

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CASSIANO GABERT COSTA

**POTENCIAL DE GERAÇÃO E RETORNO ECONÔMICO DE SRFCR: ANÁLISE
COMPARATIVA NAS DIFERENTES MACRORREGIÕES DO TERRITÓRIO
BRASILEIRO**

**Alegrete
2023**

CASSIANO GABERT COSTA

**POTENCIAL DE GERAÇÃO E RETORNO ECONÔMICO DE SRFCR: ANÁLISE
COMPARATIVA NAS DIFERENTES MACRORREGIÕES DO TERRITÓRIO
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Fladimir Fernandes dos Santos

**Alegrete
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C837p Costa, Cassiano Gabert
POTENCIAL DE GERAÇÃO E RETORNO ECONÔMICO DE SRFGR: ANÁLISE
COMPARATIVA NAS DIFERENTES MACRORREGIÕES DO TERRITÓRIO
BRASILEIRO / Cassiano Gabert Costa.
92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA, 2023.

"Orientação: Fladimir Fernandes dos Santos".

1. Sistema Fotovoltaico. 2. Viabilidade Técnica. 3.
Viabilidade Econômica. 4. Geração. 5. Payback. I. Título.

CASSIANO GABERT COSTA

**POTENCIAL DE GERAÇÃO E RETORNO ECONÔMICO DE SRFCR: ANÁLISE COMPARATIVA NAS
DIFERENTES MACRORREGIÕES DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 18 de janeiro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos

Orientador

UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Carboni de Mello

UNIPAMPA

Prof. Dr. Guilherme Sebastião da Silva

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **GUILHERME SEBASTIAO DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/01/2023, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/01/2023, às 09:45, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ANA PAULA CARBONI DE MELLO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/01/2023, às 09:28, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1028465** e o código CRC **A665DF05**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550

Telefone: (55) 3422-8400

Dedico este trabalho a minha mãe, Elisângela Fátima Pes Gabert.

AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer a todos os colegas com quem convivi na graduação, pois, com toda certeza, tive um aprendizado com eles. Sem alguns desses colegas não teria chegado até esse momento, colegas esses que se tornaram amigos no qual levarei para o resto da minha vida. Também gostaria de agradecer aos amigos de fora da universidade, os quais sempre me apoiaram e incentivaram a nunca desistir. Também agradeço aos professores que lecionaram as inúmeras matérias, muitas vezes difíceis, ofertadas pela universidade, aprendizados que não ficaram apenas no âmbito profissional, mas que carregarei para a vida pessoal.

Jamais esquecerei a oportunidade que o Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos me deu ao aceitar ser meu orientador nesta caminhada, pois, com certeza, ele teve muita paciência comigo, sempre soube respeitar o meu tempo e nunca deixou de dar aquele puxão de orelha quando foi preciso; professor no qual tive grande afinidade durante a graduação, apesar de ser colorado, com certeza, se tornou um amigo.

Por último e jamais menos importante, a minha família, pai e mãe, a qual nunca mediram esforços para com que eu tivesse uma educação, sempre de qualidade, dentro das suas condições e sempre definindo isto como prioridade para a minha vida, também tiveram que ter muita paciência com a minha pessoa. Aos demais familiares também venho agradecer por todo o apoio e incentivo que sempre tiveram comigo.

“A persistência é o caminho do êxito”.
Charles Chaplin

RESUMO

Com a Resolução Normativa 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica, responsável pela regulamentação do sistema de compensação tarifária, e junto disso pela queda dos preços dos módulos fotovoltaicos, vem ocorrendo o crescimento da instalação de sistemas fotovoltaicos para micro e minigeração distribuída em todo o país. A fim de mostrar a influência do valor tarifário de energia elétrica com projetos de microgeração de energia, este trabalho aborda a viabilidade técnica e econômica de um sistema residencial fotovoltaico conectado à rede de distribuição nas cinco regiões do Brasil. Foi considerada uma mesma unidade consumidora, sendo do tipo classe B1 – monofásico 220V. Então, optou-se por cidades que estão dentro das cinco regiões do território brasileiro, sendo São Borja – RS, região Sul, Belo Horizonte – MG, região Sudeste, Cuiabá – MT, região Centro-Oeste, Fortaleza – CE, região Nordeste e Manaus – AM, região Norte. Fez-se uma revisão bibliográfica, a fim de fundamentar o desenvolvimento deste trabalho, na qual são aplicadas duas provas de avaliação: a viabilidade técnica e a viabilidade econômica do investimento. A análise técnica refere-se aos cálculos de dimensionamento do sistema fotovoltaico, para as cinco regiões, a fim de suprir a demanda energética e a análise de viabilidade econômica teve como auxílio da engenharia econômica, considerando-se o Fluxo de Caixa e o *Payback* Descontado. O investimento inicial variou conforme as particularidades e exigências apresentadas em cada região, sendo considerado também um financiamento em um período de 60 meses. Todas as regiões apresentaram-se viáveis para o uso do sistema fotovoltaico, porém, em algumas regiões apresentou-se melhores condições. Também foram obtidos resultados favoráveis referentes a viabilidade econômica, pois apresentaram um rápido retorno do *Payback* Descontado e com economia anual significativa em relação ao custo do investimento inicial. Devido ao maior valor de tarifa, o projeto de São Borja – RS, região Sul, demonstrou maior rentabilidade e um período de *Payback* Descontado menor do que os demais.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos. Microgeração Distribuída. Viabilidade Técnica. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

With Normative Resolution 482/2012, of the National Electric Energy Agency, responsible for regulating the tariff compensation system, and together with that for the drop in the prices of photovoltaic modules, there has been a growth in the installation of photovoltaic systems for micro and mini generation distributed throughout the country. In order to show the influence of the electricity tariff value with energy microgeneration projects, this work addresses the technical and economic feasibility of a photovoltaic residential system connected to the distribution network in the five regions of Brazil. The same consumer unit was considered, being of the class B1 type – single phase 220V. So, we opted for cities that are within the five regions of the Brazilian territory, being São Borja – RS, South region, Belo Horizonte – MG, Southeast region, Cuiabá – MT, Midwest region, Fortaleza – CE, Northeast region and Manaus – AM, North region. A bibliographic review was carried out, in order to base the development of this work, where two tests are used: the technical viability and the economic viability of the investment. The technical analysis refers to the sizing calculations of the photovoltaic system, for the five regions, in order to meet the energy demand and the economic feasibility analysis was supported by the tools of economic engineering, namely: Cash Flow and Discounted *Payback*. The initial investment varied according to the particularities and requirements presented in each region, and was also considered a means of financing over a period of 60 months. All regions were viable for the use of the photovoltaic system, but in some regions better conditions were presented. They also presented favorable results regarding economic viability, as they presented a rapid return on Discounted *Payback* and significant annual savings in relation to the cost of the initial investment. Due to the higher tariff value, the project in São Borja – RS, South region, demonstrated greater profitability and a shorter Discounted *Payback* period than the others.

