento e análise.

Adicionalmente, foram considerados, para a análise do estudo, três orçamentos obtidos junto a empresas do setor, denominadas neste trabalho como A, B e C, os quais serviram de bases para a avaliação da sustentabilidade e da viabilidade financeira.

3.4 INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Foi uma fase crucial para garantir a qualidade da pesquisa, pois buscou reunir informações através do estudo aprofundado. A partir desses dados, realizaram-se análises detalhadas que embasaram o desenvolvimento do estudo e possibilitaram identificar as respostas para a problemática (Olsen, 2015).

Segundo Gil (2021), os dados podem ser coletados através de arquivos, análise de documentos e avaliação de artefatos físicos, visto que é uma pesquisa de caráter documental, pode se utilizar de materiais que contenham suporte para as informações.

Na coleta de dados foram utilizados documentos escritos e não escritos para a análise, empregando várias ferramentas metodológicas. Inicialmente, realizou-se uma ampla revisão bibliográfica, envolvendo levantamento de artigos, livros, teses, dissertações e publicações especializadas através do Google acadêmico, esses relacionados a energia fotovoltaica, sustentabilidade, viabilidade financeira e

metodologias, inclusos no referencial.

Além disso, foi utilizada a consulta a documentos oficiais, agência reguladora como a ANEEL, a sites oficiais da energia fotovoltaica como a ABSOLAR, bem como dados estatísticos e projetos disponibilizados por instituições financeiras, como o BNDES e o Banco do Nordeste.

Complementarmente, foram solicitados por e-mail, os dados relativos à implementação do sistema fotovoltaico do IFPI Campus Floriano, os quais foram armazenados no google drive para possibilitar a análise dos resultados e contribuir com o estudo. Da mesma forma, foi requisitado o histórico de consumo de energia do IFPI Campus Oeiras durante um ano, bem como a verba destinada aos pagamentos, registros estes também os quais também foram armazenados no google drive para desenvolvimento da pesquisa.

Finalizando, foi solicitado três orçamento referente à aquisição do sistema fotovoltaico para o IFPI, já incluso o projeto, os equipamentos e a mão de obra, para se analisar o valor gasto e calcular sua viabilidade.

Diante disso, a pesquisa possuiu uma base sólida, fundamentada na análise de caso de sucesso existente, e que com a combinação da revisão bibliográfica permitiu assegurar embasamento e a aplicação prática dos resultados.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Como já citado, a abordagem foi por meio da combinação entre quantitativa e qualitativa. Na quantitativa os dados foram analisados a partir dos históricos de consumo do IFPI Campus Oeiras. Com base nessas informações, estimou-se a demanda de energia da instituição, dimensionou-se a potência do sistema a ser instalado, avaliou-se o custo da instalação e, por fim, calculou-se a sua viabilidade.

Esses retornos se deram através do cálculo do payback e do retorno sobre o investimento (ROI). O payback forneceu a quantidade de meses em que o sistema se pagaria, seu cálculo em sua forma mais simples é representado pela seguinte formula:

$$\text{PAYBACK} = \frac{\text{VALOR INVESTIDO}}{\text{KWH GERADO X VALOR KWH}}$$

E o ROI, conforme explicado por Januário (2021), calcula a taxa média de

rentabilidade, trata-se de uma ferramenta poderosa de análise do retorno obtido com o investimento, é calculada da seguinte forma: $((\text{retorno obtido} - \text{custo do investimento}) \div \text{custo do investimento}) \times 100$.

Aplicada ao estudo, ela forneceu o resultado de quantos reais se obtém a cada real investido, ou a porcentagem do retorno sobre o valor investido. Alinhando-se ao payback forneceu uma avaliação clara da rentabilidade.

Com esses dados obtidos foi realizado uma comparação com os dados do IFPI Campus Floriano, cujos resultados reais ajudaram a validar os cálculos e as projeções financeiras do IFPI Campus Oeiras.

Na qualitativa, foi realizada a interpretação destes dados documentais, pois com a revisão bibliográfica já realizada no Referencial Teórico, permitiu analisar os aspectos sustentáveis e a aplicabilidade do estudo contribuindo para uma visão mais abrangente.

Com base nesses resultados, o estudo sugere a importância da criação de uma política pública institucional de incentivo ao uso da energia fotovoltaica, considerando que o IFPI ainda não dispõe de diretrizes que fomentem a adoção dessa tecnologia. A formulação de políticas nesse sentido pode fortalecer a expansão de projetos semelhantes tanto no IFPI, quanto em outras instituições públicas de ensino.

Por fim, ao considerar a criação de uma política pública voltada a essa estratégia, o estudo também evidenciou de que formas a economia gerada pela redução dos custos com energia pode ser utilizada na manutenção da infraestrutura, bem como em serviços e programas do IFPI Campus Oeiras.

3.6 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Buscando garantir a qualidade dos dados, todos foram analisados cuidadosamente para garantir eficiência e eficácia do estudo. A revisão bibliográfica já realizada no Referencial Teórico serviu de base para interpretar as informações obtidas na realização dos cálculos de viabilidade.

Ao serem obtidos os dados sobre o IFPI Campus Floriano e o IFPI Campus Oeiras, estes dados foram armazenados no drive e utilizados para construir uma planilha de Excel organizando as informações sobre consumo, demanda, horário consumo no horário de ponta e fora de ponta. No caso do IFPI de Floriano, foi utilizado essa tabela para se ter referência sobre o retorno do investimento.

Além disso, foi realizado o cálculo de dimensionamento do sistema fotovoltaico, a partir do qual foram solicitados três orçamentos referentes à aquisição do sistema solar, abrangendo o projeto, os equipamentos e a mão de obra. Com base nesses dados, foram elaboradas tabelas que apresentam o consumo, a projeção de economia ao longo de um ano, a análise do payback, do ROI e da contribuição para a sustentabilidade. Para isso, foram utilizadas ferramentas como Microsoft Excel, Google drive e e-mail para solicitação de dados.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Neste capítulo, serão apresentados os dados coletados a partir de documentos do IFPI Campus Oeiras, que são essenciais para analisar seu histórico de consumo energético, a geração fotovoltaica necessária para atender sua demanda, o custo de aquisição e como é a experiência de outra instituição que já tem essa tecnologia consolidada.

4.1 HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA

Durante o ano de 2023, o IFPI Campus Oeiras apresentou um consumo médio mensal de aproximadamente 23.316 kwh. Já em 2024, esse valor foi reduzido para cerca de 21.993 kwh, conforme demonstram os dados obtidos nas faturas de energia elétrica. Esse consumo resulta em custos expressivos para a instituição, que podem ser evitados através da implantação de um sistema solar. A Tabela 3 apresenta o detalhamento desse consumo.

