



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, CONTÁBEIS E ADMINISTRATIVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA



VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAL E INDUSTRIAL NO SUL DO RS

WAGNER DOS SANTOS NUNES

RIO GRANDE
2024

WAGNER DOS SANTOS NUNES

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAL E INDUSTRIAL NO SUL DO RS

Dissertação apresentada como pré-requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Economia Aplicada junto à Universidade
Federal do Rio Grande - FURG.

Orientador: Prof. Dr. Tiarajú Alves de Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira

RIO GRANDE
2024

Ficha Catalográfica

N972v Nunes, Wagner dos Santos.

Viabilidade econômico-financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos residencial e industrial no sul do RS / Wagner dos Santos Nunes. – 2024.

51 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Rio Grande/RS, 2024.

Orientador: Dr. Tiarajú Alves de Freitas.

Coorientador: Dr. Gibran da Silva Teixeira.

1. Energia renovável 2. Indústria 3. Sistema fotovoltaico
4. Viabilidade econômica I. Freitas, Tiarajú Alves de II. Teixeira, Gibran da Silva III. Título.

CDU 620.9

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

WAGNER DOS SANTOS NUNES

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAL E INDUSTRIAL NO SUL DO RS

Dissertação apresentada como pré-requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Economia Aplicada junto à Universidade
Federal do Rio Grande - FURG.

Orientador: Prof. Dr. Tiarajú Alves de Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira

Prof. Dr. Tiarajú Alves de Freitas
Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira
Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Prof^ª. Dr^a. Marianne Costa Oliveira
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Prof. Dr. Pedro Henrique Soares Leivas
Universidade Federal do Rio Grande – FURG

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade econômico/financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos residencial e industrial no sul do Rio Grande do Sul. A pesquisa revelou a relação inversa entre o consumo de energia elétrica e o tempo de retorno de um sistema fotovoltaico, enfatizando a importância da viabilidade econômica. Incentivos públicos e privados são fundamentais para impulsionar a adoção desses projetos, contribuindo para a melhoria da matriz elétrica e beneficiando diversos tipos de consumidores. O setor solar tem se expandido, evidenciando a crescente participação de sistemas de geração distribuída, possibilitada pela Resolução Normativa ANEEL-REN nº 482/2012. A análise dos diferentes padrões de consumo em Rio Grande - RS demonstrou a viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos, tanto em residências quanto em indústrias. Todos os projetos considerados apresentaram viabilidade ao longo de um período de 25 anos. A pesquisa enfatizou que, apesar dos custos iniciais elevados, os sistemas fotovoltaicos oferecem benefícios econômicos e ambientais significativos, beneficiando consumidores e comunidades locais. A expansão da geração distribuída não só impulsiona o desenvolvimento tecnológico e cria empregos, mas também contribui para uma transição mais rápida para uma matriz energética sustentável. Portanto, é crucial que as políticas públicas continuem a evoluir, garantindo benefícios de longo prazo para toda a sociedade.

Palavras-chave: Energia renovável; Indústria; Sistema fotovoltaico; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the economic and financial viability of implementing residential and industrial photovoltaic systems in the south of Rio Grande do Sul. The research revealed an inverse relationship between electricity consumption and the payback period of a photovoltaic system, emphasizing the importance of economic viability. Public and private incentives are essential to drive the adoption of these projects, contributing to the improvement of the electrical matrix and benefiting various types of consumers. The solar sector has been expanding, highlighting the growing participation of distributed generation systems, made possible by ANEEL-REN Normative Resolution No. 482/2012. The analysis of different consumption patterns in Rio Grande - RS - demonstrated the economic viability of installing photovoltaic systems in both residential and industrial settings. All the projects considered were viable over a 25-year period. The research emphasized that, despite the high initial costs, photovoltaic systems offer significant economic and environmental benefits, benefiting consumers and local communities. The expansion of distributed generation not only drives technological development and creates jobs but also contributes to a faster transition to a sustainable energy matrix. Therefore, it is crucial that public policies continue to evolve, ensuring long-term benefits for society as a whole.

Keywords: Renewable Energy; Industry; Photovoltaic System; Economic Viability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN – Balanço energético nacional
CA – Corrente alternada
CC – Corrente contínua
CDI – Certificado de Depósito Interbancário
CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica
CGH – centrais geradoras hidrelétricas
CO₂ – Dióxido de carbono
CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
EOL – Usinas eólicas
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
GD – Geração distribuída
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética
km/s – Quilômetros por segundo unidade de velocidade
kW – Quilowatt unidade de potência de energia elétrica
kWh – Quilowatt-hora unidade de potência de energia sustentada por uma hora
MAB – Movimento dos Atingidos por Barragem
MW – Megawatts unidade de potência de energia elétrica
PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas
SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática
TIR – Taxa interna de retorno
TMA – Taxa mínima de atratividade
UFV – Centrais geradoras fotovoltaicas
UHE – Usinas hidrelétricas
UTE – Usinas termelétricas
UTN – Usinas termonucleares
VPL – Valor presente líquido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma dos tipos variados de energia solar.....	13
Figura 2 – Matriz elétrica brasileira (2023)	15
Figura 3 – Crescimento de potência instalada no setor de sistemas fotovoltaicos.....	17
Figura 4 – <i>Kit</i> de energia solar fotovoltaico.....	23
Figura 5 – Localização da cidade do Rio Grande – RS.....	27
Figura 6 – Potência instalada acumulada Rio Grande – RS.....	28
Figura 7 – Micro e minigeração na cidade de Rio Grande.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Irradiação solar diária média no município de Rio Grande – RS	22
Tabela 2 – Distribuição de classes de consumo de energia na cidade de Rio Grande.....	29
Tabela 3 – Consumo mensal de energia (kWh).....	30
Tabela 4 – Potência total (kWp).....	31
Tabela 5 – Sistema dimensionado conforme demanda de cada residência e indústria.....	32
Tabela 6 – Análise indicadores financeiros e econômicos.....	33
Tabela 1A – Lista de material bairro Getúlio Vargas.....	40
Tabela 2A – Lista de material bairro Centro.....	41
Tabela 3A – Lista de material bairro Cassino.....	41
Tabela 4A – Lista de material bairro Jardim do Sol.....	42
Tabela 5A – Lista de material bairro Hidráulica.....	42
Tabela 6A – Lista de material para indústria A.....	43
Tabela 7A – Lista de material para indústria B.....	43
Tabela 8A – Fluxo de caixa para bairro Getúlio Vargas.....	44
Tabela 9A – Fluxo de caixa para bairro Centro.....	45
Tabela 10A – Fluxo de caixa para bairro Cassino.....	46
Tabela 11A – Fluxo de caixa para bairro Jardim do Sol.....	47
Tabela 12A – Fluxo de caixa para bairro Hidráulica.....	48
Tabela 13A – Fluxo de caixa para indústria A.....	49
Tabela 14A – Fluxo de caixa para indústria B.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	12
2.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	14
2.1.1 Sistemas Autônomos ou Isolados (<i>off-grid</i>)	14
2.1.2 Sistemas Ligados à Rede (<i>on-grid</i>)	14
2.1.3 Sistemas Híbridos.....	15
2.2 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA E O PROCESSO DE DISDRIBUIÇÃO.....	15
2.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E BEM-ESTAR.....	18
2.4 SUSTENTABILIDADE A PARTIR DE SISTEMAS SOLARES.....	19
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	21
3.2 COLETA DE DADOS RESIDENCIAL E INDUSTRIAL.....	21
3.3 LEVANTAMENTO DO SISTEMA <i>ON-GRID</i>	22
3.4 ANÁLISE FINANCEIRA NA VIABILIDADE DE SISTEMAS SOLARES.....	24
3.4.1 Valor Presente Líquido.....	24
3.4.2 Taxa Interna de Retorno.....	25
3.4.3 Período de Retorno do Investimento.....	26
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE.....	40

1 INTRODUÇÃO

A energia solar desempenha um papel essencial na sustentação da vida no planeta, proporcionando benefícios variados e servindo como fonte de iluminação natural. Localizado a uma distância de aproximadamente 150 milhões de quilômetros da Terra, o sol emite luz a uma velocidade de cerca de 300 mil Km/s (Cecatto, 2009). Essa fonte de energia desperta a curiosidade humana não apenas por ser fundamental para a manutenção da vida como a conhecemos, mas também pelo potencial de aproveitamento dessa imensa potência irradiada no globo terrestre. À medida que a energia elétrica se torna uma peça vital que impulsiona o mundo, a adoção da energia solar na geração de eletricidade emerge como uma estratégia promissora para mitigar os impactos ambientais prejudiciais na sociedade.

Com o aumento populacional, a necessidade crescente por eletricidade, impulsionada por fatores populacionais e tecnológicos, destaca a importância de abordar essa demanda de maneira sustentável e econômica (Rippel, Rippel e Lima, 2006). O planejamento energético, conforme salientado por Reis (2015), desempenha um papel crucial no desenvolvimento regional, incentivando a busca por matrizes elétricas diversificadas e sustentáveis. A harmonia entre o homem e o meio ambiente é essencial, promovendo a exploração de fontes como vento, sol e ondas dos oceanos para a geração elétrica, visando a sustentabilidade.

Contrastando com as fontes não renováveis, que são finitas e têm reposição lenta, as fontes renováveis, como a energia fotovoltaica, representam alternativas viáveis para atender à crescente demanda por energia de forma sustentável (Sousa, 2019). A energia fotovoltaica, gerada a partir da radiação solar, destaca-se como uma opção direta para consumidores finais, apresentando benefícios econômicos, ambientais e sociais (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR, 2024).

No contexto brasileiro, onde a energia elétrica industrial e residencial representam fatias significativas do consumo total de energia com 37,3% e 27% respectivamente, a adoção da energia fotovoltaica tem o potencial não apenas de gerar economia de até 95% nas contas de energia, mas também de valorizar os imóveis, gerar empregos e promover a ideia de sustentabilidade (Balanço Energético Nacional - BEN, 2023) aos dois setores em questão.

Entre os dois tipos de Sistemas fotovoltaicos mais populares estão o *off-grid*, aos quais funcionam sem conexão à rede elétrica, sendo ideais para regiões sem infraestrutura de distribuição conforme Villalva e Gazoli (2012) e o sistema fotovoltaico *on-grid* operam conectados à rede elétrica, convertendo a energia gerada em corrente contínua para alternada

por meio de um inversor, permitindo a injeção de eletricidade na rede e contribuindo para a eficiência e sustentabilidade da matriz energética conforme Pereira e Oliveira (2011).

A opção entre os sistemas *off-grid* e *on-grid* oferece flexibilidade aos consumidores, com o primeiro atendendo áreas isoladas e rurais, enquanto o segundo, mais amplamente utilizado, se conecta à rede elétrica da concessionária, possibilitando a troca de energia excedente por descontos na conta do consumidor (Boso, Gabriel e Filho, 2015).

Em muitos países, políticas públicas e incentivos têm impulsionado a adoção da energia fotovoltaica, como exemplificado pela Alemanha, que já possui 35% de sua produção anual proveniente dessa fonte (Soares, 2019). A análise financeira, com o uso de indicadores como VPL, TIR e *payback* descontado, é fundamental para avaliar a viabilidade econômica dessas instalações (Dalfovo et al, 2019).

Neste contexto, alinhando-se em especial ao Objetivo 7, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS – das Organizações das Nações Unidas – ONU, que é de “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos”, e dada a necessidade de pesquisa específica para região sul, pois verificou-se escassez sobre viabilidade econômico-financeira das instalações de sistema fotovoltaico em municípios no sul do Brasil.

O município de Rio Grande utilizado neste trabalho é um relevante polo industrial e o segundo maior município da região sul do Rio Grande do Sul. Em termos de incidência solar, Rio Grande apresenta um grau de exposição solar superior à Alemanha (Cabral, Torres e Senna, 2013). O ponto de investigação no presente trabalho, a partir da escolha do município de Rio Grande, é se a instalação de um sistema fotovoltaico no município é economicamente viável. Para responder de forma adequada, considerando as características das diferentes unidades consumidoras, são consideradas residências e indústrias com variados padrões de consumo de energia elétrica no município.

Portanto, para a realização da análise deste estudo, foram definidos alguns objetivos específicos que orientam a abordagem da pesquisa. Primeiramente, caracteriza-se os padrões de consumo de energia elétrica residencial e industrial no município de Rio Grande, a fim de compreender as particularidades de cada perfil de consumidor. Em seguida, investiga-se as diferenças nos padrões de consumo energético entre indústrias, conforme o tamanho da demanda por energia, identificando variáveis que possam impactar o desempenho e a viabilidade da implementação de sistemas fotovoltaicos.