Keywords: Photovoltaic Systems. Distributed Microgeneration. Technical viability. Economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.....	20
Figura 2 – Normativa 482/2012.....	22
Figura 3 – Diagrama de Fluxo de Caixa.....	27
Figura 4 – Participação da Engenharia no ciclo de decisões de um projeto.....	36
Figura 5 – Fatura de Energia Elétrica RGE.....	42
Figura 6 – Dados Fatura de Energia.....	44
Figura 7 – Dados de Latitude e Radiação Solar.....	44
Figura 8 – Dimensionamento Renovigi.....	45
Figura 9 – Dimensionamento São Borja – RS	47
Figura 10 – Sistema Fotovoltaico São Borja – RS.....	48
Figura 11 – Dimensionamento Belo Horizonte – MG.....	51
Figura 12 – Sistema Fotovoltaico Belo Horizonte – MG.....	51
Figura 13 – Dimensionamento Cuiabá – MT.....	54
Figura 14 – Sistema Fotovoltaico Cuiabá - MT.....	55
Figura 15 – Dimensionamento Fortaleza – CE.....	57
Figura 16 – Sistema Fotovoltaico Fortaleza – CE.....	58
Figura 17 – Dimensionamento Manaus – AM.....	60
Figura 18 – Sistema Fotovoltaico Manaus – AM.....	61
Figura 19 – Dados Econômicos para o Caso A.....	64
Figura 20 – Dados Econômicos para o Caso B.....	67
Figura 21 – Dados Econômicos para o Caso C.....	71
Figura 22 – Dados Econômicos para o Caso D.....	75
Figura 23 – Dados Econômicos para o Caso E.....	79
Figura 24 – Monitoramento Solar Z.....	84
Figura 25 – Padrão de Instalação Inversor.....	84
Figura 26 – Padrão de Instalação Módulos.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Transição Tarifária para TUSD FIO B	24
Tabela 2 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Rorig (2019)	31
Tabela 3 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Stalter (2019) . . .	31
Tabela 4 – Resultado do Estudo de Viabilidade de Alves e Lira (2018)	32
Tabela 5 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Pozzobon (2018).....	32
Tabela 6 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Beltrão (2018).....	33
Tabela 7 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Fontinelle, Leite e Assis (2018)	33
Tabela 8 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Moraes, da Silva, Barbosa e de Moraes (2018)	34
Tabela 9 – Irradiação Diária Mensal São Borja - RS.....	43
Tabela 10 – Resumo de Dados de Instalação do Projeto	46
Tabela 11 – Dados dos Módulos Fotovoltaicos, Inversor e Estimativa de Geração .	46
Tabela 12 – Equipamentos Para o Kit Energia Solar Fotovoltaica A.....	49
Tabela 13 – Dados Irradiação Diária Mensal Belo Horizonte – MG.....	50
Tabela 14 – Equipamentos para o Kit Energia Solar Fotovoltaica B.....	52
Tabela 15 – Dados Irradiação Diária Mensal Cuiabá – MT.....	54
Tabela 16 – Equipamentos para o Kit Energia Solar Fotovoltaica C.....	56
Tabela 17 – Dados Irradiação Diária Mensal Fortaleza – CE.....	57
Tabela 18 – Equipamentos para o Kit Energia Solar Fotovoltaica D.....	59
Tabela 19 – Dados Irradiação Diária Mensal Manaus – AM.....	60
Tabela 20 – Equipamentos para o Kit Energia Solar Fotovoltaica E.....	62
Tabela 21 – Materiais Extras Caso A	63
Tabela 22 – Retorno Anual Caso A.....	65
Tabela 23 – Financiamento Caso A.....	66
Tabela 24 – Materiais Extras Caso B.....	67
Tabela 25 – Retorno Anual Caso B.....	69
Tabela 26 – Simulação Financiamento Caso B.....	70
Tabela 27 – Materiais Extras Caso C.....	71
Tabela 28 – Retorno Anual Caso C.....	73
Tabela 29 – Simulação Financiamento Caso C.....	74
Tabela 30 – Materiais Extras Caso D.....	75
Tabela 31 – Retorno Anual Caso D.....	77
Tabela 32 – Simulação Financiamento Caso D.....	78
Tabela 33 – Materiais Extras Caso E.....	79
Tabela 34 – Retorno Anual Caso E.....	81
Tabela 35 – Simulação Financiamento Caso E.....	82
Tabela 36 – Preço por kWp.....	83
Tabela 37 – Síntese de Resultados.....	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Dados de Geração Versus Consumo.....	47
Gráfico 2 – Dados de Geração Versus Consumo São Borja – RS.....	48
Gráfico 3 – Dados de Geração Versus Consumo Belo Horizonte – MG.....	52
Gráfico 4 – Dados de Geração Versus Consumo Cuiabá – MT.....	55
Gráfico 5 – Dados de Geração Versus Consumo Fortaleza – CE.....	58
Gráfico 6 – Dados de Geração Versus Consumo Manaus - AM	61
Gráfico 7 – Fluxo de Caixa Caso A.....	64
Gráfico 8 – Fluxo de Caixa Caso B.....	68
Gráfico 9 – Fluxo de Caixa Caso C.....	72
Gráfico 10 – Fluxo de Caixa Caso D	76
Gráfico 11 – Fluxo de Caixa Caso E.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
COFINS – Contribuição para Financiamento de Seguridade Social
CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária
COPOM – Comitê de Política Monetária
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
HSP – Horas de Sol Pleno
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
kW – Quilo-Watt
kWh – Quilowatt-hora
kWh/m² – Quilowatt-hora por metro quadrado
kWp – Quilo-Watt pico
MW – Mega Watt
MME – Ministério de Minas e Energia
PFV – Potência Fotovoltaica
PIS – Programa de Integração Social
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PRODIST – Procedimentos de Distribuição
SRFCR – Sistema Residencial Fotovoltaico Conectado à Rede
TIR – Taxa Interna de Retorno
TMA – Taxa Mínima Atrativa
VPL – Valor Presente Líquido
W – Watt
W/m² – Watt por metro quadrado
Wh/m² – Watt-hora por metro quadrado
Wp – Watt-pico
CDI – Certificado de Depósito Interbancário
CA – Corrente Alternada
CC – Corrente Contínua
RN – Resolução Normativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivo Geral.....	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 Justificativa.....	18
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Conceito de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR).....	20
2.2 Regulamentação da energia elétrica fotovoltaica no sistema elétrico nacional.....	20
2.3 PIS/PASEP, COFINS, ICMS e Bandeiras tarifárias.....	24
2.4 Análise de Viabilidade Econômica.....	26
2.4.1 Fluxo de Caixa.....	26
2.4.2 Taxa de Juros.....	27
2.4.3 Taxa Mínima Atrativa (TMA)	28
2.4.4 Análise Viabilidade Econômica de Projetos.....	29
2.4.4.1 Valor Presente Líquido.....	29
2.4.4.2 Valor Futuro.....	29
2.4.4.3 <i>Payback</i> Descontado.....	30
2.5 Estudos de Viabilidade Econômica em Projetos Fotovoltaicos.....	30
3 METODOLOGIA	34
3.1 População e amostra.....	35
3.2 Coleta de dados.....	35
3.3 Análise e tratamento dos dados.....	35
3.4 Etapas da pesquisa.....	36
3.4.1 Necessidade do cliente.....	37
3.4.2 Solução proposta.....	37
3.4.3 Prova de análise técnica.....	38
3.4.4 Prova de avaliação da viabilidade econômica.....	39
3.4.5 Avaliação dos resultados do projeto.....	40
4 RESULTADOS	41
4.1 Viabilidade técnica.....	41
4.1.1 Prova caso A.....	43
4.1.2 Prova caso B.....	50
4.1.3 Prova caso C.....	53
4.1.4 Prova caso D.....	56
4.1.5 Prova caso E.....	59
4.2 Viabilidade Econômica.....	62
4.2.1 Viabilidade Econômica Caso A.....	63

4.2.2 Viabilidade Econômica Caso B.....	67
4.2.3 Viabilidade Econômica Caso C.....	71
4.2.4 Viabilidade Econômica Caso D.....	75
4.2.5 Viabilidade Econômica Caso E.....	79
4.3 Considerações para Análises Técnicas e Econômicas.....	83
4.4 Considerações das sínteses dos resultados.....	83
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87

1 INTRODUÇÃO

A importância da energia para sociedade é algo indiscutível, como se faz presente desde os primórdios das civilizações, seja ela qual for, no decorrer dos tempos é possível verificar como ela é necessária. Com demandas energéticas cada vez maiores, diferentes fontes de energia se tornam cada vez mais essenciais para o desenvolvimento humano. Não estando presente apenas como um elemento físico, a produção de energia também se torna um grande indicador para reconhecer o desenvolvimento de um país, em perspectivas econômicas e sociais.

Predominando no cenário mundial a geração de energia elétrica baseada em combustíveis fósseis, na qual chegam a níveis de 86% de energia provenientes de fontes não renováveis, conforme em (EPE/IEA, 2020), não cabe mais para os dias atuais postergar a utilização desses combustíveis. Com isso, novas formas para geração de energia limpa e renovável estão sendo incentivadas e efetivadas ao cotidiano das pessoas e organizações.

No Brasil há uma predominância renovável na matriz energética, com 83% da oferta interna de eletricidade, sendo que a geração hidráulica representa 64,9% dessa oferta interna renovável, segundo o relatório final do Balanço Energético Nacional de 2014 (EPE, 2020).

No Brasil, cerca de 1,7% da energia elétrica gerada vem do setor fotovoltaico, segundo (ANEEL/ABSOLAR, 2021), sendo a maior parte dessa demanda proveniente da energia solar residencial. Como a geração hidráulica e térmica apresentam grandes impactos ao ambiente, a energia fotovoltaica é considerada como uma boa alternativa para obter energia elétrica sem causar grandes efeitos negativos. Ao contrário, gera grandes benefícios econômicos e ambientais, na qual percebe-se que essa tecnologia vem crescendo muito no Brasil, principalmente nas regiões sul e sudoeste.

Com grande potencial para geração fotovoltaica, o país já ocupa a posição de número 14º no ranking mundial para capacidade instalada acumulada, segundo relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2021). Outro efeito importante causado pela energia fotovoltaica, é a geração de empregos que ela proporciona, causando um impacto significativo na economia do país.

Com todos esses panoramas, dúvidas são levantadas e questionamentos precisam ser feitos, de como o consumidor poderá produzir a sua energia elétrica de

fonte renovável? Fazendo isso, como ficarão os custos dessa produção e qual o retorno econômico para o investidor deste tipo de energia considerada limpa? Diante dos questionamentos supracitados, na sequência estão expostos os objetivos desta pesquisa.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial de geração e a viabilidade econômica de Sistema Residencial Fotovoltaico Conectado à Rede (SRFCR) nas cinco macrorregiões do território brasileiro.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar os parâmetros técnicos e econômicos de análises de viabilidade de SFCR;
- Estabelecer o projeto de SFCR considerando a mesma demanda da unidade consumidora residencial, para ser instalado nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste;
- Analisar a viabilidade técnica do sistema delineado para cada região;
- Determinar o tempo de recuperação do investimento para cada região;
- Mostrar o impacto econômico na fatura de energia elétrica do consumidor.