Tabela 3 – Consumo energia elétrica IFPI Campus Oeiras

	Horário Ponta (kwh)	Horário Fora Ponta (kwh)	Total Kwh	Valor Em R\$
Média ano de 2023			23.316	
Janeiro	1.497,40	10.958,31	12.455,71	R\$ 18.049,82
Fevereiro	2.317,15	19.172,39	21.489,54	R\$ 26.491,75
Março	3.252,61	20.120,85	23.373,46	R\$ 31.279,33
Abril	2.323,38	15.015,43	17.338,81	R\$ 23.369,21
Maio	1.076,25	8.344,48	9.420,73	R\$ 15.483,04
Junho	1.157,10	9.311,01	10.468,11	R\$ 16.170,40
Julho	4.298,52	26.275,67	30.574,19	R\$ 40.640,94
Agosto	4.794,37	29.706,38	34.500,75	R\$ 42.519,39
Setembro	2.999,56	20.442,35	23.441,91	R\$ 31.617,47
Outubro	3.493,85	20.674,98	24.168,83	R\$ 35.905,36
Novembro	4.629,55	29.617,74	34.247,29	R\$ 44.145,73
Dezembro	3.161,59	23.815,99	26.977,58	R\$ 29.990,36
Total de 2024	35.001,33	233.455,58	268.456,91	R\$ 355.662,80
Média de 2024	2.916,78	19.454,63	22.371,41	R\$ 29.638,57

Fonte: Elaboração própria (2025).

A partir desta tabela, entendemos a necessidade de ser analisado uma solução para tais gastos. Devido ao seu enquadramento, o IFPI Campus Oeiras é uma unidade consumidora do grupo A, na qual há consumo no horário de ponta e fora de ponta. Segundo a Equatorial Piauí (2025), no horário de ponta a energia elétrica é mais cara, estendendo-se das 17h30 às 20h29, e mais barata no horário fora de ponta, que vai das 20h30 às 17h29.

Portanto, considerando o horário de funcionamento do Campus, das 7h00 às 22h00, observa-se que o maior período do seu consumo ocorre no horário fora de ponta, quando o custo da energia é menor. Entretanto, ainda assim há consumo em todo o intervalo de ponta, em que o custo é elevado. Assim, é necessário reforçar a importância de dimensionar adequadamente a geração fotovoltaica, de modo a gerar energia suficiente para compensar o consumo nesse horário de ponta, respeitando os critérios de enquadramento regulamentado do grupo A.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Conforme a ANEEL, Resolução Normativa nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023, a geração do sistema fotovoltaico não pode ser superior a demanda contratada. Caso isso ocorra, a unidade consumidora é quem arca com as despesas necessárias para ajustar a rede elétrica, inclusive em casos de necessidade de troca de equipamentos, ou fica sujeita a multas até a regularização.

Com isso, conforme dados coletados, a demanda contratada do IFPI Campus Oeiras é de 160 kw. Dessa forma, será calculado quanto um sistema solar com essa mesma potência é capaz de gerar em kwh por mês, utilizando a fórmula de dimensionamento apresentada no Referencial Teórico.

$$\begin{aligned} \text{KWH/mês} &= \text{KWP} \times \text{IS} \times \text{N} \times \text{FP} \\ \text{KWH/mês} &= 160 \times 5,5 \times 30 \times 0,80 \\ \text{KWH/mês} &= 21.120 \end{aligned}$$

Portanto, verifica-se que um sistema fotovoltaico com potência de 160 kwp, respeitando a limitação da demanda contratada e considerando o fator de perda, é capaz de gerar aproximadamente 21120 quilowatts horas por mês. Embora esse valor

não seja equivalente à média anual de consumo do campus, é importante destacar que em determinados meses a geração pode ser superior especialmente quando as perdas forem menores.

Nesse sentido, vale destacar que a variável de perda foi considerada de forma superdimensionada, o que significa que, na prática, a perda pode ser menor do que a estimada no cálculo. Dessa forma, existe a possibilidade de que, em alguns períodos, a produção de energia alcance ou até mesmo ultrapassar a média mensal de consumo da instituição.

Com o sistema devidamente dimensionado, é importante agora direcionar a análise para o viés econômico e estrutural, buscando avaliar os custos estimados para a aquisição, bem como os materiais e a área estrutural necessária para a instalação de um sistema fotovoltaico com essa potência.

4.3 ORÇAMENTOS

Conforme o art. 23, inciso IV, da lei nº 14133 de 2021, na pesquisa direta deve-se, no mínimo, solicitar três orçamentos de fornecedores diferentes para garantir que os preços estejam em conformidade com os aplicados no mercado. Este procedimento permite que se garanta uma maior segurança nos orçamentos, assim como também optar por aquele que melhor ofereça um equilíbrio entre custo e benefícios (Brasil, 2021).

Com isso, foram solicitados orçamentos nas empresas A, B e C. A empresa A disponibilizou um orçamento no valor de R\$ 313.000,00, com potencial de 159,30 kwp, gerando mensalmente um total de 21.027 kwh. A proposta inclui 270 módulos fotovoltaicos de 590 watts, dois inversores de 60 kwp e uma estrutura para telhado de zinco, ocupando uma área de 720 metros quadrados (m²) para instalação. Além disso, a empresa disponibiliza garantia de 10 anos para os inversores e, no caso dos módulos, 12 anos para o produto e 30 anos para a geração linear. A proposta detalhada encontra-se no Anexo A.

Já a empresa B, por sua vez, forneceu um orçamento no valor de R\$ 309.894,60, com potencial de 160 kwp e geração mensal estimada de 21.160 kwh. Nesse valor está incluído 279 módulos fotovoltaicos de 575 watts, dois inversores (um de 110 kwp e outro de 75 kwp), e estrutura para telhado de zinco que ocupará uma área de 740 m². Em relação a garantia, a empresa fornece 10 anos para os inversores,

e para os módulos 15 anos do produto e 25 da garantia de desempenho. A proposta completa pode ser consultada no Anexo B.

Por fim, a empresa C entregou uma proposta no valor de R\$ 295.000,00, também com potencial de 160 kwp, e produção mensal estimada em 21.160 kwh. O orçamento envolve 267 painéis de 600 watts, dois inversores de 60 kwp, além de uma estrutura para telhado de zinco ocupando uma área de 738 m². Contudo, diferentemente das demais, esta empresa não disponibilizou informações sobre a garantia de seus produtos. O conteúdo da proposta está apresentado no Anexo C.

Portanto, todos os orçamentos apresentados oferecem soluções compatíveis com a realidade do IFPI Campus Oeiras, cabendo, a partir disso, analisar qual deles apresenta o melhor custo-benefício em termos de qualidade e preço. Com os valores apurados e as respectivas capacidades de geração definidas, iniciaremos a próxima etapa, que consiste na análise da projeção de economia que cada proposta está apta a proporcionar.

4.4 PROJEÇÃO DE GERAÇÃO E ECONOMIA

A partir dos dados levantados sobre o consumo de energia, a geração necessária e os valores orçamentários obtidos, torna-se possível estimar o tempo de retorno do investimento que um sistema fotovoltaico pode proporcionar ao IFPI Campus Oeiras. No entanto, é importante destacar que não é possível definir com precisão em quanto tempo esse retorno ocorrerá, pois existe uma série de fatores externos que influenciam e variam ao longo dos anos, como mudanças nas bandeiras tarifárias e reajustes de impostos.

Com base na Resolução Normativa nº 1.000, de 2021, da ANEEL, como o IFPI Campus Oeiras pertence ao grupo tarifário A4, a compensação de energia gerada por um sistema fotovoltaico segue uma ordem específica. Inicialmente, toda a energia gerada é compensada do consumo no horário fora de ponta (FDP). Após zerar esse consumo, a geração excedente é então utilizada para abater o consumo no horário de ponta. No entanto, como o valor do kwh do horário de ponta é mais alto, é necessário fazer uma conversão para encontrar o valor equivalente. Esse ajuste é feito dividindo o valor do kwh do horário FDP pelo valor do kwh do de ponta, resultando assim no fator de equivalência.