Outro objetivo realizado foi a elaboração de orçamentos detalhados de uma empresa da região do setor fotovoltaico, elaborando assim uma lista de materiais necessários para a instalação de sistemas fotovoltaicos, levando em conta a demanda de energia conforme os padrões de consumo identificados. Por fim, a pesquisa analisa a viabilidade da instalação desses sistemas de energia fotovoltaica, utilizando indicadores de avaliação de investimento como VPL, TIR e Payback, interpretando os resultados conforme os diferentes padrões de consumo de energia elétrica em nível residencial e industrial na cidade de Rio Grande.

A análise foi conduzida com base em referências internacionais e nacionais, levando em consideração consumos de energias para diferentes padrões de consumidores, considerando também consumidores residenciais e industriais, a partir de demandas (kWh) distintas, com o auxílio dos cálculos do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* descontado. O estudo está estruturado em mais quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, analisa-se a revisão da literatura. Na seção 3, demonstra-se a metodologia. Na seção 4, apresenta-se a análise dos resultados obtidos. Por último, são expostas as considerações finais do trabalho.

2. ENERGIA FOTOVOLTAÍCA

A crescente demanda por energia elétrica segundo Tsuruda *et al*, (2017), aliada à necessidade urgente de transição para fontes mais sustentáveis, tem despertado um interesse significativo na integração de sistemas fotovoltaicos como solução viável. A cidade do Rio Grande - RS, refletindo as intrincadas dinâmicas urbanas e industriais da atualidade, surge como um contexto favorável para examinar como a introdução desses sistemas pode influenciar positivamente a sustentabilidade econômica e financeira.

Conforme apontado por Gore (2014, p.32) "A civilização humana e o ecossistema terrestre estão entrando em choque, e a crise climática é a manifestação mais proeminente, destrutiva e ameaçadora desse embate." Em face dessas condições, surge a imperiosa necessidade de buscar soluções mais sustentáveis., a interação entre a humanidade e o meio ambiente está atingindo um ponto crítico, sendo a crise climática a expressão mais evidente, prejudicial e ameaçadora desse confronto.

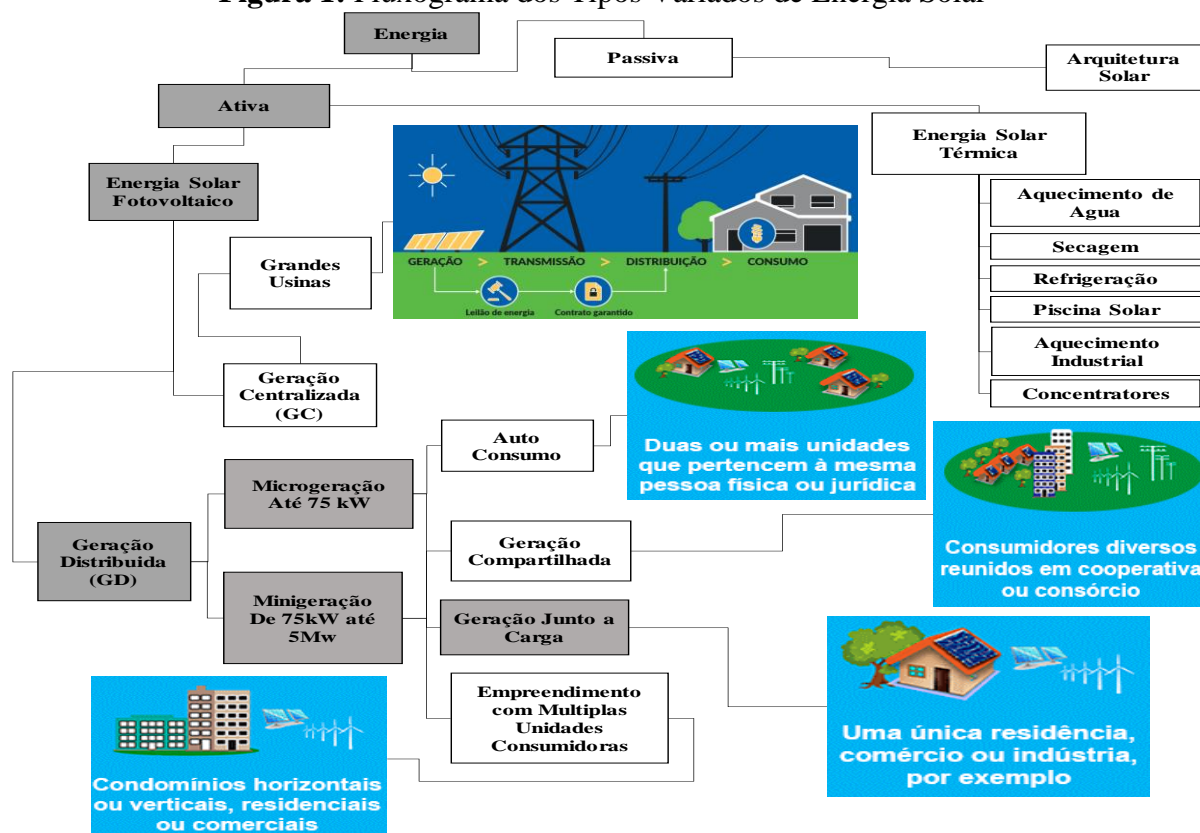
A Figura 1 ilustra a ampla gama de tipos e variações relacionadas à energia solar por meio de um fluxograma. Destacam-se em cinza os quadros que representam o foco do estudo em questão. Além disso, de acordo com a Figura 1, o campo da energia solar não se limita apenas à geração distribuída e geração centralizada, objetos centrais deste trabalho. Existem

diversos estudos e tecnologias inovadoras associadas a dois grupos distintos, denominados Passivo e Ativo. Um exemplo de associação passiva seria a arquitetura solar, conforme explicado por Fretin (2013), que aborda o uso de técnicas solares passivas para obter ganhos energéticos, proporcionando conforto e bem-estar a edificações.

A abordagem ativa envolve a utilização térmica da energia solar. Exemplos incluem a aplicação da energia solar térmica para proporcionar conforto térmico em contextos residenciais, comerciais e industriais, como aquecimento de piscinas e fornecimento de água aquecida para vestiários. Além disso, uma subdivisão significativa da energia solar ativa é a energia solar fotovoltaica, que se desdobra em duas categorias: geração centralizada, caracterizada por grandes centrais de produção de energia elétrica, e geração distribuída, que envolve a produção de energia no local de consumo ou em suas proximidades.

Vale ressaltar que este estudo se concentra na geração distribuída, uma vez que essa abordagem tem sido objeto de expansão no mercado nacional nos últimos anos, conforme destacado por Oliveira (2017), e justifica-se pela carência de pesquisas na região em análise.

Figura 1: Fluxograma dos Tipos Variados de Energia Solar



Fonte: Elaborada pelo autor Adaptado de Baptista (2006, p. 5).

Segundo Cravo (2014), a geração sustentável de energia consiste em desenvolver uma técnica que capture e explore fontes inesgotáveis de energia não utilizada, com o propósito de

transformá-la em uma fonte reutilizável. O avanço de tecnologias inovadoras possibilita a exploração de diversos tipos de energia, abrangendo desde a solar e eólica até a proveniente da pressão dos pneus dos veículos no pavimento, assim como a energia cinética associada a esses veículos. A captação de energia, assim, se destaca como uma abordagem altamente viável para o desafio energético, reduzindo os impactos sobre os recursos naturais.

2.1 Sistemas fotovoltaicos

2.1.1 Sistemas autônomos ou isolado (*Off-Grid*);

Sistemas fotovoltaicos *off-grid* operam independentemente da rede elétrica convencional, sendo viáveis para aplicação em regiões desprovidas de infraestrutura de distribuição elétrica. Esses sistemas autônomos se dividem em dois tipos: aqueles com armazenamento e os sem armazenamento. A primeira categoria encontra aplicações em carregamento de baterias de veículos elétricos, iluminação pública e até mesmo em dispositivos portáteis de pequeno porte, como destacado por Villalva e Gazoli (2012). Já o segundo tipo, além de ser frequentemente empregado em bombeamento de água, destaca-se por apresentar maior viabilidade econômica, uma vez que dispensa dispositivos para o armazenamento de energia, conforme apontado por Pereira e Oliveira (2011).

2.1.2 Sistemas ligados à rede (*On-Grid*);

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, também conhecidos como *on-grid*, operam simultaneamente com a infraestrutura da distribuidora de energia. Em termos simples, o painel fotovoltaico gera energia em corrente contínua (CC), e, por meio de um inversor de frequência, essa corrente é convertida para corrente alternada (CA) antes de ser injetada na rede elétrica. Este processo de conversão é essencial para a integração eficaz entre o painel solar e a rede elétrica, conforme explicado por Pereira e Oliveira (2011).

Ao possibilitar a injeção de energia gerada pelos painéis na rede elétrica, segundo Gonsalves, (2023) os sistemas *on-grid* contribuem para a eficiência energética global, permitindo o compartilhamento de eletricidade gerada localmente com a rede, beneficiando tanto os consumidores quanto a infraestrutura elétrica mais ampla. Essa abordagem, efetuada por meio do inversor de frequência, demonstra uma estratégia inteligente para maximizar o aproveitamento da energia solar e promover a sustentabilidade na matriz energética.

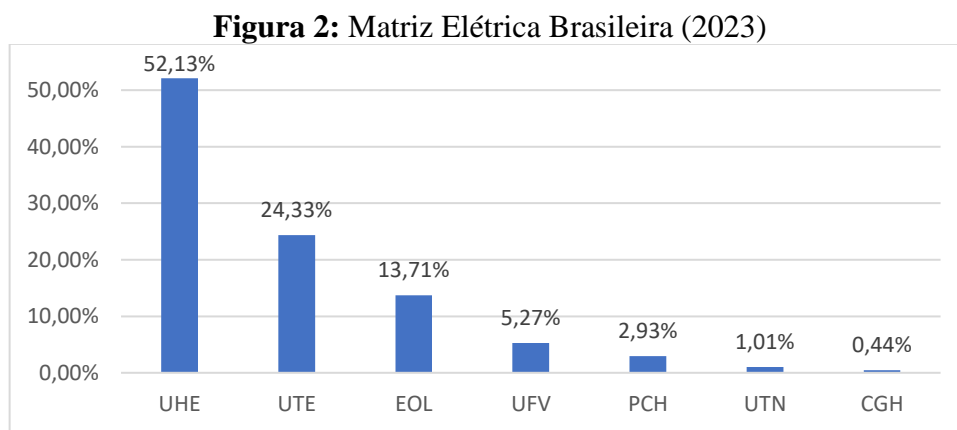
2.1.3 Sistemas híbridos:

A concepção de sistemas híbridos reside na integração de sistemas fotovoltaicos com outras fontes de energia. Sua principal vantagem reside na capacidade de fornecer eletricidade armazenada em baterias durante períodos de escassez solar, como em dias de baixa ou nenhuma geração solar. Contudo, esse sistema é caracterizado por sua complexidade, uma vez que exige a harmonização de diversas modalidades de produção de energia elétrica, incluindo motores a diesel ou gás, bem como geradores eólicos, conforme mencionado por Pereira e Oliveira (2011).

O estudo de Al-Ghussain, Ahmed e Haneef (2018) aborda a relação entre sistemas fotovoltaicos (SFV) e sistemas híbridos de energia renovável, visando otimizar a geração de energia em diferentes períodos sazonais. O autor estabelece uma conexão direta entre os impactos ambientais resultantes da implementação desses sistemas e os custos finais associados à energia gerada. A análise engloba não apenas os custos relacionados à geração de energia, mas também avalia o período de retorno do investimento. O estudo de caso mencionado no artigo revelou um período de retorno de 9,82 anos, destacando impactos significativos na redução do consumo de combustíveis fósseis e na diminuição das emissões de CO₂.

2.2 Matriz elétrica brasileira e o processo de distribuição

Uma vantagem significativa dos sistemas fotovoltaicos é a sustentabilidade. De acordo com Feil e Schreiber (2017), desenvolvimento sustentável significa manter o estilo de vida atual sem prejudicar as gerações futuras, pois a energia solar contribui para a redução das emissões de CO₂ na Terra. Ao instalar esse sistema, há uma diminuição no uso de combustíveis fósseis, que normalmente são utilizados em usinas termelétricas para a produção de energia através da queima de matérias-primas como petróleo, carvão mineral e gás natural, o uso de combustíveis finitos resulta em energia não renovável, a Figura 2 representa a matriz elétrica brasileira.