1.3 Justificativa

Seguindo uma perspectiva cada vez melhor de aproveitamento de seu potencial fotovoltaico, o Brasil possui grandes qualidades para explorar neste setor, desde o tamanho continental de seu território, possibilitando grandes fazendas fotovoltaicas, como o grau de incidência solar no país, em comparação aos territórios próximos à linha do equador.

Com essa noção observa-se um bom número de incentivos privados e governamentais, gerando cerca de mais de 190 mil empregos e arrecadando uma contribuição tributária de mais de R\$9,6 bilhões. Diante disso, nota-se um grande crescimento, desde o ano de 2012 para cá. Uma das principais razões para isso se

deve a queda do preço médio dos equipamentos, criando uma boa competição, tendo em vista o preço médio de R\$ 20,33 no ano de 2019.

Vários são os benefícios que podem ser proporcionados para as residências fazendo o uso da energia fotovoltaica, como economizar cerca de 95% do valor de sua conta de luz, valorização de sua propriedade, acarretando uma menor dependência de usinas termelétricas, o que diminuiria a inflação na conta de luz, sem contar que pode ser usado em áreas remotas.

Pode-se ainda destacar um caminho bem favorável para seguir, no qual o próprio consumidor poderá produzir energia elétrica fotovoltaica, ou seja, de fonte renovável, colaborando com o crescimento da matriz energética brasileira e com o desenvolvimento sustentável.

Diante da possibilidade de aumento de consumo e de geração própria de energia elétrica fotovoltaica, justifica-se a elaboração desta pesquisa, pois a mesma abrange as análises de viabilidade técnica, econômica e ambiental, que são parte das atribuições do engenheiro eletricitista, assim como o mesmo precisa estar atento às demandas da sociedade e propor soluções.

Demais, visto que o Brasil é bem extenso, e que a incidência de irradiação solar, no país, tem potencial para ser explorado, uma vez que os índices de irradiação solar no território brasileiro são diferenciados, logo, é importante elucidar as questões de pesquisas pertinentes a este tema.

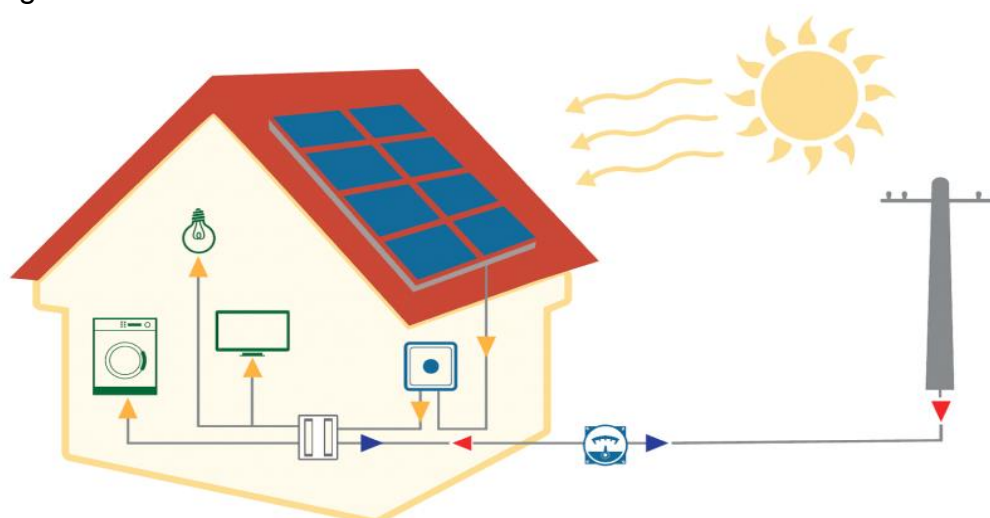
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Para dar início ao desenvolvimento deste trabalho abordou-se os aspectos que abrangem um sistema fotovoltaico conectado à rede, tais como seu conceito e, junto a isso, algumas formas que são envolvidas direta ou indiretamente na parte de viabilidade econômica, que definem o caminho para as tomadas de decisões e escolhas no projeto, todas baseadas em métodos descritos no trabalho. Partindo então para um argumento de mais praticidade, levando em conta sua forma de dimensionamento e aplicação.

2.1 Conceito de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)

Conforme (CSR ENERGIA SOLAR, 2017), começou na década de 90 com o aprimoramento dos Drives Inversores de Frequência, fazendo de maneira eficiente e segura a ligação direta das placas fotovoltaicas com a rede de energia elétrica pública. Com a capacitação dos inversores de poderem gerar eletronicamente a corrente alternada, como se fossem um gerador eletromagnético, fez disso um dos principais pontos para a realização do SFCR. Essa condição de aplicar diretamente a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos faz com que não se faça necessária a utilização de um banco de baterias.

Figura 1 – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede



Fonte: ABSOLAR (2021, não paginado)

Conforme a Figura 1, um SFCR se faz presente com um gerador fotovoltaico, produzindo energia elétrica através da irradiação solar, com um inversor interativo fazendo a transformação da corrente contínua, recebida dos painéis fotovoltaicos, para corrente alternada, da mesma forma de onda fornecida pela concessionária local ao imóvel em questão, podendo, assim, ser aplicada diretamente à Rede Elétrica Concessionária, o inversor interativo trabalha de forma paralela a rede pública, fazendo a escolha de forma inteligente da utilização da energia elétrica, própria produzida pelo local ou a energia disponibilizada pela concessionária, conforme as demandas e as produções energéticas. Constituindo isso como um sistema on-grid (CSR ENERGIA SOLAR, 2017).

Para sua aplicação são necessários módulos solares, inversor interativo e seus componentes de integração do sistema. Este último se faz necessário para realizar a estrutura onde as placas solares serão implementadas e seus dispositivos elétricos de proteção, de acordo com (CSR ENERGIA SOLAR, 2017).

2.2 Regulamentação da energia elétrica fotovoltaica no sistema elétrico nacional

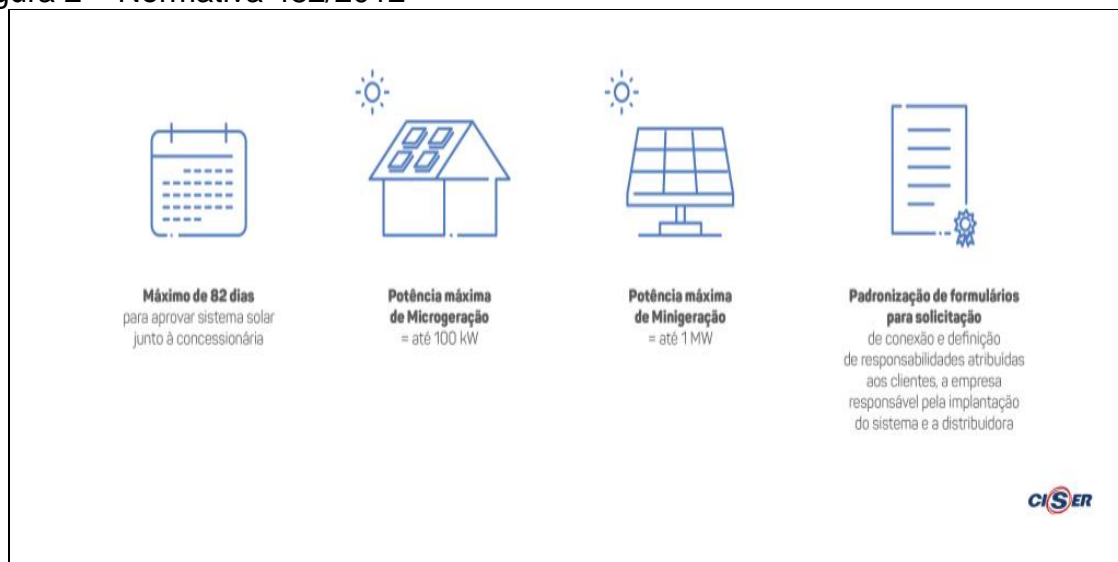
Vale destacar que cabe a Agência Nacional de Energia Elétrica, atribuída pelo Ministério de Minas e Energia, regulamentar o setor elétrico brasileiro, sendo que isso ocorreu pela Lei nº 9.427/1996 e pelo Decreto nº 2.335/1997 (ANEEL, 2021). Diante disso, suas atribuições estão baseadas em:

- regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- fiscalizar diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- estabelecer tarifas;
- impedir as divergências na esfera administrativa entre os agentes, e dos agentes com os consumidores;
- promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

No Brasil, para investimentos em sistemas fotovoltaicos, foi instituída a Resolução Normativa 482/2012, da ANEEL, garantindo ao consumidor a possibilidade de ele gerar a sua própria energia elétrica, a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada, fornecendo o excedente para a rede elétrica de distribuição, gerando créditos para este consumidor, nos quais podem ser utilizados para descontar o valor da fatura de energia (ANEEL, 2012).