Outro ponto relevante é que, segundo a ANEEL, mesmo com o sistema

fotovoltaico instalado, a instituição deve arcar obrigatoriamente com o pagamento da demanda contratada, que é de 160 kw mensais. Portanto, para realizar a projeção de economia, serão considerados seguintes valores médios: R\$ 50,00 por quilowatt de demanda contratada, R\$ 0,50 por kwh fora de ponta, R\$ 3,80 por kwh no horário de ponta, e R\$ 0,13 como valor equivalente do kwh FDP convertido para o horário de ponta.

Diante disso, será utilizado o ano de 2024 como referência, permitindo uma simulação de quanto teria sido economizado caso já existisse um sistema fotovoltaico em operação naquele período. Com isso, busca-se avaliar os benefícios econômicos que essa tecnologia tem a oferecer a instituição. A Tabela 4, a seguir, apresenta o atual gasto estimado que se teve, considerando os valores aproximados mencionados no parágrafo anterior.

Tabela 4 – Valor fatura sem energia fotovoltaica

MÊS	Ponta (kwh)	Ponta (R\$)	FDP (kwh)	FDP (R\$)	Demanda (KWH)	Demanda (R\$)	Valor fatura (R\$)
JAN	1.497,40	5.690,12	10.958,31	5.479,56	160	8.000,00	19.169,68
FEV	2.317,15	8.805,17	19.172,39	9.586,20	160	8.000,00	26.391,37
MAR	3.252,61	12.359,92	20.120,85	10.060,43	160	8.000,00	30.420,35
ABR	2.323,38	8.828,84	15.015,43	7.507,72	160	8.000,00	24.336,56
MAI	1.076,25	4.089,75	8.344,48	4.172,24	160	8.000,00	16.261,99
JUN	1.157,10	4.396,98	9.311,01	4.655,51	160	8.000,00	17.052,49
JUL	4.298,52	16.334,38	26.275,67	13.137,84	160	8.000,00	37.472,22
AGO	4.794,37	18.218,61	29.706,38	14.853,19	160	8.000,00	41.071,80
SET	2.999,56	11.398,33	20.442,35	10.221,18	160	8.000,00	29.619,51
OUT	3.493,85	13.276,63	20.674,98	10.337,49	160	8.000,00	31.614,12
NOV	4.629,55	17.592,29	29.617,74	14.808,87	160	8.000,00	40.401,16
DEZ	3.161,59	12.014,04	23.815,99	11.907,99	160	8.000,00	31.922,03
TOTAL 2024	35.001,33	133.005,06	233.455,58	116.728,22	1.920	96.000,00	332.608,58

Fonte: Elaboração própria (2025).

Dessa forma, observa-se que o custo anual com energia elétrica é significativamente elevado. Esse cenário servirá como base para projetar simulações com os orçamentos adquiridos, permitindo, assim, visualizar a economia que poderá ser obtida com a adoção de um sistema solar.

Costa et al. (2020), destacam que, embora os custos iniciais de instalação sejam elevados, essa tecnologia contribui para mitigar os gastos elevados com energia elétrica. Isso ocorre porque o sistema proporciona uma geração gratuita que se estende por vários anos, permitindo não apenas o retorno do investimento, mas também a possibilidade de lucro ao longo do tempo. Além disso, trata-se de uma solução com baixo custo de manutenção. No estudo realizado pelos autores, foi demonstrada a viabilidade da tecnologia para sanar custos similares aos enfrentados pelo IFPI Campus Oeiras, tendo como base uma faculdade onde se obteve retornos positivos.

A seguir, será utilizado o orçamento fornecido pela empresa A para a elaboração da Tabela 5, com o objetivo de levantar dados sobre essa economia que pode ser gerada pela proposta oferecida. No abate na ponta, será descontado o valor da TUSD, que corresponde a R\$0,084 por kwh compensado em 2024, conforme mencionado no Referencial Teórico.

Tabela 5 – Economia gerada pelo orçamento empresa A

MÊS	Geração Mensal (Kwh)	Abate FDP (kwh)	Abate FDP (R\$)	Abate ponta (kwh)	Abate Ponta (R\$)	Saldo (kwh)	Valor economizado
JAN	21.027	10.958,31	5.479,56	1.308,93	4.863,98	0	10.343,54
FEV	21.027	19.172,39	9.586,20	241,10	895,93	0	10.482,13
MAR	21.027	20.120,85	10.060,43	117,80	437,74	0	10.498,17
ABR	21.027	15.015,43	7.507,72	777,99	2.891,01	0	10.398,73
MAI	21.027	8.344,48	4.172,24	1.076,14	3.999,34	4.404,52	8.171,58
JUN	21.027	9.311,01	4.655,51	1.157,10	4.299,78	7.219,74	8.955,29
JUL	21.027	26.275,67	13.137,84	256,24	952,19	0	14.090,03
AGO	21.027	21.027	10.513,50	0	0	0	10.513,50
SET	21.027	20.442,35	10.221,18	76	282,42	0	10.503,60
OUT	21.027	20.674,98	10.337,49	45,76	170,05	0	10.507,54
NOV	21.027	21.027	10.513,50	0	0	0	10.513,50
DEZ	21.027	21.027	10.513,50	0	0	0	10.513,50
TOTAL 2024	252.324	213.396,47	106.698,67	5.057,06	18.792,44	0	125.491,11

Fonte: Elaboração própria (2025).

Observa-se que a proposta da empresa A tem potencial para produzir uma economia anual de aproximadamente R\$ 125.491,11. Esse valor foi calculado com

base em padrões médios, os quais estão sujeitos a variações ao longo do tempo. Isso se deve a possíveis oscilações na geração, bem como a eventuais reajustes nas tarifas dos horários de ponta, FDP e demanda contratada, cujas alterações não seguem uma lógica previamente possível de se estabelecer.

Em sequência, será analisada a proposta das empresas B e C, pois ambas apresentam a mesma geração de kwh mensais. Essa produção será utilizada como parâmetro para elaboração da Tabela 6, permitindo uma análise da otimização financeira das condições oferecidas. Serão mantidos os critérios utilizados na construção da tabela anterior.

Tabela 6 – Economia gerada pelos orçamentos das empresas B e C

MÊS	Geração Mensal (Kwh)	Abate FDP (kwh)	Abate FDP (R\$)	Abate ponta (kwh)	Abate Ponta (R\$)	Saldo (kwh)	Valor economizado
JAN	21.160	10.958,31	5.479,56	1.326,22	4.928,24	0	10.407,80
FEV	21.160	19.172,39	9.586,20	258,39	960,18	0	10.546,38
MAR	21.160	20.120,85	10.060,43	135,09	501,99	0	10.562,42
ABR	21.160	15.015,43	7.507,72	798,79	2.968,30	0	10.476,02
MAI	21.160	8.344,48	4.172,24	1.076,15	3.998,97	4.536,85	8.171,21
JUN	21.160	9.311,01	4.655,51	1.157,10	4.299,78	7.485,08	8.955,29
JUL	21.160	26.275,67	13.137,84	308,02	1.144,61	0	14.282,45
AGO	21.160	21.160,00	10.580,00	0	0	0	10.580,00
SET	21.160	20.442,35	10.221,18	93,29	346,66	0	10.567,84
OUT	21.160	20.674,98	10.337,49	63,05	234,29	0	10.571,78
NOV	21.160	21.160,00	10.580,00	0	0	0	10.580,00
DEZ	21.160	21.160,00	10.580,00	0	0	0	10.580,00
TOTAL 2024	253.920	213.795,47	106.898,17	5216,10	19.383,02	0	126.281,19

Fonte: Elaboração própria (2025).