Fonte: Elaborada a partir de dados da ANEEL (2023)

Segundo dados da ANEEL (2023) observados na Figura 2, em abril do ano de 2022, é uma matriz pouco diversificada, as termelétricas (UTE), foram responsáveis por 24,33% da matriz elétrica brasileira, estando atrás apenas de usinas hidrelétricas (UHE), que apesar de serem consideradas como energia renovável por suas turbinas gerarem energia através da água, uma fonte natural, abastece a matriz elétrica com 52,31% e têm suas desvantagens. Conforme o Movimento dos Atingidos por Barragem - MAB (2021), o uso de usinas hidrelétricas modifica todo um ecossistema, a região onde a mesma é instalada tem de ser inundada (enormes hectares de terra), causando desalojamento de animais e de seres humanos que vivem nesses locais. Também gera mudanças na vegetação nativa, no solo, no ar e na água, feita pelos alagamentos de grandes regiões.

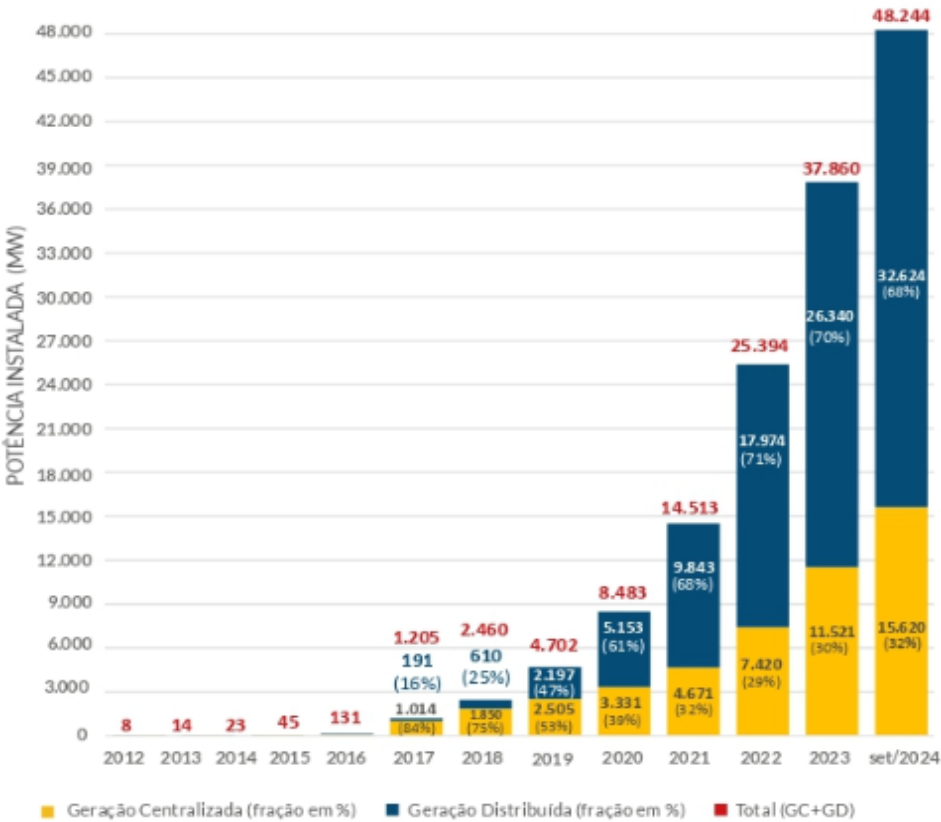
Dessa forma, é importante ressaltar que as usinas hidrelétricas também contribuem para as emissões de gases de efeito estufa. Essas emissões ocorrem devido ao acúmulo de matéria orgânica em decomposição, resultando na produção de dióxido de carbono e metano, o que contribui para o aumento do aquecimento global (FEARNSIDE, 2009). Além disso, as usinas hidrelétricas apresentam outras desvantagens, como por exemplo, durante períodos de seca, os níveis das barragens diminuem, o que afeta a geração constante de energia, porém, é durante esses períodos que as temperaturas são mais elevadas, o que provoca o aumento significativo do consumo de energia elétrica.

Ainda, na Figura 2, aparecem as usinas eólicas (EOL) 13,71%, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) 32,93%, centrais geradoras fotovoltaicas (UFV) 5,27%, usinas termonucleares (UTN) 1,01%, centrais geradoras hidrelétricas (CGH) 0,44%. No entanto, para que ocorra uma maior diversificação da matriz elétrica brasileira, o país deve investir mais em novas tecnologias para com isso não ficar na dependência de apenas dois tipos de fontes geradoras de energia. Sendo que com maiores investimentos nos setores de fontes alternativas no país, como, por exemplo, energia eólicas e energia solar, diversificariam a matriz energética, pois ambas usam recursos renováveis com poucos impactos ambientais gerando sustentabilidade, diversificação e qualidade dessa eletricidade oferecida, evitando assim crises como as vistas nos anos de 2001 e 2021 no país, as quais provocaram prejuízos como um todo.

Conforme destacado pelo Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE (2020), o conceito de geração distribuída refere-se à produção de energia elétrica próxima ou junto aos consumidores, independentemente da potência, tecnologia ou fonte de energia utilizada. Esse conceito tem evoluído constantemente, e de acordo com Braun-Grabolle (2012), além de

reduzir os custos operacionais do sistema elétrico como um todo, em relação à interligação e distribuição de energia, a geração distribuída também ajuda a diminuir as perdas e traz diversos benefícios tanto para o sistema elétrico quanto para a população que se beneficia dessas gerações próximas. Após a entrada em vigor da Resolução Normativa 482/2012, que colocou a geração distribuída em destaque público pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), esse setor tem experimentado um crescimento significativo a cada ano, conforme Figura 3.

Figura 3 - Crescimento de Potência Instalada no Setor de Sistemas Fotovoltaicos



Fonte: Infográfico Absolar (2024)

A Figura 3 apresenta a evolução da potência instalada de geração de energia elétrica no Brasil, destacando as categorias de geração centralizada e geração distribuída entre 2012 e setembro de 2024. Nota-se um crescimento expressivo da geração distribuída, especialmente a partir de 2018, que passa a representar uma fração significativa do total de potência instalada, chegando a 68% em 2024. Em contraste, a geração centralizada, embora ainda dominante, viu sua participação relativa reduzir, evidenciando uma diversificação nas fontes de geração. Esse aumento na geração distribuída reflete uma tendência crescente de investimento em fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica.

2.3 Consumo de energia elétrica e bem-estar

O consumo de energia elétrica pode ser modelado de forma semelhante ao consumo de bens mais concretos, utilizando princípios de microeconomia como bem-estar, elasticidade e utilidade. Cada consumidor, ao buscar maximizar seu bem-estar, ajusta seu consumo de energia de acordo com as mudanças no ambiente, como preço da energia, condições climáticas ou período do dia. Entende-se que esses ajustes são feitos de maneira independente por cada indivíduo, visando alcançar um nível máximo de satisfação (SAMADI *et al*, 2010). Portanto o bem-estar de consumir esta energia elétrica de maneira mais sustentável e economicamente mais rentável com outras formas de geração se diferencia conforme a demanda deste consumidor tanto residencial comercial ou industrial e ainda região geográfica que estes consumidores estão localizados.

A elasticidade, por sua vez, refere-se à sensibilidade da demanda às variações de preço, indicando o quanto a quantidade demandada de um produto muda em resposta às flutuações de preço. Já a utilidade é a capacidade dos bens ou serviços de satisfazer uma ou mais necessidades dos consumidores. Em termos teóricos, a satisfação derivada de cada bem ou serviço é quantificada por uma função conhecida como função utilidade. Essa função permite medir, de maneira estruturada, o grau de satisfação que um consumidor obtém ao utilizar um produto ou serviço, proporcionando uma visão mais detalhada da relação entre consumo e maximização do seu bem-estar (REBELATTO, 2004).

Outra forma de valorizar economicamente este consumo de energia elétrica de maneira a escolher entre vários tipos de geração de energia está relacionada ao conceito de externalidades (FURTADO, 2016). Externalidades referem-se a efeitos colaterais ou impactos secundários que a atividade de uma pessoa ou empresa pode ter sobre outros indivíduos ou sobre o ambiente, sem que esses efeitos sejam refletidos no custo, no preço do bem ou serviço em questão. Esses impactos podem ser positivos ou negativos (MASSOLI; BORGES, 2014).

No setor de energia elétrica, o processo de definição de preços apresenta falhas de mercado. A geração de eletricidade está associada a elevadas emissões de poluentes, o que gera graves consequências para o clima, a saúde pública e outras áreas. Esses impactos ambientais não são considerados nas transações do mercado, resultando em externalidades negativas para a sociedade. Em outras palavras, o sistema de precificação no mercado elétrico não incorpora os efeitos ambientais decorrentes da geração de energia.

No modelo econômico do setor elétrico, as fontes de energia alternativas e limpas, cujos preços não refletem seus benefícios ambientais, continuam com menor competitividade no mercado. Com isso, as fontes convencionais, cujos impactos ambientais negativos não são incorporados nos preços da energia, permanecem mais competitivas e predominantes (LOPES, 2009). Para corrigir essas falhas de mercado e alcançar uma alocação eficiente de recursos, é necessário internalizar as externalidades, ou seja, incluí-las no sistema econômico para que sejam refletidas nos preços de bens e serviços. Um aspecto crucial na quantificação das externalidades é a atribuição de valor monetário (Gordilho e Duarte, 2022).

Ainda segundo os autores, existem valores inegociáveis aos quais é impossível atribuir um preço, como a vida humana, espécies animais, uma floresta e outros exemplos semelhantes. Contudo, o alcance da valoração monetária restringe-se a determinar o valor de uma mudança marginal na disponibilidade desses bens. Essas alterações na disponibilidade incluem modificações na qualidade e quantidade de um bem ou serviço oferecido à sociedade.

O que se avalia é a disposição a pagar (DAP) para evitar uma mudança ou para compensar uma alteração subsequente. Por exemplo, a valoração econômica não pretende estabelecer uma medida de valor absoluto para uma vida humana, mas sim determinar o valor que as pessoas estão dispostas a pagar por pequenas variações na expectativa ou qualidade de vida.

2.4 Sustentabilidade a partir de sistemas solares

O estudo e aplicação do conceito de sustentabilidade vêm ganhando destaque, estando estreitamente ligado ao desenvolvimento sustentável. Segundo Elkington (1999), envolve a criação e a manutenção de condições que permitam a coexistência harmoniosa e equilibrada entre o desenvolvimento humano e a preservação do meio ambiente. O objetivo é atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.

Esse conceito conforme Molina (2019), se desdobra em três pilares principais, o econômico que envolve práticas que promovam o crescimento econômico sem causar danos ambientais ou sociais. Isso inclui a utilização eficiente dos recursos, a inovação tecnológica, e a criação de empregos sustentáveis. O social ao qual foca na promoção de equidade, justiça social e melhoria de qualidade de vida. E o ambiental cujo refere-se à proteção dos ecossistemas e a gestão responsável dos recursos naturais. Nesse contexto de desenvolvimento sustentável,

a necessidade de cidades inteligentes tem sido amplamente difundida em escala global, impulsionada pelos desafios emergentes decorrentes do crescimento populacional.

A geração de energia fotovoltaica, que aproveita a luz solar para produzir eletricidade, é uma solução chave para a sustentabilidade ambiental. Esse tipo de energia limpa e renovável não emitindo gases de efeito estufa nem poluentes durante sua operação, ao contrário das fontes fósseis tradicionais como carvão e petróleo. Alguns de seus benefícios são redução de emissões de carbono, conservação dos recursos naturais, autossuficiência energética, preservação da biodiversidade, e criação de empregos. A integração da energia fotovoltaica na matriz energética é uma estratégia essencial para alcançar a sustentabilidade. Ao adotar essa tecnologia, é possível promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental de forma equilibrada e inter-relacionado.

Para Taylan, Samu e Fahrioglu (2016) promovendo a adoção de sistemas fotovoltaicos nos setores residenciais, comerciais e industriais, este conjunto de iniciativas não apenas incentiva, mas também aborda a implantação efetiva dessa tecnologia. Desde o início de sua expansão por volta de 2010 até os dias atuais, observa-se um crescimento anual contínuo, consolidando os SFVs como a fonte mais disseminada e acessível de energia elétrica renovável na contemporaneidade. Esta tecnologia destaca-se não apenas por seu baixo impacto ambiental durante a implementação, mas também por suas reduzidas emissões de CO₂ e retorno de investimento de curto a médio prazo, particularmente notável para consumidores residenciais.