Estabelecida em 17 de abril de 2012, a supracitada Resolução Normativa informa os quesitos necessários para consolidação de microgeração e minigeração, partilhados aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, conforme (ANEEL, 2012).

Figura 2 – Normativa 482/2012



Fonte: CISER BLOG (2020, não paginado)

A Figura 2 estabelece as principais regras adotadas pela RN nº 482/2012. Conforme ANEEL (2012), para centrais geradoras com potência menor ou igual a 100 kW, define-se microgeração distribuída, utilizando cogeração qualificada regulamentada, ou fontes renováveis conectadas à rede por meio de equipamentos que demandam energia. De outra forma, para centrais geradoras entre 100 kW e 1 MW elas são denominadas de minigeração distribuída.

Junto disso foi criado o sistema de compensação de créditos, no qual define o modo da fatura que será paga, posteriormente, pelo consumidor, funcionando de tal modo que, a diferença da energia consumida, em relação ao excedente de energia produzida, injetada na rede de distribuição elétrica, cause créditos de energia. Com

isso, as faturas futuras serão descontadas por essa diferença, junto ao custo para a fase proveniente do local (ANEEL, 2012).

Também pode haver uma compensação de energia para outra propriedade de mesma titularidade, regulamentada e cadastrada na mesma concessionária, ou caso pretenda pode ser aplicada em um período máximo de 36 meses subsequentes. Seguindo as normas da (ANEEL, 2012).

Entrando em vigor a RN nº 687, em novembro de 2015, decretada segundo (ANEEL, 2015), fazendo alterações e mudanças na RN nº 482, ampliando e melhorando as possibilidades abrangidas por tal norma.

Nessas mudanças foram definidas que as potências inferiores ou iguais a 75 kW seriam de microgeração. E para potências instaladas de fontes hídricas entre 75 kW e 3 MW, e maiores que 75 kW e menores que 5 MW, para fontes renováveis, seriam de minigeração. Com aumento também do prazo para 60 meses na compensação dos créditos de energia, e um período máximo de 34 dias para aprovação do sistema solar junto da concessionária (ANEEL, 2015).

Porém, a principal mudança na RN foi a adição de três modos de geração distribuída, geração remota, múltiplas unidades consumidoras, e geração compartilhada. Então com essa nova resolução, as mudanças foram de que os consumidores que produzem sua própria energia, paguem a transmissão dos fios da rede, transporte, perdas de energia e encargos da energia consumida. Com essas novas taxações faz com que represente aproximadamente 62% da tarifa de energia na fatura elétrica, para quem consegue produzir sua própria energia (CISER, 2020).

É importante citar que os procedimentos de acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica são regulamentados pelo Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Quanto aos PRODIST, são documentos elaborados pela ANEEL com intuito de normatizar e padronizar as atividades técnicas relacionadas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, estando citados critérios de indicadores de qualidade, distribuidores e intermediários de importação e exportação de energia. O módulo 3, seção 3.7 do PRODIST descreve os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuídas (ANEEL, 2017).

Dividido em onze módulos, com todas as normativas vigentes atualmente junto as que possuíam papel ativo anteriormente, com temas baseados em planejamento de expansão, procedimentos operativos, sistemas de medições, cálculo de perdas,

qualidade de energia, ressarcimento, fatura e mais alguns tópicos relacionados fazem parte do controle para o sistema de distribuição brasileiro (ANEEL, 2017).

Conforme a Lei nº 14.300 de 07/01/2022 em vigor nesta data, Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). As regras atuais se mantêm para as unidades com micro e minigeração já em operação até 2045, também se mantêm na mesma regra, as unidades consumidoras que protocolarem o parecer de acesso até 12 meses após a sanção presidencial da lei. Os novos prossumidores passarão a pagar a TUSD FIO B conforme a tabela abaixo mostra o processo de transição.

Tabela 1 – Transição Tarifária para TUSD FIO B

Taxa TUSD FIO B /	Ano
15%	2023
30%	2024
45%	2025
60%	2026
75%	2027
90%	2028
100%	2029, aos que solicitarem após 18 meses da sanção da lei
100%	2031, aos que solicitarem entre 13 e 18 meses após a sanção da lei

Fonte: Elaborado pelo autor com base na lei nº 14.300, de 07/01/2023.

Algumas mudanças ficaram definidas de que as concessionárias poderão comprar os créditos dos clientes, mas não especificam os critérios de compra, que serão estabelecidas pela ANEEL, permite que a distribuidora contrate o prossumidor para serviços ancilares, o prazo para conclusão das obras de conexão poderá também ser prorrogadas.

2.3 PIS/PASEP, COFINS, ICMS e Bandeiras tarifárias

Segundo o convênio ICMS 130/2015, fica determinado pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) a isenção de PIS/PASEP e COFINS em todo território nacional para consumidores de energia fotovoltaica, de maneira que toda energia excedente, injetada na rede gerando créditos energéticos através do sistema de compensação, fique isento de PIS/PASEP e COFINS (CONFAZ, 2015).

O CONFAZ também publicou o convênio ICMS/16, em 2015, tornando o sistema de compensação energético isento de ICMS, que anteriormente regida pelo RN nº 482/2012, era cobrada a tarifa, quando devolvido na forma de créditos energéticos pela concessionária, porém, tornando isento o ICMS referente ao valor da energia injetada pelo consumidor na rede da concessionária. Ou seja, a concessionária não pagava o imposto quando recebia a energia excedente e o consumidor se fazia exercer o imposto quando tivesse que receber os créditos energéticos gerados pela sua produção de energia (CONFAZ, 2015).

Por meio da RN nº 547/13, publicada em 2013, pela ANEEL, ficou definido o sistema de bandeiras tarifárias, entretanto, passou a ser efetivado no ano de 2015, nas faturas de energia elétrica, aplicada por todas as concessionárias e permissionárias de distribuição energética. Com as bandeiras tarifárias fica definida pela ANEEL (2015) que:

- Bandeira Verde: Sem acréscimo na tarifa pois se encontra em um estado de boas condições de geração de energia.
- Bandeira Amarela: Com acréscimo de R\$ 2,927 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumido, em detrimento de condições não tão favoráveis para produção de energia.
- Bandeira Vermelha: Apresenta dois tipos diferentes de tarifa, para quando tais condições dos reservatórios apresentam capacidade abaixo do limite de geração, tendo assim que ocorrer o acionamento das termelétricas para suprir a demanda energética. São elas:
 - ✓ Patamar 1: Acréscimo de R\$ 6,237 para cada 100 quilowatt-hora (kWh).
 - ✓ Patamar 2: Acréscimo de R\$ 9,33 para cada 100 quilowatt-hora (kWh).

Com a lei 14.300 não haverá incidência das bandeiras tarifárias sobre os kWh excedentes injetados na rede de distribuição.

2.4 Análise de Viabilidade Econômica

Blank e Tarquin (2010) descrevem que engenharia econômica são técnicas e ferramentas utilizadas para criar uma expectativa de possíveis cenários futuros que irão determinar nas escolhas e tomadas de decisões para o projeto em questão. Para Blank e Tarquin (2010, p. 25), “em outras palavras, a engenharia econômica está no âmago do processo de tomada de decisões. Essas decisões envolvem os seguintes elementos fundamentais: fluxos de caixa financeiros, tempo e taxas de juros”.

Diante o exposto, “a finalidade do presente texto é apresentar critérios que permitam avaliar projetos de investimento, comparando as alternativas existentes (ou identificadas) e auxiliando o processo decisório na escolha das melhores alternativas” (ALVES, MATTOS, AZEVEDO, 2017, p. 11).

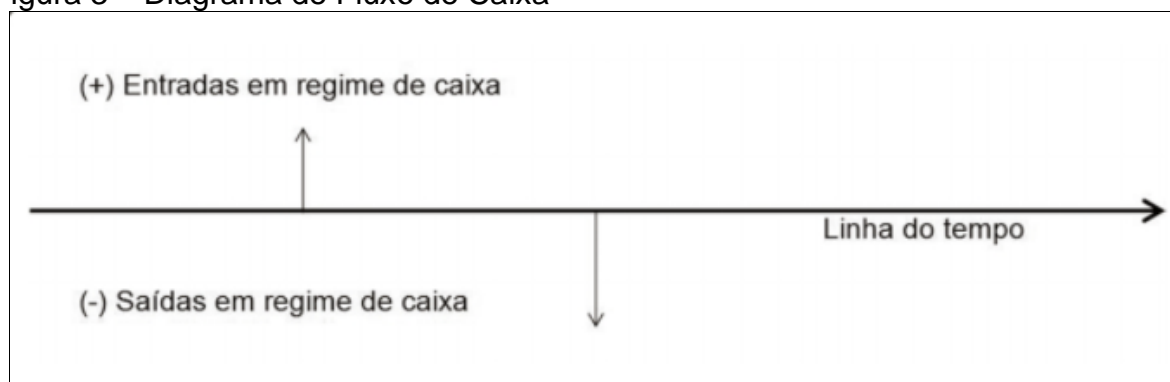
2.4.1 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é uma das ferramentas que baseiam toda a análise de investimentos, na qual é a estimativa de ganhos ou perdas em uma determinada linha de tempo. Ajudando no acompanhamento das finanças e no apoio à tomada de decisões (ALVES, MATTOS, AZEVEDO, 2017).