Com base no exposto, os orçamentos das empresas B e C podem proporcionar uma economia anual de aproximadamente R\$ 126.281,19. Esse valor representa uma redução significativa nos custos, evidenciando que todos os orçamentos proporcionam uma economia potencial. Vale destacar que esses valores podem sofrer reajustes devido à instabilidade do valor kwh ao longo dos anos, como explicado no Referencial Teórico. Assim, cabe analisar apenas as demais condições não financeiras que estão associadas às alternativas.

4.5 DADOS DO IFPI CAMPUS FLORIANO

Com base nos dados coletados do IFPI Campus Floriano, foi possível reunir informações sobre o sistema fotovoltaico instalado na instituição, abrangendo desde o investimento realizado até os resultados concretos obtidos na prática.

O sistema solar foi instalado em maio de 2016, com uma potência de 150 kwp, o que, segundo a instituição, não é suficiente para atender sua demanda total, que é de 250 kwp. Mesmo assim, representa um avanço importante para o viés econômico, social e sustentável. O projeto trouxe consigo uma visibilidade positiva tanto para o campus quanto para o IFPI como um todo, sendo o primeiro sistema de minigeração do estado do Piauí. Isso estimulou pesquisas científicas, palestras, além da criação de laboratório e disciplinas voltadas para a área.

No período em que ocorreu a licitação, o investimento necessário para se adquirir um sistema fotovoltaico era bastante elevado, já que a tecnologia ainda era relativamente nova no Brasil. Para se ter uma ideia, a primeira Resolução Normativa da ANEEL que tratava do assunto foi a nº 482/2012, a qual regulamentou os sistemas de microgeração e minigeração distribuída no país. O projeto licitado para o campus teve um valor de R\$ 1.150.000,00, que tinha como planejamento obter resultados promissores.

Do ponto de vista sustentável, após três anos de funcionamento, o sistema proporcionou uma redução na emissão de CO₂ equivalente a 555 toneladas na atmosfera, o que evidencia o caráter ecológico de sua geração. No aspecto financeiro, no mesmo período, foi registrada uma economia de R\$ 424.710,46 nas faturas de energia da instituição.

Portanto, esses dados não apontam só a viabilidade de adoção de sistemas fotovoltaicos, mas também se trata de uma estratégia eficiente e eficaz para instituições, sejam elas públicas ou privadas, que buscam redução de custos e compromisso com a sustentabilidade, sustentando, assim, a viabilidade de instalação no IFPI Campus Oeiras.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA

A seguir, quantifica-se o tempo de retorno do investimento e como ferramenta adotou-se o payback, que indica em meses o período em que o investimento se torne equivalente à soma das economias mensais, e o ROI, que expressa em percentual a taxa de retorno anual sobre o investimento realizado.

Adiante, a Tabela 7 apresenta o cálculo do payback com base nos dados coletados nos orçamentos, referentes ao valor do investimento e à geração mensal, considerando o valor médio do kwh FDP calculado na Seção 4.4. A fórmula utilizada foi exposta na Seção 3.5.

Tabela 7 – Cálculo do payback

Empresa	Investimento (R\$)	Geração Mensal (kwh)	Payback (meses)
A	313.000,00	21.027	$\text{PAYBACK} = \frac{313.000}{21.027 \times 0,50} = 29,77$
B	309.894,60	21.160	$\text{PAYBACK} = \frac{309.894,60}{21.160 \times 0,50} = 29,29$
C	295.000,00	21.160	$\text{PAYBACK} = \frac{295.000}{21.160 \times 0,50} = 27,88$

Fonte: Elaboração própria (2025).

Pode-se observar que todos os orçamentos apresentam um retorno na faixa de 28 a 30 meses, do mais rápido ao mais lento, o que corresponde a aproximadamente 2 anos e 6 meses. Isso reflete uma margem bastante positiva, considerando que os painéis possuem, em média, 25 anos de garantia de geração linear, conforme indicado nos orçamentos. Dessa forma, o sistema proporcionará um longo período de aproveitamento econômico.

Reforçando essa ideia, De Souza Júnior, Ghilardi, Madruga e Alvarenga (2019), em seu estudo, justificam o uso do payback como uma ferramenta útil para compreender o tempo necessário à recuperação total do investimento. Eles apresentam um retorno para a implantação de um sistema solar em organizações militares, no qual atestam a viabilidade do projeto utilizando o payback, considerando que o retorno ocorre dentro da progressão linear de geração dos painéis. Dessa forma, é possível obter um bom aproveitamento econômico ao longo desse período.

Complementando a avaliação econômica, foi calculado o ROI anual para mensurar a rentabilidade do projetor, reforçando o cálculo do payback. A fórmula utilizada para o cálculo foi apresentada na Seção 3.5. A Tabela 8 apresenta os valores referentes a cada proposta, considerando os dados de investimento inicial descrito na Seção 4.3 e a economia anual estimada na Seção 4.4.

Tabela 8 – Cálculo do ROI

Empresa	A	B	C
Custo (R\$)	313.000,00	309.894,60	295.000,00
Economia (R\$)	125.491,11	126.281,19	126.281,19
ROI 1º ano (%)	$\frac{125.491,11 - 313.000,00}{313.000,00}$ = -0,60 ou -60%	$\frac{126.281,19 - 309.894,60}{309.894,60}$ = -0,59 ou -59%	$\frac{126.281,19 - 295.000,00}{295.000,00}$ = -0,57 ou -57%
ROI 2º ano (%)	$\frac{250.982,22 - 313.000,00}{313.000,00}$ = -0,20 ou -20%	$\frac{252.562,38 - 309.894,60}{309.894,60}$ = -0,19 ou -19%	$\frac{252.562,38 - 295.000,00}{295.000,00}$ = -0,14 ou -14%
ROI 3º ano (%)	$\frac{376.473,33 - 313.000,00}{313.000,00}$ = 0,20 ou 20%	$\frac{378.843,57 - 309.894,60}{309.894,60}$ = 0,22 ou 22%	$\frac{378.843,57 - 295.000,00}{295.000,00}$ = 0,28 ou 28%

Fonte: Elaboração própria (2025).

Analisando os resultados, observa-se que o comportamento do ROI confirma o período estimado pelo payback. Essa métrica apresenta valor negativo enquanto o retorno acumulado não cobre o custo total do investimento. A partir do momento em que o valor investido é recuperado, o indicador se torna positivo, evidenciando que os ganhos passam a superar os custos iniciais. No início, o percentual de retorno é de -100%, pois ainda não há retorno. Ao final do primeiro ano, chega a -60%, refletindo um retorno de 40%. No terceiro ano, atinge 20% de superávit, o que demonstra a viabilidade financeira do projeto e confirma que o retorno total ocorre em aproximadamente 2 anos e 6 meses.