No entanto, conforme Vichi e Mansor, (2009) apesar dos avanços significativos na adoção de sistemas solares, ainda existem desafios a serem enfrentados para alcançar uma transição completa para fontes de energia renovável. Um dos obstáculos cruciais é a necessidade de infraestrutura adequada e investimentos substanciais para garantir a eficiência e a confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos. Além disso, a conscientização e a educação continuam desempenhando papéis essenciais na promoção da sustentabilidade, pois muitas comunidades e empresas podem não estar plenamente informadas sobre os benefícios e as oportunidades oferecidas pela energia solar.

Segundo PATEL (2015), superar esses desafios, é de suma importância que os governos, as instituições acadêmicas e as empresas colaborem de forma estratégica, promovendo políticas que incentivem a integração de sistemas solares em larga escala. O estabelecimento de incentivos fiscais, subsídios e programas educacionais pode ser fundamental para acelerar a transição para uma matriz energética mais sustentável. Além disso,

a pesquisa contínua e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras são cruciais para aprimorar a eficiência dos sistemas solares e torná-los ainda mais acessíveis. Ao enfrentar esses desafios de maneira proativa, podemos transformar progressivamente nossa infraestrutura energética e avançar em direção a um futuro mais verde e sustentável.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente estudo objetivou investigar a viabilidade econômico-financeira da implementação de um sistema fotovoltaico, considerando tanto residências quanto indústrias com diferentes padrões de consumo de energia elétrica na cidade de Rio Grande, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Esta pesquisa se mostra relevante, uma vez que estudos anteriores têm demonstrado a viabilidade da geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos em outras localidades do país, como exemplificado por Dalfovo *et al.* (2019) no caso da cidade de Sinop - MT, além de estar alinhada com a proposta de diversificação da matriz energética com foco na sustentabilidade e frente à escassez de pesquisas nesta área para a região em questão.

Para este fim, o presente estudo adota uma abordagem metodológica que combina elementos descritivos e quantitativos. No que concerne ao método descritivo, seguindo a definição de Souza, Silva e Santos (2017), sua finalidade reside na análise das características de um grupo por meio da observação, ordenação, registro e análise de dados, sem qualquer forma de interferência por parte do pesquisador.

Por outro lado, conforme Fonseca (2002) descreve, a pesquisa quantitativa fundamenta-se na coleta de dados numéricos, possibilitando responder às questões que orientam a investigação e empregando instrumentos estatísticos para análise dos dados, permitindo assim a verificação de diversas hipóteses. Essa combinação de abordagens metodológicas proporciona uma compreensão abrangente e detalhada do fenômeno em estudo, garantindo uma análise rigorosa e fundamentada.

3.2 Coleta de dados residencial e industrial

A caracterização dos padrões de consumo foi realizada através das contas de energia elétrica de residências e indústria, emitidas mensalmente pela concessionária local, a Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica – CEEE – do grupo Equatorial, no período de 2023. Foram escolhidos cinco domicílios e duas indústrias com valores de consumo

diferentes e a disponibilidade dessas informações junto a uma empresa atuante no ramo de energia solar. Sendo Assim diferentes consumos investigados a partir das contas de energia elétrica com consumo diversificados em bairros distintos da cidade de estudo.

3.3 Levantamento do sistema *on-grid*

Portanto após escolher os bairros de estudos delimitado através de dados do IBGE onde se viu diferenças da média de renda domiciliar, determinou-se a viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico. É essencial inicialmente identificar a localização geográfica da cidade em questão. No caso presente, a cidade em estudo está situada nas coordenadas geográficas de latitude 32° 1' 60" Sul e longitude 52° 5' 55" Oeste. Cada região possui uma irradiação solar específica, fornecida pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB), em função de suas coordenadas geográficas.

Assim, para a região de Rio Grande, assim como para a média nacional, é disponibilizada a Irradiação Solar Média (ISM), que representa a quantidade de energia solar propagada mensalmente, conforme detalhado na Tabela 1. O valor destacado ao término da tabela corresponde à média anual da irradiação solar, servindo como referência fundamental para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Tabela 1: Irradiação Solar Diária Média no Município de Rio Grande – RS (kWh/m² Dia)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Rio Grande	6,38	5,74	4,85	3,63	2,65	2,21	2,38	3	3,62	4,93	6,23	6,79	4,37
Brasil	5,09	5,13	4,86	4,61	4,29	4,31	4,48	5,11	5,23	5,31	5,27	5,25	4,91

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do CRESESB (2024)

* ISM - Irradiação Solar Média

Dessa forma, utilizando como referência a demanda registrada na conta de energia elétrica fornecida pela CEEE ao qual faz parte do grupo Equatorial e a Irradiação Solar Média da cidade, procedeu-se ao dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica. Os valores obtidos junto à concessionária permitiram calcular o consumo médio mensal de energia em kWh. A análise desses dados possibilitou a obtenção da média anual de consumo de energia elétrica, visando maior precisão nos cálculos. Com base na média diária de consumo em kWh/dia e na média diária de irradiação solar da região, foi calculada a potência total que o sistema fotovoltaico necessita fornecer. Esse processo é crucial para garantir uma adequada correspondência entre a demanda energética e a capacidade de geração do sistema.

A partir desses dados, procedeu-se à análise da variação do consumo ao longo do ano de 2023 e início de 2024. Utilizando a média diária expressa em kWh/dia, foi determinado o

valor de kWp, que representa a potência total que o sistema de energia fotovoltaica instalado deve fornecer. Conforme explica Masutti, Tabarelli e Santos (2015), o cálculo da potência total é realizado de acordo com a Equação 1, que leva em consideração diversos fatores relevantes para a eficiência e adequação do sistema às necessidades de consumo.

E que segundo esse mesmo autor as perdas do sistema ($\eta_{\text{rendimento}}$) levam em consideração perda de temperatura, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira, cabeamento corrente contínua, cabeamento corrente alternada (CA) e inversor, o valor utilizado foi de 20% de perdas para o rendimento considera-se manutenção das placas troca de algum equipamento queimado, e até mesmo presença forte da maresia no município de Rio Grande.

$$Potência\ Total_{Painéis} = \frac{Energia_{Geração}}{Tempo_{Exposição} * \eta_{Rendimento}} \quad (1)$$

Onde:

Potência Total_{Painéis}: valor da demanda de energia do cliente precisa para cálculo do equipamento;

Energia_{Geração}: Média diária kWh/dia;

Tempo_{Exposição}: Irradiação solar média anual;

$\eta_{\text{rendimento}}$: Perdas do sistema

Para calcular os equipamentos necessários neste estudo, seguimos as exigências para a instalação do sistema fotovoltaico. A fim de obter uma avaliação rápida do custo total do sistema, solicitamos orçamentos a uma empresa de Rio Grande. Cada empresa listou os equipamentos e suas quantidades para os casos de estudo, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4: Kit de Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: Iluminasol (2023)

Dessa forma, em parceria com uma empresa renomada em Rio Grande, no ramo de projetos e instalações de sistemas fotovoltaicos, foram solicitados orçamentos abrangendo mão de obra, projeto, materiais (kit solar) e garantias, visando obter uma perspectiva realista. Os detalhes dos equipamentos estão disponíveis na lista de materiais da empresa que apresentou o menor custo, como indicado no Apêndice A desta pesquisa. Para avaliar a viabilidade econômico-financeira, esta empresa forneceu então este orçamento ao qual foi base para os cálculos de viabilidade econômico financeiro.

3.4 Análise financeira na viabilidade de sistemas solares

Para elaborar um projeto, é essencial identificar os principais elementos do mercado e realizar um estudo aprofundado. Segundo Rebelatto (2004), a análise deve seguir uma sequência de procedimentos em espiral, garantindo que o investimento esteja bem fundamentado. Um bom investimento exige um objetivo sólido, que pode ser reforçado por um plano de ação bem estruturado. O uso do fluxo de caixa como ferramenta auxilia na tomada de decisões e, para alcançar bons resultados, é fundamental considerar todas as variáveis em conjunto. Esse planejamento cuidadoso é essencial para a execução de um grande projeto no futuro. Os três indicadores financeiros - valor presente líquido, taxa interna de retorno e período de retorno do investimento - permitem testar se o projeto é viável ou não, ou seja, verificando se o modelo é adequado para determinada empresa, comércio ou residência (Buarque, 1984).

3.4.1 Valor Presente Líquido

De acordo com o estudo de Silva e Fontes (2005, p. 932), o conceito de “valor presente líquido (VPL) de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado”, representando, portanto, a discrepância entre o valor atualizado das entradas financeiras e o valor atualizado das saídas monetárias.

O método do Valor Presente Líquido é reconhecido como uma abordagem tradicional e altamente eficaz para a avaliação de investimentos, conforme discutido por Schroeder *et al.* (2005). Esta metodologia busca otimizar a seleção entre diversos projetos, examinando os valores presentes dos fluxos de caixa futuros após aplicar uma taxa de desconto. Na avaliação de decisões entre alternativas de projetos, esse método se destaca como uma ferramenta útil e avançada, como observado por Groppelli e Nikbakht (1998). O cálculo do VPL segue os princípios definidos na Equação 2.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n} - Investimento\ Inicial \quad (2)$$

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido;

FC_n: Fluxo de caixa n períodos;

TMA: Taxa Mínima de Atratividade;

n: período de cada fluxo de caixa.

Quando o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo (>0), indica que o projeto em análise é considerado viável. Isso significa que não só cobre o investimento inicial, mas também gera retorno para o investidor, resultando em excedentes financeiros. Se o VPL for nulo (=0), o projeto ainda é viável, mas apenas o suficiente para recuperar o investimento inicial. No entanto, se o VPL for negativo (<0), isso indica que o projeto não é economicamente viável, (WESTON; BRIGHAM, 2000).

3.4.2 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a taxa de remuneração de um empreendimento ao longo de um período específico, considerando o fluxo de caixa associado. Em outras palavras, é a rentabilidade do projeto após o desconto do fluxo de caixa ao longo do tempo, resultando na anulação do investimento inicial do projeto quando o VPL do fluxo de caixa é igual a zero, conforme discutido por (GITMAN, 2001).

Conforme mencionado pelo autor, a taxa de juros aplicada ao valor presente das receitas geradas pelo projeto é igual ao valor presente dos gastos. Portanto, a Taxa Interna de Retorno (TIR) se torna uma ferramenta valiosa para a comparação de investimentos, como destacado por Pilão e Hummel (2003). Conforme Equação 3 o método de cálculo da TIR está detalhado.

$$0 = \sum_{i=1}^{n=N} \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - Investimento\ Inicial \quad (3)$$

Onde:

TIR: Taxa Interna de Retorno;

FC_i: Fluxo de caixa líquido no momento;

i: Período de cada investimento.

Segundo Pires (2008), um projeto é considerado mais vantajoso e viável quanto maior for sua Taxa Interna de Retorno (TIR), desde que esta supere a taxa mínima de atratividade (TMA).

3.4.3 Período de Retorno do Investimento

Um *payback* menor sugere um menor risco associado ao investimento, pois representa um período mais curto para o retorno do capital investido, esse método apresenta uma vantagem significativa em seu cálculo, fornecendo uma indicação direta do tempo necessário para o retorno do investimento, o que está diretamente relacionado ao risco envolvido, como explicado por Pires (2008). Assim, um período de recuperação mais longo indica um maior risco. Esse método sugere que um projeto é rentável quando os fluxos de caixa recuperam o investimento inicial dentro de um prazo determinado, tornando-o atraente para investimento. No entanto, sua desvantagem reside na falta de consideração do valor do dinheiro ao longo do tempo, conforme descrito na Equação 4.

$$PB_{(Payback)} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganhos no período}} \quad (4)$$

Onde:

PB *(payback)*: Período de Retorno esperado do investimento

Já o *payback* descontado, conforme explicado por Souza e Clemente (2009), avalia o tempo necessário para recuperar o investimento inicial de um projeto, levando em conta o valor do dinheiro ao longo do tempo. Resumidamente, foi conduzida a avaliação e cálculo do investimento requerido para a implantação do sistema proposto, levando em conta os custos dos equipamentos, do projeto e da instalação. A partir desses dados, procedeu-se à análise da viabilidade econômico-financeira dos sistemas em diversos níveis de consumo de energia elétrica na cidade de Rio Grande, utilizando as médias anuais de consumo obtidas das faturas de energia elétrica dos domicílios como base.