É importante ter o entendimento que, na Matemática Financeira clássica, os valores são sempre absolutos; de outra forma, na Engenharia Econômica, as entradas de caixa são consideradas positivas e as saídas, negativas, sendo que isso foi determinado em convenção de sinais usualmente adotada” (TORRES, 2006).

Essas entradas são denominadas como receitas e as saídas como custo, que podem ser valores estimados ou valores presentes, tornando os valores estimados como incertos devido à inexatidão de um futuro que pode vir a ser inesperado (BLANK; TARQUIN, 2010). Uma forma de apresentar esta ferramenta é por meio do diagrama de fluxo de caixa, visto na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de Fluxo de Caixa



Fonte: Alves, Mattos, Azevedo (2017, p.42).

A Figura 3 descreve uma linha no eixo horizontal, com sentido da esquerda para direita, onde determina o período de tempo desejado, juntamente com as setas apontadas para cima indicando as receitas e as setas apontadas para baixo indicando os custos. A partir do diagrama pode-se ter uma perspectiva dos fatores que aconteceram no decorrer na linha do tempo de um projeto de investimento.

2.4.2 Taxa de Juros

Conforme Torres (2006, p. 5), o “juro representa a remuneração pelo uso de uma riqueza”. Diante disso, há duas formas, que são:

- juros pagos quando se recebe capital de terceiros, podendo ser obtidos através de financiamentos;
- juros ganhos quando o capital próprio pode ser investido ou arrendado obtendo um retorno maior que o valor inicial.

Quando os juros pagos são descritos dentro de uma perspectiva de tempo, expressando seu valor em porcentagem do valor principal, tem-se o resultado como taxa de juros. Obtido através da Equação 1, encontrada em Engenharia Econômica (BLANK; TARQUIN, 2010, p. 12).

$$taxa\ de\ juros(\%) = \frac{juros\ acumulados\ por\ unidade\ de\ tempo}{valor\ original} * 100 \quad \dots(1)$$

Vale destacar que a taxa de rendimento mínimo esperada em um projeto de investimento é, segundo Blank e Tarquin (2010), baseada em uma taxa de juros

equivalente à rentabilidade mínima de aplicações correntes e com pouco risco. No caso, a Taxa Mínima Atrativa (TMA), a ser abordada na sequência, trata-se do retorno mínimo esperado em um investimento.

2.4.3 Taxa Mínima Atrativa (TMA)

Um investimento, para se dizer lucrativo, deve-se esperar receber uma receita maior do que o capital investido, com isso, uma taxa de retorno deve ser estipulada, na qual essa taxa interna de retorno (TIR) é descrita pela Equação 2 (BLANK; TARQUIN, 2010, p. 28).

$$TIR = \frac{Ganhos}{Capital\ Inicial} \quad \dots(2)$$

Com essa TIR são definidos critérios para a obtenção de uma taxa razoável para basear os objetivos definidos no investimento, sendo essa taxa chamada de TMA. Para que um investimento seja considerado financeiramente viável, deve-se obter uma TIR maior ou igual a uma TMA. A TMA não é obtida através de cálculos, ela é definida através quesitos considerados por gerentes, no qual o seu valor é comparado ao TIR para definir a escolha do projeto.

A TMA é considerada como uma taxa de atualização do valor do dinheiro no tempo, sendo aplicada como parâmetro de decisão nas análises de engenharia econômica. Cabe dizer que a definição do seu valor é realizada pelo projetista, considerando suas necessidades e expectativas do futuro, como preterir o recebimento de um valor urgente, no presente, para receber no futuro. Essa escolha resultará na aplicação de uma alta taxa de retorno, o que explicaria tal opção (TORRES, 2006).

Casarotto e Kopittke (2000) destacam que a TMA é a taxa mínima para que um determinado investimento apresente ganhos financeiros, sendo tal taxa associada a um baixo risco, ou seja, é o custo de oportunidade. Para os autores, no Brasil, quando o investimento envolve pessoas físicas, é comum empregar como taxa a rentabilidade da caderneta de poupança na TMA.

Por outro lado, Degen (1989) cita que a TMA deve ser maior que as taxas de aplicações colocadas à disposição, pelo mercado financeiro, para as empresas e,

ainda, maior que o custo de captação de financiamentos disponíveis, tendo como objetivo compensar o risco envolvido na implantação ou expansão de um negócio.

2.4.4 Análise Viabilidade Econômica de Projetos

Depois de ser realizada a viabilidade técnica do projeto, deve ser feita a viabilidade econômica, na qual irá determinar se o projeto é executável do ponto de vista econômico (TORRES,2006). Diante o exposto, na sequência estão apresentadas algumas ferramentas utilizadas na Engenharia Econômica, para auxiliar nas tomadas de decisões na execução de projetos de investimentos.

2.4.4.1 Valor Presente Líquido

Definido como critério científico, o Valor Presente Líquido (VPL) representa o somatório dos valores apresentados no fluxo de caixa representados no presente momento. Descrito pela Equação 3. Equação definida por Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos (TORRES, 2006, p. 47).

$$VPL(i) = \sum_{k=0}^{k=n} \frac{V_k}{(1+i)^k} \quad \dots(3)$$

Onde:

- $VPL(i)$ = Valores atualizados no instante zero
- V_k = Valores do fluxo de caixa
- i = Taxa mínima atrativa
- K = tempo da ação

Para considerar um investimento viável se $VPL(i)$ for maior ou igual a zero.

2.4.4.2 Valor Futuro

Diferente do valor presente líquido, o valor futuro é definido através de uma data estipulada (n). Com isso, tem-se a Equação 4 (TORRES, 2006, p. 47).

$$VF(i) = \sum_{k=0}^{k=n} Vk * (1 + i)^{n-k} = VPL(i) * (1 + i)^n \quad \dots(4)$$

Onde:

- VF(i)= Valor futuro
- Vk= Valores do fluxo de caixa
- i= Taxa mínima atrativa
- k= tempo da ação
- n= data estipulada

2.4.4.3 Payback Descontado

Método em que se traz ao valor presente as entradas do fluxo de caixa, considerando o custo do investimento. Com o auxílio da Equação 5, do valor presente, pode ser estipulado o *Payback* Descontado (ALVES, MATTOS, AZEVEDO, 2017, p. 193).

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad \dots(5)$$

Onde:

- VP= Valor presente
- VF= Fluxo de caixa
- i= custo de capital
- n= tempo

Cabe destacar que, para a presente pesquisa, foi calculado apenas o prazo do retorno do capital investido, no caso, o *Payback* Descontado.

2.5 Estudos de Viabilidade Econômica em Projetos Fotovoltaicos

O presente tópico trata de observar projetos semelhantes ao realizado na presente pesquisa, para a revisão do funcionamento dos métodos de viabilidade econômica com propostas diferentes e áreas geográficas distintas.

No estudo de Rorig (2019), no qual foi feita uma análise de viabilidade econômica para um sistema fotovoltaico conectado à rede, para quatro diferentes

tipos de regiões, com o mesmo perfil demanda de uma resistência, o autor concluiu sobre ser viável a execução dos projetos. Na Tabela 2 constam os resultados da pesquisa realizada.

Tabela 2 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Rorig (2019)

Cidade	<i>Payback</i> Descontado
Santa Maria - RS	5 anos e 8 meses
São Paulo - RS	7 anos e 6 meses
Salvador - BA	7 anos e 2 meses
Belém - PA	5 anos e 6 meses

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Rorig (2019)

Já, no estudo de Stalter (2019), usando os mesmos critérios de viabilidade econômica, e considerando as bandeiras tarifárias, em um cenário para 25 anos, com um sistema fotovoltaico conectado à rede na cidade de Rosário do Sul, também se conclui que o projeto era viável para a execução. Na Tabela 3 pode-se ver os resultados obtidos.