Conforme argumenta Januário (2021), o Retorno Sobre o Investimento é uma ferramenta poderosa para medir a atratividade de um investimento, variando de -100% até valores positivos ilimitados. Por meio dessa métrica, é possível mensurar com clareza a relação entre o capital investido e os ganhos obtidos ao longo do tempo.

Com isso, observa-se que o projeto apresenta elevada viabilidade financeira para a instituição, uma vez que proporciona o retorno relativamente rápido,

assegurando um longo período de economia após a recuperação do capital aplicado.

No entanto, é importante destacar que as projeções de retorno estão condicionadas aos valores tarifários utilizados do período. Conforme discutido na Seção 2.3, eles podem sofrer reajustes, o que impactará diretamente o estimado tanto do payback quanto do ROI, seja de forma positiva ou negativa. Ainda assim, mesmo diante de incertezas, o sistema não se torna inviável, pois o autoconsumo, por si só, já justifica a adoção da tecnologia, garantindo compensação financeira ao longo do tempo.

5.2 CONTRIBUIÇÃO SOCIOAMBIENTAL

A energia fotovoltaica vai muito além do aspecto financeiro. A adoção dessa tecnologia também oferece benefícios qualitativos relevantes, principalmente no que se refere à responsabilidade socioambiental, pois trata-se de uma fonte limpa de geração de energia, com grande potencial na nossa região, conforme evidenciado no Referencial Teórico.

Do ponto de vista ambiental, conforme apresentado na Seção 2.2, para cada kwh há uma redução estimada de 0,0004 toneladas de CO₂. Com base nisso, será elaborada a Tabela 9, que utilizará os valores de produção anual exposta na Seção 4.4 de cada proposta, permitindo calcular a quantidade de CO₂ que pode deixar de ser emitido na atmosfera.

Tabela 9 – Redução da emissão de CO₂

Proposta	Produção anual (kwh)	Fator de redução	Redução estimada de CO₂ (toneladas/ano)
Empresa A	252.324	0,0004	$252.324 \times 0,0004 = 100,93$
Empresa B	253.920	0,0004	$253.920 \times 0,0004 = 101,57$
Empresa C	253.920	0,0004	$253.920 \times 0,0004 = 101,57$

Fonte: Elaboração própria (2025).

De acordo com os dados apresentados acima, observa-se que essa tecnologia proporciona, nas três propostas analisadas, uma redução anual de aproximadamente 100 a 102 toneladas de CO₂ que deixam de ser lançadas a atmosfera. Isso reforça sua relevância, ao contribuir para a redução de impactos ambientais.

Estudos indicam que a instalação de sistemas fotovoltaicos, pode reduzir significativamente a emissão de CO₂, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar

nas áreas urbanas. Além disso, a energia solar é considerada uma das fontes mais sustentáveis atualmente, emitindo uma quantidade muito inferior de CO₂ em comparação com outras fontes, como combustíveis fósseis (Hein, 2023).

Além disso, esses resultados atestam o compromisso com o objetivo 7 da ODS, que trata do acesso à energia limpa e acessível, promovendo o uso de fontes renováveis e incentivando uma matriz energética mais eficiente e sustentável (ONU).

No aspecto social, a implantação de um sistema fotovoltaico pode promover a conscientização ambiental entre estudantes, servidores e a comunidade local. Ao fazer parte do cotidiano institucional, essa tecnologia contribui para despertar o interesse na temática da sustentabilidade, incentivando o desenvolvimento de projetos voltados para práticas sustentáveis.

De acordo com os dados coletados do IFPI Campus Florianópolis, a implantação da energia solar na instituição trouxe retornos acadêmicos relevantes, como a criação de disciplina e laboratório voltado para energia renovável. Além disso, estimulou o desenvolvimento de outros projetos sustentáveis, como sistemas de captação de água, sistemas off-grid para carregamento de celular, bem como a formação de grupos de pesquisa voltados à temática.

Diante disso, percebe-se que os benefícios ultrapassam a esfera financeira, gerando impactos positivos no campo socioambiental. A adoção do sistema solar contribui para estimular debates acerca de uma cultura energética mais consciente e sustentável no ambiente acadêmico, além de estar alinhada a princípios globais.

5.3 APLICAÇÃO DA ECONOMIA GERADA E PROPOSTA DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIA SOLAR

A economia proporcionada ao se adotar a energia fotovoltaica para o IFPI Campus Oeiras representa uma oportunidade estratégica para melhorias acadêmicas e profissionais. Com uma projeção de economia superior a R\$ 120 mil anuais, conforme apresentado na Seção 4.4, torna-se viável para suprir algumas demandas institucionais e abrir espaço para melhorias.

Dentre as possíveis aplicações, podem ser apontadas ações como a manutenção de laboratórios, salas de aula e equipamentos necessários ao processo de ensino, como projetores e aparelhos de ar-condicionado. Além disso, parte dos recursos também pode ser destinada à criação ou ampliação de projetos já existentes,

como programas de auxílio estudantil e promoção de visitas técnicas.

Vale destacar que os benefícios vão muito além da economia financeira. Ao analisarmos os dados coletados do IFPI Campus Floriano, identificamos que a adoção da energia solar trouxe impactos positivos à comunidade acadêmica, estimulando o desenvolvimento de novos projetos, bem como a criação de disciplina e laboratório voltados à área, conforme exposto na Seção 5.2. Essa iniciativa ampliou o papel da instituição como promotora de uma educação mais consciente e alinhada ao desenvolvimento sustentável

De acordo com De Oliveira e Viajante (2024), embora não seja impossível, a implantação de um sistema fotovoltaico exige a superação de diversos desafios, visto que sua implementação exige investimentos consideráveis e depende de políticas públicas claras. Em seu estudo, os autores elencaram os benefícios da adoção dessa tecnologia nos Institutos Federais do Goiás (IFG), tanto no aspecto econômico quanto nos acadêmicos, o que justifica sua implementação. Relatam ainda que a aquisição dos sistemas foi viabilizada, dois deles por recurso próprio do IFG, enquanto outros foram por meio do Projeto de Eficiência Energética (PEE), promovido pela ANEEL.

No contexto atual, evidencia-se a necessidade de criação de políticas públicas específicas que incentivem a utilização da energia solar nos diversos Campi do IFPI. Embora unidades como Floriano, Campo Maior e Paulistana já contem com sistemas instalados, ainda não há uma diretriz institucional que promova a instalação nos demais.

Diante disso, uma proposta viável de política pública seria a realização de um levantamento do gasto energético de cada campus, mantendo o repasse dos valores mesmo após a economia proporcionada pelo sistema fotovoltaico. Com isso, os próprios campi poderiam financiar a instalação da tecnologia, utilizando o retorno gerado para custear o investimento. Após a quitação, os recursos economizados poderiam ser redirecionados para as aplicações anteriormente apontadas. Essa medida, contudo, dependeria de ajustes normativos.

O estudo De Sá, De Moraes e Santos (2020), ao analisar sistema solar implantado no IFPI Campus Floriano, sustenta os benefícios expostos anteriormente, destacando o avanço em pesquisas e melhorias acadêmicas. No entanto, os autores reforçam, a necessidade da continuidade de políticas de fomento voltadas à área, além do fortalecimento de parcerias externas relacionadas à temática.