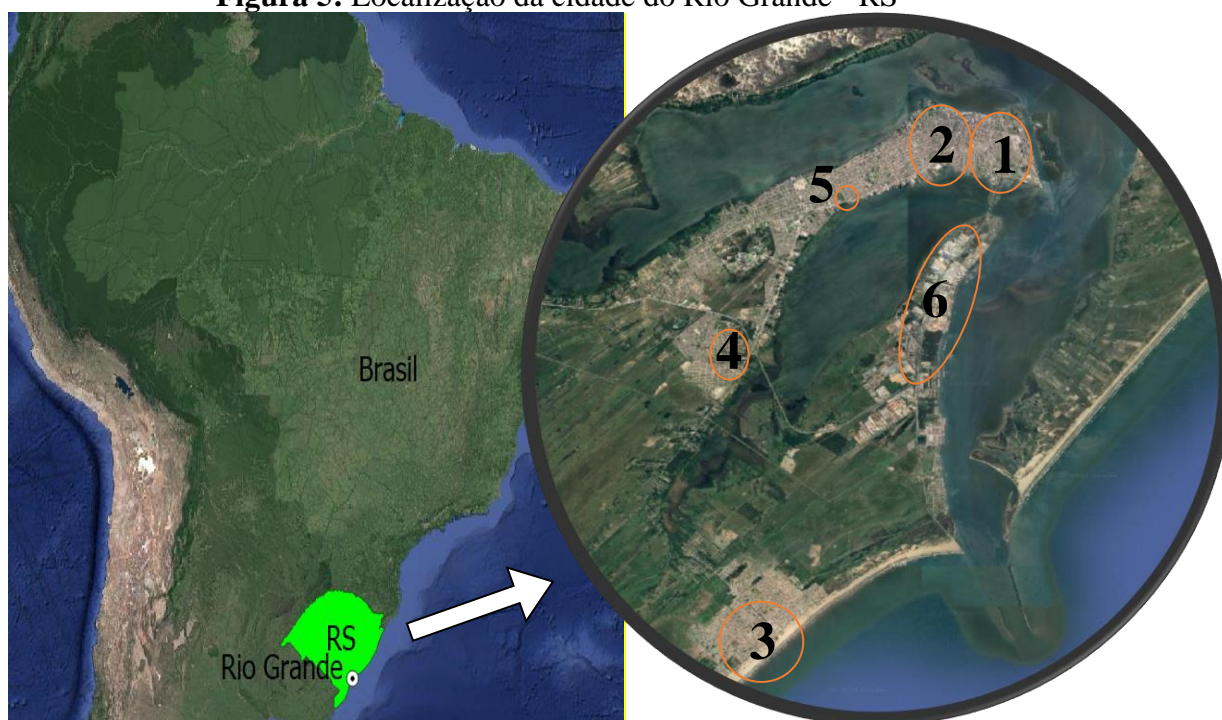
A análise desses indicadores será efetuada em relação à taxa mínima de atratividade para investimentos, que corresponde à média do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), fixada em 10,65%. Isso permitirá avaliar a viabilidade financeira do projeto em diferentes consumos de energia elétrica. Para tanto, serão utilizadas medidas como o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o período de retorno do investimento (*payback*), considerando um horizonte de investimento de 25 anos.

Esse prazo é determinante para a eficiência dos painéis solares ao longo de sua vida útil, além de representar o tempo máximo para recuperar o investimento. Adicionalmente, a análise levou em conta uma taxa de inflação acumulada em 12 meses (fevereiro de 2024) de 4,50% obtida por meio da média do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) (IPCA, 2023), ao longo dos 25 anos, conforme garantido pelos fabricantes.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O município brasileiro em análise é localizado no litoral sul do estado do Rio Grande do Sul, com uma população estimada em 191.900 habitantes. Em 2021 registrou o quarto maior Produto Interno Bruto - PIB dentre as cidades gaúchas (IBGE, 2022). Situado no bioma pampa, fica entre a Lagoa Mirim, Lagoa dos Patos (a maior laguna do Brasil) e é banhado também pelo oceano atlântico. Sua principal atividade econômica gira em torno do setor industrial e do porto de Rio Grande, que segundo o Anuário Estatístico Aquaviário (ANTAQ, 2021) é o quarto em movimento de carga do Brasil, e a principal via marítima de importação e exportação do Rio Grande do Sul, sendo considerado um porto regional de grande porte.

Figura 5: Localização da cidade do Rio Grande - RS



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do QGIS (2024).

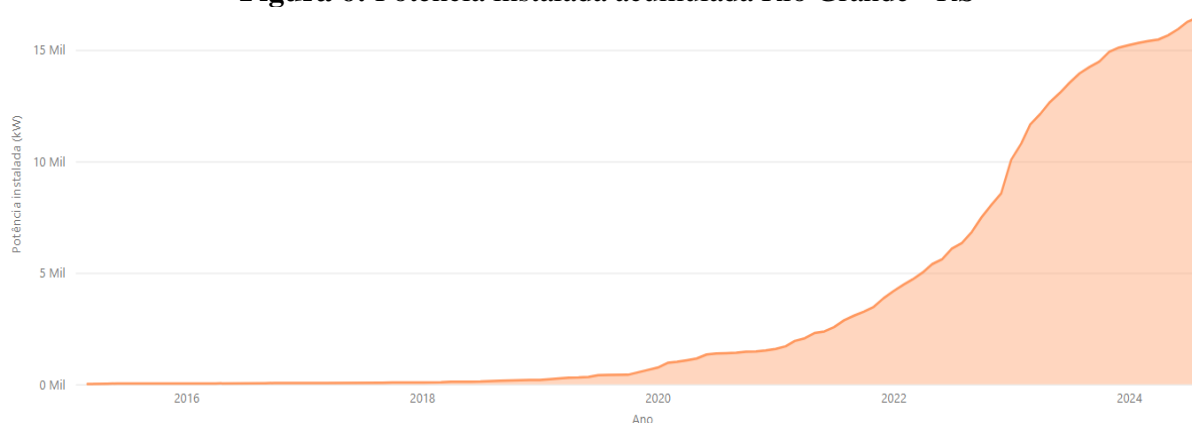
No mapa da Figura 5, são apresentados os bairros estudados, com a localização aproximada das indústrias avaliadas. Os bairros estão dispostos conforme seus níveis de consumo de energia elétrica, do menor para o maior, zonas de 1 a 5. A Zona 6 foi definida como área industrial, localizada na Zona Industrial Tamandaré.

A cidade de Rio Grande segundo o painel de geração distribuída fotovoltaica no Rio Grande do Sul, ao qual apresenta dados do mês de junho de 2009 até agosto de 2024, apresenta uma potência instalada de mais que 16MW, com 2558 instalações ao longo de seu território e com 3340 unidades consumidoras atendidas, ficando em 40ª posição no estado. Com base na Figura 6 que mostra a potência instalada acumulada de geração fotovoltaica distribuída na cidade de Rio Grande, podemos observar um crescimento expressivo ao longo dos anos. A cidade, destaca-se não apenas por sua importância econômica, mas também pelo avanço na adoção de energia solar.

Desde junho de 2009, quando os primeiros sistemas fotovoltaicos foram instalados, Rio Grande tem apresentado um crescimento contínuo na capacidade instalada de geração de energia solar. Esse aumento reflete a expansão da consciência ambiental e o incentivo ao uso de fontes de energia renováveis na região. Em agosto de 2024, a potência instalada acumulada ultrapassou os 16 MW, consolidando a cidade como um dos polos emergentes de energia solar.

Esse progresso é evidenciado por 2.258 instalações fotovoltaicas que abastecem 3.340 unidades consumidoras. Esses números colocam Rio Grande na 40ª posição em potência instalada no Rio Grande do Sul, mostrando que, apesar de seu papel significativo na economia do estado, a cidade também tem investido fortemente em tecnologias sustentáveis, contribuindo para a diversificação de sua matriz energética, assim como o aumento da potência instalada ao longo dos anos demonstra o potencial de crescimento da geração distribuída na cidade.

Figura 6: Potência instalada acumulada Rio Grande - RS



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados ANEEL

Acompanhando as tendências globais de investimento em energia limpa e sustentável, como ilustrado na Figura 6, a geração distribuída em pequena escala refere-se à produção de energia elétrica próxima ao local de consumo, com dados voltados principalmente para usinas solares. Esse tipo de geração se divide em duas categorias: microgeração, que inclui sistemas

com potência instalada de até 75 kW, e minigeração, abrangendo sistemas entre 75 kW e 5 MW. Essas iniciativas promovem maior autonomia energética, reduzindo a dependência das grandes redes de distribuição e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Na Figura 7, são apresentados dados específicos da cidade de Rio Grande, incluindo a potência instalada em kW e o número de instalações desses sistemas de geração.

Figura 7: Micro e minigeração na cidade de Rio Grande



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANEEL

O consumo por classes de geração distribuída na cidade de Rio Grande reflete a diversificação do uso de energia renovável em diferentes setores da economia. Os dados da Tabela 2 demonstram que a classe residencial é a principal responsável pela adesão à geração distribuída, com 61,27% das instalações, seguida pelos setores comercial 27,84% e rural com 7,21%, que busca reduzir custos energéticos e aumentar a eficiência. O setor Industrial no município apresenta 2,38% de geração distribuída para melhorar suas operações, enquanto o poder público com 1,30%.

Tabela 2: Distribuição de Classes de Consumo de Energia na cidade de Rio Grande

Classe de consumo	Potencial Instalado (kW)	%	Nº de instalações	%
Residencial	10.083,95	61,27%	1905	84,37%
Comercial	4.582,23	27,84%	271	12,00%
Rural	1.186,59	7,21%	60	2,66%
Industrial	391,69	2,38%	16	0,71%
Poder Público	214,27	1,30%	6	0,27%
Total	16.458,73	100,00%	2258	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANEEL

Ainda conforme Tabela 2 a distribuição do número de instalações de sistemas de energia fotovoltaica na cidade de Rio Grande revela que o setor residencial é o grande protagonista, representando 84,37% do número de instalações, o que reflete a crescente adoção de sistemas de geração distribuídos pelos consumidores residenciais. Em contrapartida, o setor

comercial, embora apresente uma potência instalada significativa, corresponde a apenas 12% das instalações. Setores como o rural e o industrial têm uma presença ainda mais limitada, com 2,66% e 0,71%, respectivamente, o que indica que esses segmentos ainda possuem um potencial subaproveitado. O poder público, por sua vez, registra um número muito pequeno de instalações (0,27%), reforçando a necessidade de políticas públicas para fomentar esse tipo de investimento no setor.

Levando em conta distintos padrões de consumo, tanto residencial quanto industrial, os domicílios analisados compartilham algumas características comuns, embora se distingam pela localização dos bairros onde foram coletados os dados. A Tabela 3 mostra o consumo mensal em kWh em cada residência de bairros diferentes da cidade em estudo. As indústrias por sua vez ficam na área industrial da cidade. Elas possuem a mesma demanda contratada de 250 kW, porém, o cálculo do sistema fotovoltaico foi realizado em função da demanda fora de ponta, valores esses aos quais se diferenciam entre essas empresas. Esse intervalo é das 0h às 17h59 e das 21h às 23h59 segunda ANEEL, 2024.

Tabela 3: Consumo Mensal de Energia (kWh)

	BGV	Centro	Cassino	Jardim do sol	Hidráulica	Industria A	Industria B
Fev/24	66	227	695	1.714	4.368	46.549	82.638
Jan/24	72	214	501	1.875	3.887	50.947	73.423
Dez/23	61	166	406	1.820	3.774	63.458	71.452
Nov/23	50	176	387	1.690	3.067	43.559	74.578
Out/23	65	194	368	1.531	4.011	74.845	79.099
Set/23	50	172	372	1.463	2.857	45.604	72.098
Ago/23	79	180	388	1.276	3.007	44.308	80.789
Jul/23	80	151	381	1.200	3.227	66.296	82.978
Jun/23	90	227	384	1.163	4.405	43.508	89.908
Mai/23	93	249	362	1.155	4.515	73.296	86.794
Abr/23	79	224	407	1.201	4.692	55.729	67.767
Mar/23	85	252	456	1.223	4.681	60.643	87.658
Média mensal	73	203	426	1.443	3.874	55.729	79.099
Média Diária	2,39	6,68	14,03	47,51	127,62	1.832,19	2.600,52
Total	870	2.432	5.107	17.311	46.491	668.742	949.182

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados coletados de contas de energia

* Valores da tabela são do consumo mensal das residências em estudo em kWh.

Portanto na Tabela 3 temos o consumo mensal na conta de luz de cada residência e indústria coletada, assim como a média mensal, média diária e o consumo anual. Dados esses coletados para efeito de cálculo tanto do sistema fotovoltaico quanto para a análise de viabilidade econômico-financeira desses sistemas em estudo. De acordo com os trabalhos

realizados por Cohen (2003), existe uma relação direta entre a renda das famílias e o seu consumo de energia residencial. As famílias de maior renda não apenas consomem significativamente mais energia do que as de renda mais baixa, mas também direcionam grande parte desse consumo para eletricidade e serviços de transporte. Em contraste, as famílias de menor renda têm um consumo de energia reduzido.