Tabela 3 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Stalter (2019)

Bandeira Tarifária	<i>Payback</i> Descontado
Verde	8 anos e 4 meses
Amarela	8 anos e 6 meses
Vermelha 1	7 anos e 11 meses
Vermelha 2	7 anos e 8 meses

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Stalter (2019)

Seguindo com o estudo de Alves e Lira (2018), com a viabilidade econômica para a implantação de energia solar fotovoltaica em unidade consumidora no aeroporto de Teresina, no estado do Piauí. A pesquisa foi desenvolvida em dois cenários limites, possibilitando prever as economias e visualizando os efeitos da carga tributária em cada cenário. Descrito na Tabela 4, para o cenário 1 nota-se um pior contexto, porém, com possibilidade de evolução; já no cenário 2, mostrando um

contexto mais favorável, mediante a alteração de horário de consumo e desoneração tributária.

Tabela 4 – Resultado do Estudo de Viabilidade de Alves e Lira (2018)

Comparativo de Resultados	Economia Atual	Investimento	Payback Descontado
Cenário 1	R\$ 45.628,98	R\$ 449.691,26	8,10 anos
Cenário 2	R\$ 64.758,70	R\$ 444.691,26	5,7 anos

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Alves e Lira (2018)

Analisando o estudo de Pozzobon *et al.* (2018), para avaliação do estudo financeiro de três propostas de instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede, na cidade de Gramado, observa-se, na Tabela 5, os resultados que apontaram para a escolha da orientação na instalação do sistema na proposta 2, que envolvia simplificar ao máximo a instalação do SFCR no telhado da edificação.

Tabela 5 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Pozzobon *et al.* (2018)

	Investimento Inicial	Payback Descontado
Proposta 1	R\$ 90.000,00	10 anos e 8 meses
Proposta 2	R\$ 63.000,00	9 anos e 1 mês
Proposta 3	R\$ 78.000,00	10 anos e 1 mês

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Pozzobon *et al.* (2018)

Outro estudo encontrado foi realizado por Beltrão (2018), sobre a implantação de um SFCR, em uma estação repetidora no estado do Pará. Envolveu a análise da viabilidade econômica, com duas propostas, para um projeto de 45 kWp e outro de 135 kWp, levando em consideração os valores de investimento, instalação e manutenção. Com investimentos iniciais de R\$ 662.042,32 para o SFCR de 135 kWp e o outro de R\$ 170.516,04 para o SFCR de 45 kWp, com uma Taxa de Atratividade Mínima de 7,7%, a Tabela 6 demonstra os valores obtidos seguindo os critérios de *Payback's* Simples e Descontado.

Tabela 6 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Beltrão (2018)

Indicadores	SFCR 135 kWp	SFCR 45 kWp
<i>Payback</i> Simples	8,46 anos	3 anos
<i>Payback</i> Descontado	12,9 anos	3,51 anos

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Beltrão (2018)

Em Fontinelle, Leite e Assis (2018) foi investigada a análise da viabilidade técnica e econômica para um sistema fotovoltaico no aeroporto internacional de Manaus. Inspeccionando algumas áreas adequadas para o dimensionamento, foram desenvolvidas duas propostas, a primeira para a demanda total do aeroporto, e a segunda para a carga do estacionamento dos funcionários. Fazendo as análises dos critérios de *Payback*, VPL e TIR, usando a Taxa Selic de 10% como TMA, tem-se os resultados na Tabela 7, demonstrando ser viável as duas propostas.

Tabela 7 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Fontinelle, Leite e Assis (2018)

Proposta	Potência	Investimento Inicial	<i>Payback</i>
1	4,6 MW	R\$ 19.500.000,00	8,6 anos
2	402 kW	R\$ 1.732.623,00	8,8 anos

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Fontinelle, Leite e Assis (2018)

Também se encontrou o estudo proposto por Moraes *et al.* (2018), no qual realiza a avaliação técnico-econômica do desempenho operacional do primeiro ano de geração de um SFCR integrado à edificação para o campus Floriano, do Instituto Federal do Piauí, com potencial de 150 kWp, utilizando os conceitos de *Payback*, não considerando os custos com manutenção, desgaste natural do sistema e as incertezas do setor elétrico como os reajustes tarifários. Considerando a TMA através da Taxa Selic de 10,93%, tem se a Tabela 8 mostrando-se viável a concretização do projeto.

Tabela 8 – Resultado do Estudo de Viabilidade Econômica de Morais *et al.* (2018)

Dados da análise	Quantitativo
Potência instalada (kWp)	150
Investimento Inicial	R\$ 1.150.000,00
Economia de Energia Anual (kWh)	256.217
Economia de Energia Anual	R\$ 84.551,61
Taxa Básica de Juros Anual	10,93%
Vida Útil	25 anos
<i>Payback</i>	15 anos

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Morais *et al.* (2018).

Com uma estimativa em média de 10 anos nos *Payback's* dos estudos de caso, lembrando que análises foram obtidas por volta de 5 anos atrás, o que atualizando para um cenário atual teria um retorno de investimento menor, mesmo considerando a tarifação da lei 14.300

3 METODOLOGIA

Nesta seção estão demonstrados os procedimentos utilizados na realização da proposta, descrevendo-se como foram abordados cada etapa do projeto.

3.1 População e amostra

O estudo tem como objeto de análise uma unidade consumidora monofásica - dois fios (uma fase e um neutro) - categoria B1, para cargas instaladas de 25 kW e tensão fornecida de 127/220 V.

A metodologia proposta trata-se de uma estudo para sistemas de geração fotovoltaico, com unidades consumidoras de mesmo padrão, no entanto, situadas em localidades diferentes, definidas nas cinco regiões do território nacional, sendo elas: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Foi feito um comparativo na viabilidade técnica e econômica, considerando os aspectos particulares de cada região, com os resultados obtidos conforme a localidade de cada projeto, focando-se em uma cidade de cada região, escolhidas conforme a disponibilidade de dados de acesso às faturas de energia elétrica de cada concessionária local.

Envolveu um projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição, no qual considera-se como ponto de partida a demanda de potência de energia de uma unidade consumidora igual para todos os projetos.

3.2 Coleta de dados

A operacionalização do estudo de caso foi feita por meio de dados quantitativos, coletados em fontes primárias e secundárias. A coleta de dados foi feita em documentos autênticos como históricos referentes ao consumo da fatura de energia elétrica, os valores monetários na implementação do sistema, a localização de cada projeto, os aspectos específicos de cada condição climática na região, sendo esses como a irradiação solar e a temperatura ambiente.

3.3 Análise e tratamento dos dados

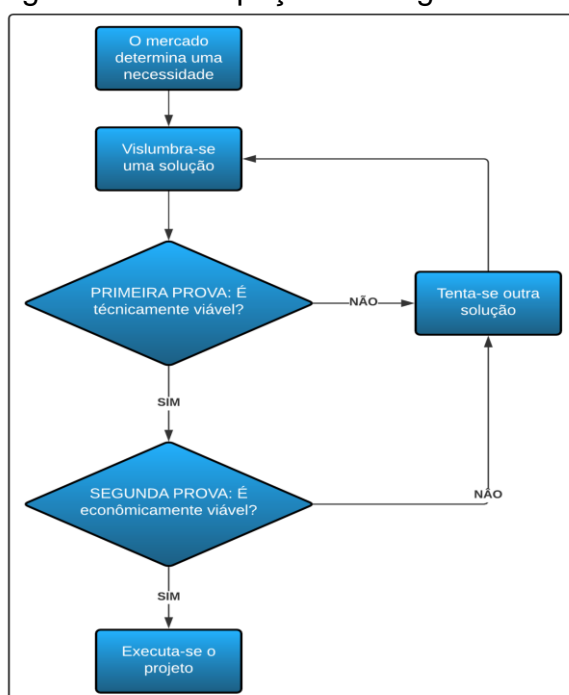
Os procedimentos adotados, na tabulação e análise dos dados, envolveram a utilização das equações descritas, softwares e ferramentas da Engenharia Econômica, nos quais auxiliam para as análises técnica e econômica.

Na parte de viabilidade técnica, por meio dos dados que foram definidos, foram observados fatores como a irradiação solar média anual de cada local, a escolha dos componentes do sistema fotovoltaico, os inversores e os módulos, o arranjo e a inclinação dos módulos fotovoltaicos, para cada caso, bem como os cálculos de dimensionamento de cada sistema fotovoltaico. A análise de viabilidade econômica foi desenvolvida com a aplicação dos métodos da Engenharia Econômica, contemplando a TMA, a inflação, o reajuste tarifário anual de energia elétrica, a tributação e o custo de energia elétrica de cada região, o fluxo de caixa e o *Payback* Descontado.

3.4 Etapas da pesquisa

Com base em Buarque (1984) foram definidas as etapas para elaboração da pesquisa, apresentadas na Figura 4, na qual mostra a participação da Engenharia no ciclo de decisões de um projeto.

Figura 4 – Participação da Engenharia no ciclo de decisões de um projeto



Fonte: Adaptado com base em Buarque (1984, p.31)

A Figura 4 define como foram abordados os processos desta proposta, na qual faz o uso de duas tomadas de decisões, refletindo como devem seguir os caminhos para qualquer outro tipo de projeto na área de engenharia, englobando as análises de viabilidade técnica e viabilidade econômica de projetos de investimentos.