Um bom exemplo de uma política pública pode ser observado no estudo de

Silva et al. (2019), na cidade de Palmas, Tocantins, onde foi criado o programa Palmas Solar por meio de legislação municipal. A iniciativa ofereceu incentivos fiscais, como descontos no Imposto Predial e Território Urbano (IPTU), e no Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), para pessoas e organizações que adotassem a geração solar. Além disso, o projeto também buscou viabilizar a instalação de uma usina para abastecer os prédios públicos da cidade.

Outro exemplo relevante são duas instituições de ensino em Brasília, o Centro de Ensino Médio Integrado à Educação Profissional (CEMI) e o Centro de Educação Fundamental (CEF). Essas instituições conseguiram, por meio de emenda parlamentar, adquirir sistemas fotovoltaicos, cuja economia gerada é reinvestida na própria educação e infraestrutura (Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2024).

Portanto, são incentivos como esse que podem proporcionar um maior desenvolvimento no uso de energia solar. Diante disso, recomenda-se que a reitoria e demais órgãos da rede avaliem mecanismos normativos e financeiros que permitam a ampliação dessa iniciativa nos campi que ainda não possuem. Além disso, é importante que fiquem atentos à abertura de editais e à destinação de emendas parlamentares, que podem viabilizar recursos para a implantação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a viabilidade financeira da implantação de um sistema de energia fotovoltaica no IFPI Campus Oeiras, buscando também compreender como essa iniciativa pode contribuir para a sustentabilidade da instituição. Diante do atual cenário, em que há uma demanda elevada de energia pela instituição, evidenciou-se que a energia solar se apresenta como uma alternativa estratégica, tanto do ponto de vista acadêmico, econômico, quanto ambiental.

A partir da análise dos dados de consumo do campus, dos orçamentos coletados, da projeção de economia e do estudo de caso do IFPI Campus Floriano para validar as informações, foi possível dimensionar um sistema fotovoltaico com potência de 160 kwp, capaz de gerar aproximadamente cerca de 21.000 kwh/mês. Essa geração permitiria uma economia anual estimada em mais de R\$ 120 mil.

Além dos benefícios financeiros, o trabalho evidenciou ganhos ambientais significativos, com a redução na emissão anual de CO₂ em mais de 100 toneladas, reforçando o papel da instituição em promover uma cultura que fortalece os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

No aspecto social e acadêmico, experiências como a do IFPI Campus Floriano demonstram que a adoção da energia solar tem impulsionado novas iniciativas dentro da comunidade acadêmica, como o desenvolvimento de novos projetos sustentáveis, revelando-se como uma ferramenta de estímulo à inovação e à educação ambiental.

Como limitação do estudo, destaca-se a dependência de dados secundários e a instabilidade das tarifas energéticas, que podem afetar as projeções de retorno financeiro. Soma-se a isso o fato de que o IFPI ainda não dispõe de políticas públicas institucionais específicas que incentivem a adoção da energia solar, o que representa um obstáculo para sua implementação em outros campis.

Para estudos futuros, recomenda-se analisar a possibilidade de reduzir também o consumo elétrico, por meio do redimensionamento de aparelhos de ar-condicionado que possam estar superdimensionados, bem como da substituição da iluminação por lâmpadas mais eficientes, visto que essas ações podem contribuir para a redução do consumo energético.

Dessa forma, conclui-se que a implantação de um Sistema Solar no IFPI Campus Oeiras se apresenta não apenas como uma proposta viável, mas também

como um passo estratégico para consolidar uma nova cultura acadêmica, pautada na sustentabilidade, na inovação e na busca pela excelência. A consolidação dessa proposta tem o potencial de transmitir à comunidade acadêmica e local uma nova percepção sobre o papel da instituição, abrindo caminho para um futuro mais consciente e comprometido com as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

ALBA. **Mapa de insolação**: entenda seu funcionamento e impactos. Disponível em: ALBA Mapa de insolação: entenda seu funcionamento e impactos - ALBA. Acesso em: 4 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: ANEEL — Agência Nacional de Energia Elétrica. Acesso em: 4 fev. 2025.

ALVES, M. de O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. Disponível em: ENERGIA SOLAR: ESTUDO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS , * 0.4cm ON-GRID E OFF-GRID . Acesso em: 22 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). Disponível em: ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Acesso em: 21 jan. 2025.

BADRA, M. **Reciclagem de painéis**: desafios para promover o segmento no Brasil. Canal Solar, 2022. Disponível em: Reciclagem de painéis: desafios para promover o segmento no Brasil | Canal Solar . Acesso em: 03 fev. 2025.

BANCO DO NORDESTE. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/>. Acesso em: 04 fev. 2025.

BARP, C. A.; SEHNEM, S.; BENCKE, F. F. Energia fotovoltaica como matriz energética sustentável em organizações. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 178-203, 2014. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2263. Acesso em: 4 dez. 2024.

BATISTA, G. P; LIMA, F. P. dos A. Análise da viabilidade financeira de implantação de um sistema de geração fotovoltaico no IFMT campus avançado Tangará da Serra. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 40317-40334, 2022. Disponível em: MODELO PARA ELABORAÇÃO E FORMATAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Institui normas gerais de licitação e contratação para as administrações públicas. Diário oficial da união: seção 1, Brasília, DF, 1 abr. 2021. Disponível em: L14133. Acesso em 26 jun. 2025.

BEZERRA, F. D. **Energia solar**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2021. Disponível em: 2021_CDS_174.pdf . Acesso em: 21 jan. 2025.

CAVALCANTI, P. N. M; DE LIMA SILVA, A. C.; DA SILVA, C. M. Avaliação da viabilidade econômica da implantação de fontes fotovoltaicas em instituições públicas: um estudo de revisão. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 10, p. 14855-14893, 2023. Disponível em: Vista do Avaliação da viabilidade

econômica da implantação de fontes fotovoltaicas em instituições públicas: um estudo de revisão. Acesso em 01 Mar. 2025

COSTA, A. C; OLIVEIRA, D. F. de; RABELO, M. H; PINHEIRO, M. D. da S. L. B; PIAZZAROLO, J. Energia solar fotovoltaica: uma alternativa viável? **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72637-72656, 2020. Disponível em: View of Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? / Photovoltaic solar energy a viable alternative? . Acesso em: 04 fev. 2025.

DA PAIXÃO, J. L; SAUSEN, J. P; DA ROSA ABAIDE, A. **Energia fotovoltaica: avanços, potencialidades e desafios para uma transição sustentável**. 2024. Disponível em: 240817469.pdf . Acesso em: 03 fev. 2025.

DA ROSA, A. R. O; GASPARIN, F. P. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2016. Disponível em: Vista do Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. Acesso em: 4 fev. 2025.

DA SILVA MONTEIRO, L; SILVEIRA, D. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma análise das políticas públicas e das formas de financiamento**. Disponível em: 22626265.pdf. Acesso em: 05 fev. 2025.