Assim com os valores de consumo médio diário das residências e indústrias bem como da exposição do sol no município de Rio Grande, pode-se determinar a quantidade de energia elétrica de um sistema solar a ser instalado. Quanto maior for a irradiação solar, maior será a eficiência do projeto de painéis fotovoltaicos. De acordo com a Tabela 1 a média de irradiação solar em Rio Grande é de 4,37 kWh/m².

Foi considerado também, para todas residências e indústrias, um rendimento de 80% levando em conta fatores como perda de temperatura, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira nos equipamentos externos, cabeamento CC e CA e inversor. Fixando assim 20% de perdas ao longo dos 25 anos de garantia dos fabricantes. Esse rendimento é calculado para proporcionar uma folga ao sistema, permitindo que ele opere com uma margem de segurança e evitando que o projeto atenda apenas à demanda exata de energia do domicílio. Portanto, com a Equação 1, foi calculado o valor de potência total de cada instalação conforme Tabela 4.

Tabela 4: Potência Total (kWp)

Bairro	Média do Custo do (kWh/mês)	Média Diária (kWh/dia)	Potência Total (kWp)
BGV	R\$ 76,47	2,39	0,68
Centro	R\$ 210,26	6,68	1,90
Cassino	R\$ 459,81	14,03	4,00
Jardim do sol	R\$ 1.538,86	47,51	13,53
Hidráulica	R\$ 4.160,29	127,62	36,35
Industria A	R\$ 35.630,57	1.832,19	521,90
Industria B	R\$ 50.572,42	2.600,52	740,76

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados coletados

Conforme dados analisados a partir do consumo de energia elétrica levando em consideração os anos de 2023 e 2024, foi possível calcular o dimensionamento do sistema de energia fotovoltaico que será instalado ao telhado desta residência. Essas contas geram um custo médio ao mês. A seguir tira-se a relação diária e chega-se em valores de potência total. Com esses valores foi pedido um orçamento em uma empresa de energia solar para cada cliente,

fixadas na cidade em estudo, para dimensionar o número de placas necessárias para instalação desses sistemas de energia fotovoltaica, assim como mão de obra e projeto.

Com base na análise do valor da potência total, determina-se o número de placas necessárias para atender 100% das demandas das residências pesquisadas e, no caso das indústrias, foi projetado um sistema fotovoltaico apenas para os horários fora de ponta. A Tabela 5 apresenta um resumo dos resultados, incluindo a potência gerada por cada equipamento, que depende do dimensionamento do projeto, podendo variar para mais ou para menos. Além disso, os custos dos kits de equipamentos fotovoltaicos também irão diferir.

No Apêndice A, encontram-se as especificações de cada kit conforme consumo considerado de todas residências e indústrias indicados no estudo. A empresa do setor fotovoltaico responsável pelos orçamentos dos equipamentos elaborou projetos próximos, e o número de placas foi diferente para cada caso de estudo, nesses respectivos projetos. Assim a potência gerada pelos equipamentos variou ligeiramente conforme os orçamentos desta empresa. Essas variações ocorrem devido aos dados inseridos pelos projetistas, e qualquer alteração nos valores ou no rendimento resultará em diferenças. Nos orçamentos, já estão inclusas todas as despesas, como a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), a instalação, os equipamentos e o material de instalação a Tabela 5 mostra esses valores de forma resumida.

Tabela 5: Sistema Dimensionado Conforme Demanda de Cada Residência e Indústria

Bairro	Número de placas	Potência Gerada kWp	Orçamento
BGV	3	1,65	R\$ 7.263,31
Centro	4	2,20	R\$ 8.374,43
Cassino	8	4,40	R\$ 12.512,48
Jardim do sol	25	13,75	R\$ 34.895,59
Hidráulica	67	36,85	R\$ 92.255,60
Indústria A	967	531,85	R\$ 1.552.731,96
Indústria B	1.372	754,60	R\$ 2.056.822,71

Nota: Potência gerada foi especificado pelo fabricante das placas dados coletados no orçamento

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados fornecidos pelos orçamentos de uma empresa do setor (2024)

Após a instalação dos sistemas residenciais e industriais, a conta de energia não é completamente zerada devido à taxa mínima cobrada pela concessionária, que varia conforme o tipo de ligação, segundo a ANEEL (2015). Todo excedente produzido por esses sistemas, que são homologados pela concessionária, é injetado na rede elétrica. Os créditos gerados podem ser utilizados dentro da mesma área de concessão ou permissão por um período de até 60 meses, conforme a Resolução Normativa 687/2015.

Para avaliar a viabilidade econômico-financeira de um sistema fotovoltaico, foram calculados o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* descontado. Esses cálculos foram feitos com base em uma taxa mínima de atratividade de investimento, definida pela taxa média do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), que foi considerada em 10,65% a taxa acumulada de abril de 2024. Portanto, ao longo dos 25 anos, a estimativa de produção de energia anual diminui, refletindo a perda de rendimento ao longo do tempo.

Após a elaboração do fluxo de caixa para cada usina, foram detalhados os custos do sistema, e os resultados para cada uma das cinco residências projetadas estão apresentados nas Tabelas 8A a 14A, no apêndice, levando em conta a depreciação anual e a vida útil garantida pelos fabricantes ao longo de 25 anos. Além disso, no preço da tarifa foi calculado um acréscimo de 4,50% ao ano, referente a inflação anual, considerou-se também uma perda de eficiência de 20%, conforme especificação dos fabricantes.

A Tabela 6 apresenta o resumo da análise financeira das residências e indústrias situadas na cidade de Rio Grande. Foi calculado a viabilidade de diferentes tipos de consumo de energia elétrica, não se tendo muitas diferenças pois a irradiação solar não tem muita variação dentro da cidade. Os valores do kWh de cada residência também não teve alterações pois o custo de energia se manteve o mesmo. Nas indústrias houve modificações em função do consumo do horário fora de ponta para ambas as indústrias.

Tabela 6: Analise indicadores financeiros e econômicos

Bairro	Investimento inicial (R\$)	TMA	VPL (R\$)	TIR	<i>Payback</i> descontado
BGV	-R\$ 7.263,31	10,65%	23.414,25	13,26%	8 Anos
Centro	-R\$ 9.684,41	10,65%	15.510,96	26,10%	5 Anos
Cassino	-R\$ 12.512,48	10,65%	40.377,61	40,38%	3 Anos
Jardim do sol	-R\$ 34.895,59	10,65%	144.420,27	48,31%	2 Anos
Hidráulica	-R\$ 92.255,60	10,65%	389.310,05	49,01%	2 Anos
Industria A	-R\$ 1.552.731,96	10,65%	2.603.735,03	26,76%	5 Anos
Industria B	-R\$ 2.056.822,71	10,65%	3.842.682,24	28,46%	5 Anos

Fonte: Elaborado pelo autor (2024). Os fluxos de caixas podem ser conferidos no Apêndice do estudo.

Sendo analisado os valores apresentados na Tabela 6, pode-se observar o investimento inicial de cada tipo de consumo residencial assim como de cada indústria em questão. Nas residências, mostram-se viáveis as respectivas instalações de sistemas fotovoltaicos, porém quanto menor o valor da instalação mais tempo esse sistema leva para se pagar.

Para o caso residencial a TIR variou entre 13,26% e 49,01%, sendo a residência do bairro Getúlio Vargas (BGV) com investimento inicial na faixa dos sete mil reais a que apresentou a menor, porém com TMA acima de 10,65%, indicando a viabilidade do investimento. Já os investimentos nos Bairros Jardim do Sol e Hidráulica foram os que apresentaram maior TIR e menor tempo de retorno do investimento, com, respectivamente 48,31% e 49,01%, indicando assim a viabilidade dos investimentos para todos os bairros avaliados no município.

Na análise industrial, foi considerado a mesma instalação para diferentes tipos de indústrias, porém com consumos diferentes no horário fora de ponta. Isso se dá por várias questões operacionais que não foram levadas em consideração aqui neste trabalho, mas tanto a indústria A quanto a indústria B, mesmo com consumos diferentes nos horários fora de ponta, se mostraram viáveis com VPL positivo e TIR entre 26,76% e 28,46%, acima da TMA de 10,65%, e o tempo de retorno se mostrou igual aos dois casos. Portanto, para o caso avaliado, em 5 anos estes sistemas se pagariam nas indústrias da cidade em questão. Isso se dá pois não se obteve muita diferença de consumo relevante nas duas empresas.

Diante dos cenários retratados no estudo, tem-se que a implementação do sistema fotovoltaico em âmbito residencial e industrial é viável mesmo para municípios do sul do Brasil, onde a incidência solar não é tão intensa quanto as demais regiões do país. Além disso, dada a reduzida implementação desses sistemas, sobretudo no setor industrial e público, abre-se uma janela de oportunidades para esses segmentos, aumentando assim a diversificação do consumo de energias renováveis no sul do Brasil.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de sistemas fotovoltaicos residencial e industrial no sul do Rio Grande do Sul. Com base nessa análise pode-se observar que o consumo de energia elétrica está inversamente relacionado com o tempo de retorno de um sistema de energia fotovoltaica. Portanto quanto menor o consumo de eletricidade maior o tempo de retorno deste projeto, isso somado a diferentes motivações para instalar um projeto de sistema fotovoltaico.

Todos os projetos residenciais, mostraram-se economicamente viáveis, com um período de análise de 25 anos, conforme a durabilidade estabelecida pelos fabricantes dos equipamentos. Portanto em todos os bairros analisados obtiveram em seu cálculo o valor

presente líquido positivo. Suas taxas internas de retornos deram acima da taxa mínima de atratividade. E o *payback* deu abaixo dos 25 anos para todos os casos.

Para as residências, com um consumo mais elevado, o tempo de retorno do investimento foi semelhante, de dois anos. Os tempos de retorno dos investimentos são considerados curtos em comparação com os períodos de garantia dos equipamentos. Assim como na análise industrial, considerada a mesma instalação para diferentes tipos de indústrias, porém com consumos diferentes no horário fora de ponta, tanto a indústria A quanto a indústria B, mesmo com consumos diferentes nos horários fora de ponta, se mostraram viáveis com VPL positivo e a taxa interna de retorno acima da taxa mínima de atratividade. E o tempo de retorno (*payback* descontado) se mostrou igual aos dois casos.

A análise dos diferentes cenários mostrou que a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos é altamente dependente do perfil de consumo de energia. Residências com maior consumo obtiveram retornos de investimento mais rápidos, destacando a importância de adaptar os incentivos e as políticas para diferentes padrões de consumo. O suporte governamental e privado é essencial para maximizar os benefícios econômicos e ambientais desses sistemas, promovendo uma transição mais rápida para uma matriz energética sustentável.

Além disso, a adoção de sistemas fotovoltaicos pode gerar impactos positivos significativos na economia local, criando empregos e incentivando o desenvolvimento tecnológico. A expansão da geração distribuída contribui para a diversificação da matriz elétrica e a redução da dependência de fontes de energia não renováveis. Com isso, incentivos públicos e privados para se ter uma melhoria como um todo da matriz elétrica nacional e para consumidores finais seria de grande valia a todos os tipos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Matriz elétrica brasileira cresce mais de 1,2 GW em agosto. Disponível em: [http:// https://www.gov.br/aneel](http://https://www.gov.br/aneel) Acesso em: 08 nov 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico> Acesso em: 27 ago 2024.
- AL-GHUSSAIN, L.; AHMED, H.; HANEEF, F. Optimization of hybrid PV-wind system: Case study Al-Tafilah cement factory, Jordan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 30, p. 24-36. 2018.
- BAPTISTA, A. S. C. Análise da Viabilidade Econômica da Utilização de Aquecedores Solares de Água em Resorts no Nordeste do Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE Rio de Janeiro 2006.
- BOSO, A.; GABRIEL, C.; FILHO, L. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid* no brasil. *ANAP Brasil*: v. 8, n. 12, p. 57-66, 2015.
- BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa nº482 de 17 de abril de 2012 aprova revisão do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição que trata da revisão do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Interligado Nacional. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 09 nov 2023.
- BRAUN-GRABOLLE, P. A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana. 2012.
- BUARQUE, C. Avaliação econômica de projetos. Campus, 1984.
- CABRAL, I. S.; TORRES, A. C.; SENNA, P. R. Energia solar – análise comparativa entre Brasil e Alemanha IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador, BA: 28 nov. 2013.
- CECATTO, J. R. Introdução à astronomia e astrofísica, O SOL: Parte integrante da coleção de volumes, 2009
- COHEN, Claude. Padrões de consumo e energia: efeitos sobre o meio ambiente e o desenvolvimento. *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro. Editora Campus, 2003.
- CRAVO, L.S. Geração de Energia nos Pavimentos Rodoviários. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na Especialidade de Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.
- CRESESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Potencial Solar – SunData v 3.0. Brasil, 2023. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> Acesso em: 23 out 2023.
- DALFOVO, W.C.; ZILIO, P.C.; SORNBERGER, G.P.; REDIVO, A. A Viabilidade Econômica da implantação de Energia Solar Fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*: Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, set/dez, 2019.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Balanço Energético Nacional 2023, ano base 2022. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023> Acesso em: 20 nov 2023.