Na parte de decisão da viabilidade técnica são definidas as formas para abranger o projeto do sistema fotovoltaico, escolhendo os componentes como os módulos fotovoltaicos e os inversores, junto do arranjo para os módulos com o ângulo de inclinação elaborado no projeto pelo uso do software RENOVIGI® e SOLARFY®.

Configurada a primeira tomada de decisão, parte-se para a etapa da viabilidade econômica, na qual foram abordados os aspectos financeiros e econômicos do projeto, abrangendo nessa parte os valores de entrada e saída do fluxo de caixa e o cálculo do *Payback* Descontado. Observa-se que, a partir disso, pode-se concluir se o projeto é viável, ou não.

3.4.1 Necessidade do cliente

O tema desta pesquisa não se refere a um problema em si, nem a uma necessidade específica, no entanto, pode ser visto como uma escolha para solucionar as elevadas faturas de energia elétrica que consumidores enfrentam no decorrer do mês, ainda mais quando observados os reajustes tarifários anuais e até as normas das bandeiras tarifárias vigentes decorrente da demanda energética. Outros pontos que foram abordados são a influência de cada região na eficiência do sistema, sem deixar de serem observadas as questões de tributação junto das normativas para os resultados finais para com o projeto, assim como os resultados econômicos de cada projeto de investimento.

3.4.2 Solução proposta

Então, o que está sendo sugerido é um sistema de geração distribuída de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, para uma unidade consumidora com os mesmos perfis e padrões, porém, para cinco diferentes regiões pertencentes ao território nacional. Com o objetivo de atender aos quesitos para uma análise técnica e econômica específica de cada projeto, por sua vez, finalizando com uma comparação dos resultados obtidos, para poder ter uma base em relação ao tempo de retorno de

cada investimento, levando ainda em consideração diferentes tipos de cenários para cada período de bandeira tarifária analisado juntamente com o reajuste tarifário anual.

3.4.3 Prova de análise técnica

Nesta etapa estão apresentados os processos para a realização da parte técnica do projeto do SFCR, para cada unidade consumidora, nas suas respectivas regiões. Com a utilização da plataforma CRESEB foram demonstrados os valores dos dados climáticos para cada tipo de região, valores de irradiação solar, a temperatura ambiente e a velocidade do vento. Dados esses que são usados para a simulação na plataforma para iniciar o projeto.

Em seguida foram definidas, para cada cidade de instalação dos projetos, os dados de latitude e longitude da unidade residencial consumidora. Diante disso, determina-se o ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos para a melhor adequação que o projeto exija em relação à irradiação solar.

O projeto tem como diretriz o sistema fotovoltaico prover 100% do consumo anual demandado pela residência, então, as faturas de energia elétrica foram obtidas para atender a potência necessária para a realização desse quesito no projeto, sendo usada a mesma fatura para todos os casos.

Para a realização dos cálculos de potência do gerador fotovoltaico, o custo da disponibilidade de energia elétrica foi considerado, pois varia para cada tipo de fase presente na residência consumidora. Segundo a (ANEEL,2016), para um sistema monofásico o custo de disponibilidade é de 30 kWh, sistema bifásico é 50 kWh e para um sistema trifásico é de 100 kWh.

Então, para calcular antecipadamente a potência necessária para o gerador fotovoltaico foi utilizada a Equação 6, ajustada a partir de (PINHO; GALDINO, 2014, p.329).

$$PFV(kWp) = \frac{(C - Cd)}{HSP \times TD \times 50} \quad \dots(6)$$

Onde:

- PFV: Potência do gerador fotovoltaico dado em kWp;
- C: Consumo médio mensal de energia elétrica (kWh);
- Cd: Custo de disponibilidade mínima (kWh);

- HSP: Média diária anual de horas de sol pleno no plano dos módulos (h/dia);
- TD: Taxa de desempenho global do sistema (Brasil varia entre 0,7 e 0,8).

Para o cálculo do HSP, que define-se pelo número de horas em que a irradiação solar permanece constante e igual a 1 kW/m², foi aplicado a equação 7 descrita em (LATA, SUPERIOR, ESPOL, 2015, p.16):

$$HSP = \frac{\text{Irradiação média diária anual [kWh/m}^2\text{.dia]}}{1 \text{ kWh/m}^2\text{/}} \dots(7)$$

Com o resultado da potência que é calculado, é feita uma consulta a uma empresa que presta serviço no mercado fotovoltaico para definir o kit fotovoltaico de potência comercial, aproximando ao valor calculado. Tal procedimento é feito para cada localidade, visto que os valores podem ser diferentes.

Então, a partir de todos estes dados coletados, será feita a simulação na plataforma, determinando a marca e modelo dos componentes, como também a inclinação dos módulos e a forma de conexão do arranjo. Fazendo o mesmo processo para as cinco regiões, porém, usando suas particularidades individuais de cada local.

3.4.4 Prova de avaliação da viabilidade econômica

Nesta prova foi desenvolvida a avaliação do prazo do retorno econômico, sendo desenvolvido um diagrama de fluxo de caixa definindo as receitas e as despesas do projeto. Os custos foram definidos pelo valor estipulado pela empresa consultada na escolha do kit fotovoltaico, a manutenção do sistema e a troca do inversor no período escolhido, as receitas foram estabelecidas pelos valores economizados nas faturas com a geração de energia elétrica obtidas pelo sistema fotovoltaico. Para a correção dos valores do fluxo de caixa foi considerada, ainda, a correção monetária conforme a inflação.

Com base nas distribuidoras, foi calculado o valor médio anual do aumento tarifário da energia elétrica nos últimos cinco anos, na categoria da unidade consumidora que está sendo tratada. Sendo baseado no custo do investimento inicial, foram calculados os gastos com operação e manutenção do sistema.

Foi contabilizado um período de 25 anos para o projeto, pois é o tempo de vida útil que os fabricantes garantem para os módulos fotovoltaicos de silício cristalino (PINHO; GALDINO, 2014). Como a vida útil de um inversor é de 15 anos, segundo (EPE, 2012), então, com isso, considerou-se a troca de inversor para contabilizar os custos durante todo o tempo em que o gerador estiver operando.

No que se refere às etapas da prova de avaliação da viabilidade econômica, inicialmente foi calculado o custo total do investimento com a implantação do sistema fotovoltaico.

Na sequência, considerando uma taxa de inflação do reajuste médio da tarifa de energia elétrica segundo a ANEEL de 7,15%, foi determinada a economia gerada com a implantação do sistema fotovoltaico e o prazo de retorno do investimento (*Payback* Descontado). Para cada caso analisado foi gerado o gráfico com o fluxo de caixa e uma tabela correspondente com o retorno anual do sistema fotovoltaico. Cabe dizer que foi utilizada uma TMA de 13,75%, estipulada com base na taxa Selic atual.

Após, foi comparado o valor das parcelas do financiamento com o valor da economia anual a ser gerada após a implementação do sistema fotovoltaico.

3.4.5 Avaliação dos resultados do projeto

Os critérios de avaliação para os resultados do projeto foram definidos com base nos métodos de análise de viabilidade econômica, tomando os seguintes quesitos como base:

O cálculo do *Payback* Descontado foi realizado para poder ter uma estimativa em que período de tempo o capital investido irá retornar na forma de receita, sendo baseado pelas entradas e saídas do fluxo de caixa, o montante do investimento inicial e uma Taxa Mínima Atrativa de 13,75%. Sendo assim, apenas um indicador complementar para analisar as propostas, não sendo utilizado como critério de tomada de decisão

4 RESULTADOS

Neste capítulo constam todos resultados obtidos nas análises técnica e econômica para os cinco sistemas fotovoltaicos, todos com as mesmas características, porém, com as particularidades de cada região do território brasileiro.

Com dois tópicos principais no capítulo, primeiro com uma visão para a viabilidade técnica do sistema para, então, partir para a viabilidade econômica, sendo este último, considerando até mesmo um financiamento para a viabilidade do sistema.

4.1 Viabilidade técnica

Para a primeira prova foi feita a escolha de uma fatura de energia elétrica, então, com os históricos de consumo de energia da residência, da sua localização e do seu tipo de conexão à rede de distribuição de energia elétrica, foi possível iniciar os cálculos para a viabilidade técnica.

Como cada concessionária tem suas normativas e seus padrões, tanto de distribuição referente a tensão entregue a residência e tarifação de energia ativa, quanto de instalação, foi calculado conforme as normas regidas pelas concessionárias locais. Na Figura 5 pode-se observar as características da fatura de energia elétrica real escolhida.