DE ARAÚJO, J. S. Análise do sistema de energia fotovoltaica do Instituto Federal do Ceará – Campus Maracanaú e sua colaboração na redução da emissão de CO₂. **Conexões – Ciência e Tecnologia**, v. 16, p. e022006-e022006, 2022. Disponível em: Vista do ANÁLISE DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA DO INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ – CAMPUS MARACANAÚ E SUA COLABORAÇÃO NA REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO2. Acesso em: 8 fev. 2025.

DE OLIVEIRA, M. E; VIAJANTE, G. P. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SETOR PÚBLICO COM VISTAS A ECONOMICIDADE E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO: O CASO DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS. In: **Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2024. Disponível em: Vista do ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SETOR PÚBLICO COM VISTAS A ECONOMICIDADE E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO. Acesso em: 13 jun. 2025.

DE SÁ, F. N; DE MORAES, A. M; SANTOS, F. P. A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ, CAMPUS FLORIANO: RESULTADOS EM EDUCAÇÃO. In: **Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2020. Disponível em: Vista do A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ, CAMPUS FLORIANO: RESULTADOS EM EDUCAÇÃO. Acesso em: 13 jun. 2025.

DE SOUZA, B. N; SILVA, E. N; FERRETTI, A. S. Z. SUSTENTABILIDADE: PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE ESTACIONAMENTO SOLAR EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO PÚBLICA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 6, n. 1, 2024. Disponível em: Vista do SUSTENTABILIDADE: PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE ESTACIONAMENTO SOLAR EM UMA INSTITUIÇÃO DE

ENSINO PUBLICA. Acesso em: 10 fev. 2025.

DE SOUZA JÚNIOR, A. J., GHILARDI, W. J., MADRUGA, S. R., ALVARENGA, S. M. Energia solar em organizações militares: uma análise da viabilidade econômico-financeira. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 63-73, 2019. Disponível em: Energia solar em organizações militares: uma análise da viabilidade econômico-financeira - Dialnet. Acesso em 10 fev. 2025.

ENERGES. **Reciclagem de módulos fotovoltaicos**: é possível? 2020. Disponível em: <https://energes.com.br/reciclagem-de-modulo-fotovoltaicos-e-possivel/>. Acesso em: 25 jan. 2025.

EQUATORIAL PIAUÍ. Disponível em: Equatorial Energia Piauí. Acesso em: 16 mai. 2025.

FONTANA, F; PEREIRA, A. C. T. Pesquisa documental. **Editora-chefe Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira; Editora executiva Natalia Oliveira; Assistente editorial**, v. 42, 2023. Disponível em: Metodologia-da-Pesquisa-em-Educacao-e-Ensino-de-Ciencias.pdf. Acesso em: 10 fev. 2025.

FORTE, F. J. de S. **Estudo de caso dos impactos relacionados à falta de manutenção de um sistema fotovoltaico para garantir sua eficiência energética**. 2023. Disponível em: Jackson FALTA (1)_compressed.pdf. Acesso em: 05 fev. 2025.

GAVIOLI, A. M; FREDERICO, M; PEREIRA, V. H; ALBAREBA, A. Viabilidade financeira para implantação de painéis fotovoltaicos em um hospital público do município de Curitiba. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9342-9359, 2021. Disponível em: View of Viabilidade financeira para implantação de painéis fotovoltaicos em um hospital público do município de curitiba / Financial viability for the implantation of photovoltaic panels in a public hospital of the city of curitiba. Acesso em: 10 fev. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021. Acesso em: 10 fev. 2025.

HEIN, H. **Energia solar pode reduzir 6 bilhões de toneladas de CO₂ até 2050**. Canal Solar, 2023. Disponível em: Energia solar pode reduzir 6 bilhões de toneladas de CO₂ até 2050 | Canal Solar . Acesso em: 04 fev. 2025.

IEMA – INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Universalização da energia elétrica na Amazônia: desafios e soluções**. 2023. Disponível em: https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/04/IEMA_UniversalizacaoAmazonia20230427.pdf. Acesso em: 25 jan. 2025.

INFINITSOLAR. **A energia fotovoltaica**. Disponível em: A ENERGIA FOTOVOLTAICA – Infinit Solar – Energia Fotovoltaica . Acesso em: 01 fev. 2025.

JANUÁRIO, P. G. P. **Avaliação de cálculo de retorno sobre investimento em**

projetos de P&D a partir do nível de maturidade tecnológica. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: [retornoinvestmentomaturidadetecnologica.pdf](#). Acesso em 10 fev. 2025.

LUCON, O.; GOLDEMBERG, J. Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 23, n. 65, p. 163-176, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3t4kHdSrnr7rKbGSLcRkKDTd/> . Acesso em: 27 nov. 2024.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015. Disponível em: [Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão | Revista Virtual de Química](#) . Acesso em: 21 jan. 2025.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa.** _____. Técnicas de pesquisa, v. 6, 1999. Disponível em: [Lakatos_e_Marconi_-_Tecnicas_de_pesquisa20191114-31612-di2isl.pdf](#). Acesso em: 10 fev. 2025.

MARQUES, B. C. **O sol nasce para todos:** salvaguardas socioambientais para financiamentos em energia solar. 2024. Disponível em: <http://www>. Acesso em: 04 fev. 2025.

MIURA, A. T. Implantação de energia fotovoltaica, sustentabilidade, desenvolvimento econômico e social em uma Instituição de Ensino Superior no Brasil. **Revista Sistemática**, v. 14, n. 3, p. 517-535, 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/RCS/article/view/4957> . Acesso em: 4 dez. 2024.

NEVES, E. B; DOMINGUES, C. A. **Manual de metodologia da pesquisa científica.** Rio de Janeiro: EB/CEP, 2007. Disponível em: [MANUAL_DE_METODOLOGIA-libre.pdf](#). Acesso em: 10 fev. 2025.

OLSEN, W. **Coleta de dados: debates e métodos fundamentais em pesquisa social.** Penso Editora, 2015. Disponível em: [Coleta de Dados: Debates e Métodos Fundamentais em Pesquisa Social - Wendy Olsen - Google Livros](#). Acesso em: 11 fev. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:** ODS 7 - Energia acessível e limpa. Disponível em: [Sustainable Development Goal 7: Energia limpa e acessível | As Nações Unidas no Brasil](#). Acesso em: 12 jul. 2025.

PEREIRA, N. X. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada.** 2019. Disponível em: [content](#). Acesso em: 05 fev. 2025.

RODRIGUES, M. F. **Estudo da dopagem de GO em TiO₂ para aplicação em células solares de terceira geração.** 2020. Disponível em: [Estudo da dopagem de GO em TiO2 para aplicação em células solares de terceira geração](#) . Acesso em: 01 fev. 2025.

ROLLET, C. **Recycling PV panels: why can't we hit 100%?** 2020. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2020/08/26/recycling-pv-panels-why-cant-we-hit-100/>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SANTOS, C. W. M. dos. **Análise comparativa do impacto no payback de sistemas fotovoltaicos sob o marco legal da micro e minigeração de energia: Lei 14.300.** 2024. Disponível em: [content](#). Acesso em: 5 fev. 2025.

SCOLLA, Minéia. **Avaliação do ciclo de vida de sistemas de geração de energia fotovoltaica: uma análise sob a ótica de fatores ambientais.** 2020. Disponível em: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL . Acesso em: 03 fev. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL. **Uso de energia solar garante economia e consciência ambiental nas escolas.** Brasília, 19 mar. 2024. Disponível em: [Uso de energia solar garante economia e consciência ambiental nas escolas – Secretaria de Estado de Educação](#). Acesso em: 13 jul. 2025.