ELKINGTON, J. Cannibals with forks. Canada: New Society, 1999.

FEARNSIDE, P. M. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. Novos Cadernos NAEA, v. 12, n. 2, 2009.

FEIL, A.A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. Cadernos Ebape. BR, v. 15, p. 667-681, 2017.

FRETIN, D. Arquitetura e energia solar: Há algo de novo? Revista LABVERDE, n. 6, p. 40-57, 2013.

FONSECA, J.J.S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FURTADO, R. Custos ambientais da produção de energia elétrica. Synergia, 2016.

GITMAN, L.J. Princípios da Administração Financeira – essencial. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GONSALVES, R.S. Análise econômica e técnica da inserção de sistemas fotovoltaicos para consumidores industriais. 2023.

GORDILHO, H. J. S.; DUARTE, I. G. ISS ecológico sobre Serviços de Construção Civil. Revista Nomos, Fortaleza, v. 42 n. 1, p. 13-30, 2022. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/nomos/issue/view/1326> Acesso em: 13 fev 2024

GORE, A. Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática. Our choice: a planto solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2014.

GROPPELLI, A.A.; NIKBAKHT, E. Administração Financeira. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. População estimada. IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/html>. Acesso em: 1 set 2023.

LOPES, D.G. O Impacto da Energia Elétrica Proveniente do Reformador de Etanol e Célula a Combustível: Cenário para a Promoção do Desenvolvimento Socioambiental da Comunidade "Pico do Amor"/MT. 2009, 96 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/152572>. Acesso em: 10 out 2023.

MASSOLI, E.C.; BORGES, F.Q. Análise das externalidades geradas pela Usina Hidrelétrica de Estreito (MA) e o processo de desenvolvimento. Desenvolvimento em questão, v. 12, n. 28, p. 251-278, 2014.

MASUTTI, M.C.; TABARELLI, G.; SANTOS, Í. P. Potencial de implantação de um sistema fotovoltaico gerador de energia em coberturas de estacionamentos. Imed, Passo Fundo, 4 e 5 de nov. 2015. 4º 109 Seminário nacional de construções sustentáveis: Eficiência energética do ambiente construído e 1º fórum desempenho das edificações.

MOLINA, M.C.G. Desenvolvimento sustentável: do conceito de desenvolvimento aos indicadores de sustentabilidade. Revista Metropolitana de Governança Corporativa (ISSN 2447-8024), v. 4, n. 1, p. 75-93, 2019.

- OLIVEIRA, Y.M. O mercado livre de energia no Brasil: Aprimoramentos para sua expansão. 2017.
- PATEL, M.R. Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation (2nd ed.), CRC Press, 2015.
- PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.
- PILÃO, N.E.; HUMMEL, P.R.V. Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos, São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2003.
- PIRES, S.E. Fundamentos de Custos. In: Finanças Corporativas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- REBELATTO, D. Projeto de investimento. Editora Manole Ltda, 2004.
- REIS, L.B. Geração de Energia Elétrica, 2015. E-book 3ª edição. ISBN 978-85-204-4561-7.
- RIPPEL, R.; RIPPEL, V.C.L.; LIMA, J.F. Percepções Genéricas sobre o crescimento populacional a demanda por energia e os padrões de consumo dos recursos ambientais atuais. ANAIS XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu–MG–Brasil, de, v. 18, 2006.
- SAMADI, P.; MOHSENIAN-RAD, A.H.; SCHOBER, R.; WONG, V.W.; JATSKEVICH, J. Algoritmo de precificação ótima em tempo real baseado em maximização de utilidade para rede inteligente. Em: 2010 Primeira conferência internacional IEEE sobre comunicações de rede inteligente. IEEE, 2010. p. 415-420.
- SCHROEDER, J.T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R.P.; SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. Revista Gestão Industrial. v. 1, n. 2. 30 maio 2005. Acesso em 17 ago 2023.
- SILVA, M.L.; FONTES, A.A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. Revista Árvore, v. 29, p. 931-936, 2005.
- SOARES, M.F. Análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimento regulatório da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha: Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2019.
- SOUSA, W.G. Cidadania global/desafios contemporâneos: as fontes de energia do futuro (2018). Anais do Integra, v. 2, 2019.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SOUZA, P.J.; SILVA, K.S.; SANTOS, L.P. Pesquisa descritiva e pesquisa prescritiva. JICEX, v. 9, n. 9, 2017.
- TAYLAN, O.; SAMU, R.; FAHRIOGLU, M. Feasibility study of a grid connected hybrid PVwind power plant in Gwanda, Zimbabwe. 13th HONET-ICT International Symposium on Smart MicroGrids for Sustainable Energy Sources Enabled by Photonics and IoT Sensors, art. 7753434, p. 122 -126. 2016.
- TSURUDA, L.K.; MENDES, T.A.; VITOR, L.; SILVEIRA, M. A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável e social. Ten Years Working Together For A Sustainable Future, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 2-4, 2017.

VICHI, F.M.; MANSOR, M.T.C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. *Quim. Nova*, [s. l.], v. 32, n. 3, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/jKDr7jyNw7p5TcqDvXSfx3t/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jan 2024.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012.

WESTON, J.F.; BRIGHAM, E.F. Fundamentos da administração financeira. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

APÊNDICE A – Lista de Materiais Fazem Parte do *Kit* de Sistemas Fotovoltaico

Na presente seção foi trazida a descrição dos materiais usados para instalação do sistema fotovoltaico de todos os consumos em estudo onde foram coletadas cinco residências e duas empresas distintas em regiões diferentes da cidade de Rio Grande RS.

Portanto, a Tabela 1A apresenta o detalhamento do *kit* para a residência no bairro Getúlio Vargas com uma média de 72,50 kWh mês, o valor mínimo calculado pelas empresas é de 250kWh mês o valor calculado para dimensionamento do sistema foi de 0,68 kWp, e o dimensionamento do sistema foi calculado para uma potência de 1,65 kWp, valor muito superior ao calculado pois as empresas não costumam fazer instalações tão pequenas então este sistema ficaria com uma sobra muito grande de energia limpa para ser descontada em forma de créditos. A partir do indicado pela empresa ao qual forneceu os orçamentos.

Tabela 1A: Lista de Material Bairro Getúlio Vargas

Quantidade	Descrição
3	Módulos de 550Wp
1	Inversor modelo SIW200G M030 WO
3	Conectores
	Cabo CC
1	Estrutura de 3 módulos
1	Área do Sistema Estimada: 7,80 m ²
	Peso Estimado: 18Kg/m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para o consumo médio registrado no bairro Centro, que é de 202,67 kWh por mês, o dimensionamento do sistema foi calculado em 1,90 kWp. No entanto, a empresa que ofereceu o orçamento recomendou um sistema com potência de 2,20 kWp. A Tabela 2A apresenta a configuração do kit projetado para essa residência.

Tabela 2A: Lista de Material Bairro Centro

Quantidade	Descrição
4	Módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 200G MO3O WO
	Cabo CC
3	Conectores
1	Estrutura de 4 módulos
	Área do Sistema Estimada: 12,80 m ²
	Peso Estimado: 18Kg/m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para o Balneário Cassino a média de consumo desta residência é de 425,58 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 3,99kWp, e o valor projetado é um sistema de 4,40kWp. Conforme Tabela 3A detalha o sistema projetado pela empresa.

Tabela 3A: Lista de Material Bairro Cassino

Quantidade	Descrição
8	Módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 200G MO3O WO
	Cabo CC
3	Conectores
2	Estrutura de 4 módulos
	Área do Sistema Estimada: 20,80 m ²
	Peso Estimado: 18Kg/m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No Jardim do Sol a média de consumo desta residência é de 1.442,58 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 13,53kWp, e o valor projetado é um sistema de 13,75kWp. Conforme Tabela 4A detalha o sistema projetado pela empresa.

Tabela 4A: Lista de Material Bairro Jardim do Sol

Quantidade	Descrição
25	Módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 400G M305 WO
	Cabo CC
4	Conectores
3	Estrutura de 3 módulos
4	Estrutura de 4 módulos
	Área do Sistema Estimada: 65,80 m ²
	Peso Estimado: 18Kg/m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Conforme Tabela 5A no bairro Hidráulica a média de consumo desta residência é de 3.874,25 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 36,35kWp, e o valor projetado é um sistema de 36,85kWp. Conforme detalha o sistema projetado pela empresa de energia fotovoltaica da região.

Tabela 5A: Lista de Material Bairro Hidráulica

Quantidade	Descrição
67	Módulos de 550Wp
1	inversor modelo SIW 200G M105 WO
	Cabo CC
4	Conectores
3	Estrutura de 3 módulos
4	Estrutura de 4 módulos
	Área do Sistema Estimada: 65,80 m ²
	Peso Estimado: 18Kg/m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Conforme Tabela 6A para a indústria A, a média de consumo desta indústria é de 55.729 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 521,90kWp, e o valor projetado é um sistema de 531,85kWp. Conforme detalha o sistema projetado pela empresa de energia fotovoltaica da região.

Tabela 6A: Lista de Material Industria A

Quantidade	Descrição
967	Módulos de 550Wp - Weg
4	Inversores trifásicos 380V SIW500G T100 W0
4	Monitoramento Gateway
88	conectores
	Cabo CC
121	Estrutura solo para 8 módulos
	Área do Sistema Estimada: 2.514,20 m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tabela 7A: Lista de Material Industria B

Quantidade	Descrição
1372	Módulos de 550Wp - Weg
5	Inversores trifásicos 380V SIW500G T100 W0
5	Monitoramento Gateway
110	conectores
	Cabo CC
172	Estrutura solo para 8 módulos
	Área do Sistema Estimada: 3.567,20 m ²
	Serviços de Instalação, Projetos e Solicitação de Acesso à Rede
	Frete

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Conforme Tabela 7A para a indústria B, a média de consumo desta indústria é de 79.099 kWh mês o valor calculado usado para o dimensionamento do projeto é de 740,76kWp, e o valor projetado é um sistema de 754,60kWp. Conforme detalha o sistema projetado pela empresa de energia fotovoltaica da região.

Com esses dados pode-se ter uma melhor noção do tamanho dos sistemas e o quanto eles geram de energia, além de analisar a quantidade e qualidade dos equipamentos também.

Tabela 8A: Fluxo de Caixa para Bairro Getúlio Vargas

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-7.263,31	-7.263,31
1	0,90	870,00	783,00	783,00	-6.481,11
2	0,94	863,00	1.595,08	812,08	-5.670,69
3	0,98	856,00	2.436,53	841,45	-4.831,83
4	1,03	849,00	3.308,45	871,92	-3.963,47
5	1,07	842,00	4.211,92	903,47	-3.064,62
6	1,12	835,00	5.147,96	936,04	-2.134,32
7	1,17	828,00	6.117,54	969,59	-1.171,66
8	1,22	821,00	7.122,45	1.004,90	-174,96
9	1,28	814,00	8.163,55	1.041,11	856,59
10	1,34	807,00	9.242,51	1.078,96	1.924,55
11	1,40	801,00	10.361,51	1.119,00	3.031,01
12	1,46	795,00	11.522,21	1.160,70	4.177,53
13	1,53	789,00	12.726,22	1.204,01	5.365,62
14	1,60	783,00	13.975,11	1.248,89	6.596,72
15	1,67	777,00	15.270,37	1.295,26	7.872,22
16	1,74	771,00	16.613,45	1.343,08	9.193,47
17	1,82	765,00	18.005,75	1.392,30	10.561,73
18	1,90	759,00	19.449,37	1.443,62	11.978,97
19	1,99	753,00	20.946,33	1.496,96	13.447,08
20	2,08	747,00	22.497,85	1.551,52	14.967,13
21	2,17	741,00	24.105,82	1.607,97	16.540,88
22	2,27	735,00	25.772,80	1.666,98	18.170,71
23	2,37	729,00	27.500,53	1.727,73	19.858,20
24	2,48	723,00	29.291,40	1.790,87	21.605,58
25	2,59	717,00	31.147,00	1.855,60	23.414,25

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 9A: Fluxo de Caixa para Bairro Centro

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-9.684,41	-9.684,41
1	0,90	2.432,00	2.188,80	2.188,80	-7.706,28
2	0,94	2.413,00	4.459,43	2.270,63	-5.851,71
3	0,98	2.394,00	6.812,74	2.353,30	-4.114,62
4	1,03	2.375,00	9.251,86	2.439,13	-2.487,46
5	1,07	2.356,00	11.779,85	2.527,99	-963,35
6	1,12	2.337,00	14.399,63	2.619,78	464,09
7	1,17	2.318,00	17.114,00	2.714,38	1.800,71
8	1,22	2.299,00	19.927,98	2.813,98	3.053,02
9	1,28	2.281,00	22.845,38	2.917,40	4.226,38
10	1,34	2.263,00	25.871,01	3.025,63	5.326,15
11	1,40	2.245,00	29.007,27	3.136,27	6.356,41
12	1,46	2.227,00	32.258,69	3.251,42	7.321,70
13	1,53	2.209,00	35.629,63	3.370,93	8.226,14
14	1,60	2.191,00	39.124,27	3.494,65	9.073,53
15	1,67	2.173,00	42.746,66	3.622,39	9.867,35
16	1,74	2.156,00	46.502,42	3.755,75	10.611,19
17	1,82	2.139,00	50.395,40	3.892,98	11.307,99
18	1,90	2.122,00	54.431,44	4.036,04	11.960,86
19	1,99	2.105,00	58.616,18	4.184,74	12.572,64
20	2,08	2.088,00	62.952,96	4.336,78	13.145,61
21	2,17	2.071,00	67.447,03	4.494,07	13.682,23
22	2,27	2.054,00	72.105,50	4.658,47	14.184,93
23	2,37	2.038,00	76.935,56	4.830,06	14.655,98
24	2,48	2.022,00	81.944,05	5.008,49	15.097,42
25	2,59	2.006,00	87.135,58	5.191,53	15.510,96

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 10A: Fluxo de Caixa para Balneário Cassino

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-12.512,48	-12.512,48
1	0,90	5.107,00	4.596,30	4.596,30	-8.358,57
2	0,94	5.066,00	9.363,41	4.767,11	-4.464,97
3	0,98	5.025,00	14.302,98	4.939,58	-818,81
4	1,03	4.985,00	19.422,58	5.119,60	2.596,50
5	1,07	4.945,00	24.728,56	5.305,99	5.795,46
6	1,12	4.905,00	30.227,07	5.498,51	8.791,42
7	1,17	4.866,00	35.925,15	5.698,09	11.597,30
8	1,22	4.827,00	41.833,40	5.908,25	14.226,64
9	1,28	4.788,00	47.957,25	6.123,85	16.689,63
10	1,34	4.750,00	54.308,00	6.350,75	18.998,03
11	1,40	4.712,00	60.890,67	6.582,66	21.160,43
12	1,46	4.674,00	67.714,71	6.824,04	23.186,36
13	1,53	4.637,00	74.790,77	7.076,06	25.084,92
14	1,60	4.600,00	82.127,77	7.337,00	26.864,01
15	1,67	4.563,00	89.734,29	7.606,52	28.530,93
16	1,74	4.526,00	97.618,58	7.884,29	30.092,42
17	1,82	4.490,00	105.790,38	8.171,80	31.555,08
18	1,90	4.454,00	114.261,89	8.471,51	32.925,44
19	1,99	4.418,00	123.044,87	8.782,98	34.209,44
20	2,08	4.383,00	132.148,36	9.103,49	35.412,21
21	2,17	4.348,00	141.583,52	9.435,16	36.538,81
22	2,27	4.313,00	151.365,41	9.781,88	37.594,39
23	2,37	4.278,00	161.504,27	10.138,86	38.583,18
24	2,48	4.244,00	172.016,66	10.512,39	39.509,73
25	2,59	4.210,00	182.912,14	10.895,48	40.377,61

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 11A: Fluxo de Caixa para Bairro Jardim do Sol

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-34.895,59	-34.895,59
1	0,90	17.311,00	15.579,90	15.579,90	-20.815,25
2	0,94	17.173,00	31.739,69	16.159,79	-7.616,49
3	0,98	17.036,00	48.486,08	16.746,39	4.744,89
4	1,03	16.900,00	65.842,38	17.356,30	16.323,36
5	1,07	16.765,00	83.831,23	17.988,85	27.168,78
6	1,12	16.631,00	102.474,58	18.643,35	37.326,95
7	1,17	16.498,00	121.793,74	19.319,16	46.840,19
8	1,22	16.366,00	141.825,72	20.031,98	55.755,01
9	1,28	16.235,00	162.590,28	20.764,57	64.106,42
10	1,34	16.105,00	184.122,67	21.532,39	71.933,11
11	1,40	15.976,00	206.441,14	22.318,47	79.264,71
12	1,46	15.848,00	229.579,22	23.138,08	86.133,98
13	1,53	15.721,00	253.569,47	23.990,25	92.570,72
14	1,60	15.595,00	278.443,49	24.874,03	98.602,23
15	1,67	15.470,00	304.231,98	25.788,49	104.253,61
16	1,74	15.346,00	330.964,71	26.732,73	109.548,06
17	1,82	15.223,00	358.670,57	27.705,86	114.507,10
18	1,90	15.101,00	387.392,68	28.722,10	119.153,22
19	1,99	14.980,00	417.172,92	29.780,24	123.506,85
20	2,08	14.860,00	448.037,14	30.864,22	127.584,66
21	2,17	14.741,00	480.025,11	31.987,97	131.404,16
22	2,27	14.623,00	513.190,07	33.164,96	134.983,05
23	2,37	14.506,00	547.569,29	34.379,22	138.335,90
24	2,48	14.390,00	583.213,32	35.644,03	141.477,51
25	2,59	14.275,00	620.157,02	36.943,70	144.420,27

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 12A: Fluxo de Caixa para Bairro Hidráulica

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-92.255,60	-92.255,60
1	0,90	46.491,00	41.841,90	41.841,90	-54.440,96
2	0,94	46.119,00	85.239,88	43.397,98	-18.995,00
3	0,98	45.750,00	130.212,13	44.972,25	14.201,35
4	1,03	45.384,00	176.821,50	46.609,37	45.294,70
5	1,07	45.021,00	225.129,03	48.307,53	74.419,15
6	1,12	44.661,00	275.194,01	50.064,98	101.697,97
7	1,17	44.304,00	327.074,00	51.879,98	127.244,97
8	1,22	43.950,00	380.868,80	53.794,80	151.185,23
9	1,28	43.598,00	436.630,64	55.761,84	173.612,40
10	1,34	43.249,00	494.454,55	57.823,91	194.630,49
11	1,40	42.903,00	554.390,04	59.935,49	214.319,25
12	1,46	42.560,00	616.527,64	62.137,60	232.766,75
13	1,53	42.220,00	680.955,36	64.427,72	250.053,14
14	1,60	41.882,00	747.757,15	66.801,79	266.251,40
15	1,67	41.547,00	817.016,00	69.258,85	281.429,03
16	1,74	41.215,00	888.812,53	71.796,53	295.648,41
17	1,82	40.885,00	963.223,23	74.410,70	308.967,10
18	1,90	40.558,00	1.040.364,55	77.141,32	321.445,57
19	1,99	40.234,00	1.120.349,74	79.985,19	333.138,75
20	2,08	39.912,00	1.203.246,96	82.897,22	344.091,21
21	2,17	39.593,00	1.289.163,77	85.916,81	354.350,05
22	2,27	39.276,00	1.378.241,74	89.077,97	363.962,61
23	2,37	38.962,00	1.470.581,68	92.339,94	372.968,10
24	2,48	38.650,00	1.566.317,73	95.736,05	381.406,13
25	2,59	38.341,00	1.665.544,24	99.226,51	389.310,05

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 13A: Fluxo de Caixa para Industria A

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-1.552.731,96	-1.552.731,96
1	0,54	668.742,00	361.120,68	361.120,68	-1.226.368,94
2	0,56	663.392,00	735.273,77	374.153,09	-920.773,76
3	0,59	658.085,00	1.122.885,83	387.612,07	-634.657,18
4	0,62	652.820,00	1.525.022,95	402.137,12	-366.389,41
5	0,64	647.597,00	1.942.075,42	417.052,47	-114.949,86
6	0,67	642.416,00	2.374.421,39	432.345,97	120.621,73
7	0,70	637.277,00	2.822.427,12	448.005,73	341.230,94
8	0,74	632.179,00	3.287.078,69	464.651,57	548.014,52
9	0,77	627.122,00	3.768.708,38	481.629,70	741.723,83
10	0,80	622.105,00	4.268.258,70	499.550,32	923.302,60
11	0,84	617.128,00	4.786.029,09	517.770,39	1.093.389,79
12	0,88	612.191,00	5.322.920,60	536.891,51	1.252.782,89
13	0,92	607.293,00	5.879.200,98	556.280,39	1.402.036,66
14	0,96	602.435,00	6.455.731,28	576.530,30	1.541.835,08
15	1,00	597.616,00	7.053.347,28	597.616,00	1.672.798,78
16	1,05	592.835,00	7.672.859,85	619.512,58	1.795.493,94
17	1,09	588.092,00	8.315.056,32	642.196,46	1.910.439,93
18	1,14	583.387,00	8.980.700,88	665.644,57	2.018.115,42
19	1,19	578.720,00	9.670.535,12	689.834,24	2.118.963,54
20	1,25	574.090,00	10.385.851,26	715.316,14	2.213.471,77
21	1,30	569.497,00	11.127.336,36	741.485,09	2.302.008,33
22	1,36	564.941,00	11.896.221,06	768.884,70	2.384.980,04
23	1,42	560.421,00	12.693.139,72	796.918,66	2.462.699,79
24	1,49	555.938,00	13.519.263,59	826.123,87	2.535.513,16
25	1,55	551.490,00	14.375.727,56	856.463,97	2.603.735,03

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 14A: Fluxo de Caixa para Industria B

Ano	Preço tarifa (R\$/KWh)	Produção de energia (kWh/ano)	Produção de energia Acumulado (R\$)	Produção de energia total anual (R\$)	Resultado Financeiro (R\$)
0				-2.056.822,71	-2.056.822,71
1	0,54	949.182,00	512.558,28	512.558,28	-1.593.597,87
2	0,56	941.589,00	1.043.614,48	531.056,20	-1.159.849,72
3	0,59	934.056,00	1.593.773,46	550.158,98	-753.748,81
4	0,62	926.584,00	2.164.549,20	570.775,74	-372.981,35
5	0,64	919.171,00	2.756.495,33	591.946,12	-16.098,98
6	0,67	911.818,00	3.370.148,84	613.653,51	318.261,33
7	0,70	904.523,00	4.006.028,51	635.879,67	631.384,36
8	0,74	897.287,00	4.665.534,46	659.505,95	924.883,86
9	0,77	890.109,00	5.349.138,17	683.603,71	1.199.826,21
10	0,80	882.988,00	6.058.177,53	709.039,36	1.457.550,99
11	0,84	875.924,00	6.793.077,77	734.900,24	1.698.965,17
12	0,88	868.917,00	7.555.117,98	762.040,21	1.925.200,73
13	0,92	861.966,00	8.344.678,83	789.560,86	2.137.045,22
14	0,96	855.070,00	9.162.980,82	818.301,99	2.335.469,02
15	1,00	848.229,00	10.011.209,82	848.229,00	2.521.352,95
16	1,05	841.443,00	10.890.517,76	879.307,94	2.695.500,87
17	1,09	834.711,00	11.802.022,17	911.504,41	2.858.649,96
18	1,14	828.033,00	12.746.807,82	944.785,65	3.011.479,66
19	1,19	821.409,00	13.725.927,35	979.119,53	3.154.618,92
20	1,25	814.838,00	14.741.215,50	1.015.288,15	3.288.759,74
21	1,30	808.319,00	15.793.646,84	1.052.431,34	3.414.424,64
22	1,36	801.852,00	16.884.967,41	1.091.320,57	3.532.190,97
23	1,42	795.437,00	18.016.078,82	1.131.111,41	3.642.502,97
24	1,49	789.074,00	19.188.642,79	1.172.563,96	3.745.851,07
25	1,55	782.761,00	20.404.270,62	1.215.627,83	3.842.682,24

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)