SERRÃO, M; ALMEIDA, A; CARESTIATO, A. **Sustentabilidade: uma questão de todos nós.** São Paulo: Editora Senac, 2020. Disponível em: [Sustentabilidade: uma questão de todos nós - Mônica Serrão, Aline Almeida, Andréa Carestiato - Google Livros](#). Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, B. C. O; SILVA, M. do N; CARVALHO, W. R. de; PEREIRA, M. G. de F; CARVALHO, G. K. G; MOURA, P. V. L. M. e; MENDES, N. S. Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica na Christus Faculdade do Piauí. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, p. e2912842569-e2912842569, 2023. Disponível em: [Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica na Christus Faculdade do Piauí](#). Acesso em: 8 fev. 2025.

SILVA, C. C. da; OLIVEIRA, W. F. A. de. **Gestão dos resíduos e reciclagem de módulos fotovoltaicos.** 2022. Disponível em: [Tecnologiaemgestãodeenergiaeeficienciaenergetica_2_2022_Cristiano Cruz et al_Gestão de residuos e reciclagem fotovoltaica..pdf](#) . Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, I. T. da; FRIEDRICH, N. C; OLIVEIRA, D. N. de; TOMASZEWSKI, C. R. T; BIANECK, A. V; MICHELETTI, D. H; MICHELETTI, D. H. Políticas públicas de incentivo à geração de energia por fonte solar fotovoltaica no fomento à disseminação da tecnologia no Brasil. **Revista FT**. Disponível em: [POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO À GERAÇÃO DE ENERGIA POR FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA NO FOMENTO A DISSEMINAÇÃO DA TECNOLOGIA NO BRASIL – ISSN 1678-0817 Qualis B2](#). Acesso em: 13 jul. 2025.

SILVA, V. M. A. da. **ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES.** 2024. Disponível em: [Doc_Final_Vitor.pdf](#). Acesso em: 01 Mar. 2025.

SOARES, C. A. B; DE NADAE, J; DO NASCIMENTO, D. C. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma instituição de ensino

superior no estado do ceará. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 84-104, 2021. Disponível em: admin,+5.+ANÁLISE+DA+VIABILIDADE+ECONÔMICO-FINANCEIRA+DA+ENERGIA+SOLAR+FOTOVOLTAICA+EM+UMA+INSTITUIÇÃO+DE+ENSINO+SUPERIOR+NO+ESTAD (3).pdf. Acesso em: 10 fev. 2025.

SUNERGIA. **Geração solar fotovoltaica: on-grid ou off-grid**. 2017. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/geracao-solar-fotovoltaica-on-grid-ou-off-grid/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

TEGON, G. **As novas oportunidades do setor solar fotovoltaico**. Canal Solar, 2025. Disponível em: As novas oportunidades do setor solar fotovoltaico | Canal Solar . Acesso em: 3 fev. 2025.

TRACTZ, G. T. **Óxidos de TiO₂ dopados com Nb: Síntese e aplicação em células fotovoltaicas de terceira geração**. 2022. Disponível em: TEDE: Óxidos de TiO₂ dopados com Nb: Síntese e aplicação em células fotovoltaicas de terceira geração. Acesso em: 1 fev. 2025.

VIEIRA, J. G. S. Metodologia de pesquisa científica na prática. **Curitiba: Editora Fael**, p. 152, 2010. N. Disponível em: METODOLOGIA-libre.pdf. Acesso em: 10 fev. 2025.

ANEXO A – ORÇAMENTO EMPRESA A

Proposta para gerador solar 159,30kwp

Endereço: Oeiras-PI

Geração mensal estimada: 21.027 kw

Potência instalada: 159,30 kwp

Quantidade de módulos: 270 painéis

Modelo: 270 painéis jinko solar 590w mono half cell bi-facial

Inversor: 2 inversores 60kwp trifásico 380v 3 mppts

Modelo: growatt on grid mac60ktl3-x 60kw trifásico 380v 3mppt

Tipo de estrutura: 546 perfis alumínio p/ 270 painéis montado em telhado zinco.

Área estimada: 720 m²

Previsão geração mensal: 21.027 kw

Previsão geração anual: 252.324 kw

Previsão economia anual: R\$ 189.200,00 reais

Valor da proposta: R\$ 313.000,00 (trezentos e treze mil reais)

Validade da proposta: 05 dias

Garantia: garantia do inversor 10 anos conforme fabricante, placas solares 12 anos e potência linear de 30 anos.

O gerador fotovoltaico de 159,30kwp é composto pelos itens:

18 Staubli conector mc4 acoplador fema

18 Staubli conector mc4 acoplador macho

02 inversores solar growatt on grid mac60ktl-x 380v 60kw trifásico 380v 3mppt

270 painéis jinko solar 590w mono half cell bi-facial

546 perfis alumínio p/ 270 painéis montado em telhado de zinco.

534 grampos intermediário.

12 grampo terminal.

3549 parafusos autobrocante

01 String box CC

01 String box CA

01 Malha de aterramento.

200M Cabo flexível p/ aterramento 10mm

650M Cabo solar flexível CC preto

650M Cabo solar flexível CC vermelho

ANEXO B – ORÇAMENTO EMPRESA B

Cliente: Instituto Federal Do Piauí - Campus Oeiras

Nº da proposta: proj25051357905

Endereço de instalação: Oeiras-PI

Validade da proposta: 18/05/2025

Potência do gerador: 160,00 kwp

Garantias:

Módulos fotovoltaicos - 15 anos de produto e 25 anos de performance

Inversores - 10 anos de fábrica

Estruturas de fixação de parceiros - oferece 1 ano de garantia

Equipamentos:

775m Cabo solar vermelho 1kvca 4mm

650m Cabo solar preto 1kvca 4mm

46 Conector p/cabo mc4 par fm/mc 1via 1,5kv quantidade: par

1 Inversor on grid 75kw ions-75k t6 inversor trifásico 380v

1 Inversor on grid 110kw ions-110k t6 inversor trifásico 380v

140 Grampo intermed smart 35mm - sg quantidade: unitário

70 Kit smart mini trilho 0,50 c/paraf md04 - sg composto por: 4 grampos finais, 6 grampos intermediário, 80 parafusos auto

70 Perfil smart mini trilho 0,55 md04 - sg composto por: 10 perfis de 55 cm

279 Modulo fotov monoc ss8-72hd-575n-30

Valor total: R\$ 309.894,60

ANEXO C – ORÇAMENTO EMPRESA C

Sistema fotovoltaico on grid 160,00 kwp

Descrição:

2 Growatt mac60ktl3-x-lv-380 - 3mppt

267 Painéis astronergy 600 wp chsm66rn(dg)f-bh bf

258 Perfis suporte smart 2,40

528 Grampos intermediario smart

12 Grampo terminal smart

322 Ganchos telha

252 Junção U do perfil

630m Cabo 1x6mm preto 1,8kv

630m Cabo 1x6mm vermelho 1,8kv

18 Kit conectores 2 pares

Projeto + transporte + montagem + impostos

Custo total: R\$ 295.000,00