Para o estudo de viabilidade técnica, nas regiões do território brasileiro, as cidades definidas foram: Região Sul - São Borja, Rio Grande do Sul (Caso A), local de escolha da fatura real para o estudo, Região Sudeste - Belo Horizonte, Minas Gerais (Caso B), Região Centro-Oeste - Cuiabá, Mato Grosso (Caso C), Região Nordeste - Fortaleza, Ceará (Caso D), Região Norte - Manaus, Amazonas (Caso E). Com todos os dados coletados e, como não é possível saber o ângulo de inclinação de cada telhado e a orientação do mesmo nas residências, a geração do sistema foi dimensionada a partir de um plano horizontal e da angulação da latitude de cada local.

Partindo de que todos os telhados tenham uma estrutura de fibrocimento, caibros de madeira e orientação para o norte geográfico, também não contendo perdas por sombreamento e com uma estimativa na taxa de desempenho de 80% do sistema para as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte e 85% para as regiões Sul e Sudeste, estimativa essa em detrimento das perdas por temperatura, incompatibilidade, poeira, inversor e cabeamentos. Dados de irradiação foram obtidos

no CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito) e o dimensionamento foi calculado por uma tabela do Excel da RENOVIGI1 e plataforma da SOLARFY2, plataformas essas que fazem os cálculos de geração através da Equação 6 e Equação 7.

Figura 5 – Fatura de Energia Elétrica RGE

CENTRO
97670-000 SAO BORJA RS

LOTE 15	Roteiro de Leitura SBJBU032-0000005	Nº Medidor 2039864	Páginas 1/1	Data de Apresentação 28/06/2022	Leitura Próximo Mês 22/07/2022	Data de Vencimento 13/07/2022
------------	--	-----------------------	----------------	------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

Classificação: Convencional B1 Residencial	Tipo de Fornecimento: Monofásico
TENSÃO NOMINAL EM VOLTS Disp.: 220	Lim. mín.: 202 Lim. máx.: 231

Código da Instalação
3092174481

Datas de leituras		
Leitura atual	Leitura anterior	Nº de dias
23/06/2022	23/05/2022	31
Próxima leitura 22/07/2022		

ACESSAR AQUI O XML DA SUA NF

NOTA FISCAL Nº 005637787 - SÉRIE 0 / DATA DE EMISSÃO: 23/06/2022
Consulte pela chave de Acesso em:
<https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/nf3e/qrcode>
chave de acesso:
4322060201644000016266000056377871028314424
Protocolo de autorização: 1432200007967742 -24.06.2022 às 01:36:27

Ref: mês/ano	Vencimento	Total a pagar
JUN/2022	13/07/2022	R\$ 848,17

Aviso importante
O valor da sua conta mudará a partir de 22/06/22 conforme Reajuste Tarifário médio de 8,41% homologado pela Resolução 3.045/2022 ANEEL.

Informações dos débitos mais antigos:
Vencimento Valor
13/06/2022 R\$ 673,74

CONSTA DÉBITO: 1 DOCTO(S)
13/06/22 R\$ 673,74
REGULARIZE ATÉ 13/07/2022, PARA EVITAR A SUSPENSÃO DO FORNECIMENTO.
APÓS A SUSPENSÃO COBRAREMOS O CONSUMO REGISTRADO E PODERÁ OCORRER A

RESCISÃO DO CONTRATO APÓS 2 MESES-ART 99 E 70-RESOL 414/10. DOCTO(S) VENCIDOS PODEM SER INDICADOS AOS ÓRGÃOS DE PROT. CRÉDITO. CASO POSSUA COBRANÇA DE TERCEIROS NA CONTA É POSSÍVEL REFATURAR SEM O REFERIDO VALOR.

Descrição da operação Nº 915701065499	Unid. Med.	Quant. Faturada	Tarifa ANEEL	Tarifa com tributos R\$	Valor total da operação R\$	Base Cál. ICMS	Aliq. ICMS %	ICMS	PIS 0,87%	COFINS 3,98%	Tributo	Base de Cál. (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Consumo Uso Sistema [KW]TUSD JUN22	KWh	505,0000	0,43754000	0,30948313	257,29	257,29	25,00	64,32	1,68	7,68	ICMS	437,62	25,00	114,41
Consumo - TE JUW22	KWh	505,0000	0,26162000	0,39969307	200,33	200,33	25,00	50,06	1,31	5,98	PIS/PASEP	343,22	0,87	2,95
Parcelamento de Débito					369,21						COFINS	343,22	3,98	13,66
Total Distribuidora					826,83									
DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS														
Contribuição Custeio IP-CIP JUN22					21,34									

Consumo / kWh	
Consumo faturado	Nº dias
JUN 22	305 31
MAY 22	418 30
ABR 22	514 30
MAR 22	1138 30
FEV 22	1114 29
JAN 22	1238 31
DEZ 21	890 30
NOV 21	890 30
OCT 21	510 31
SET 21	438 31
AGO 21	528 31
JUL 21	412 30
JUN 21	407 29

Fonte: Elaborado pelo autor, obtido através do aplicativo da CPFL (2022, não paginado)

1 <https://renovigi.com.br/>

2 <https://solarfy.com.br/>

4.1.1 Prova caso A

Com o histórico de consumo em mãos, buscou-se os dados de irradiação do local, através da plataforma do CRESESB e, com a latitude e longitude do local foi possível obter os dados para dimensionar o sistema.

Com coordenadas geográficas 28°39'23.1''S 56°00'24.3''W, foi definido o local de instalação na cidade de São Borja - RS. A partir disso estão apresentados os dados obtidos no CRESESB na Tabela 9. Estes dados são os mesmos utilizados na plataforma da Renovigi para dimensionamento do sistema.

Tabela 9 – Irradiação Diária Mensal São Borja - RS

Irradiação Solar Diária Mensal [kWh/m ² .dia]														
Irradiação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
0° N	6,04	6,19	5,27	4,04	3,06	2,51	2,83	3,59	3,59	3,59	3,59	7,01	4,77	4,51
29° N	6,04	5,91	5,58	4,83	4,07	3,49	3,89	4,49	4,53	5,25	5,83	6,07	5	2,58
22° N	6,33	6,08	5,6	4,72	3,89	3,31	3,7	4,35	4,51	5,36	6,08	6,39	5,03	3,08
49° N	4,93	5,1	5,17	4,84	4,31	3,78	4,18	4,61	4,31	4,65	4,84	4,88	4,63	1,39

Fonte: CRESESB (2022, não paginado)

Por se tratar de um sistema ON-GRID, deve-se levar em consideração a média anual para dimensionamento, então, com isso, é preciso entrar com os dados na plataforma da Renovigi. Adicionado os dados, vistos na Figura 6 e Figura 7 pode-se partir para o dimensionamento do sistema.

Figura 6 – Dados Fatura de Energia

DADOS DA FATURA DE ENERGIA	
Cidade	São Borja
Estado	RS
Ligação Monofásica/Bifásica/Trifásica (M, B ou T?)	M
Tensão entre Fase e Neutro na sua cidade	220
% de geração desejado em relação ao consumo médio mensal	125%
Consumo mensal de energia em kWh	
Janeiro	1.386
Fevereiro	1.114
Março	1.136
Abril	514
Maio	419
Junho	505
Julho	412
Agosto	526
Setembro	484
Outubro	510
Novembro	695
Dezembro	899
Total	8.600
Média	717

← Insira valores de consumo mês a mês.

Fonte: Tabela Excel Renovigi (2022, não paginado)

Figura 7 – Dados de Latitude e Radiação Solar

DADOS DE LATITUDE E RADIAÇÃO SOLAR		
Latitude do local (veja em: www.maps.google.com.br)	29	Latitude da cidade de instalação
Inclinação do telhado (em graus)	10	Inclinação do telhado onde será instalado
Inclinação convertida para % (muito usada na construção civil)	17%	
Radiação solar		<p>OBS: Para a instalação, deve-se adotar a inclinação dos módulos de no mínimo 10° para garantir escoamento de impurezas sobre o módulo.</p>
Janeiro	6,83	
Fevereiro	6,19	<p>Inserir dados de radiação solar (pode-se retirar do site do CRESESB).</p>
Março	5,27	
Abril	4,04	<p>Link CRESESB: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata</p>
Maio	3,06	
Junho	2,51	
Julho	2,83	
Agosto	3,59	
Setembro	4,13	
Outubro	5,34	
Novembro	6,47	
Dezembro	7,01	
Média	4,8	

Fonte: Tabela Excel Renovigi (2022, não paginado)

Como foi possível observar nas Figuras 6 e 7, com os dados da rede da residência, taxa de desempenho do sistema, histórico de consumo, angulação e radiação média, pode-se partir para os cálculos, podendo ser visto o dimensionamento na Figura 8. O resumo do projeto consta na Tabela 10, e os dados dos módulos fotovoltaicos, inversor e estimativa de geração estão na Tabela 11. Para comparativo

de geração foram usadas duas plataformas, Renovigi e Solarfy, a primeira, observado no Gráfico 1, por se tratar de uma empresa que produz seus próprios produtos, sua base de dados é contida em seus próprios produtos como módulos fotovoltaicos e inversores.

Na segunda plataforma, visto na Figura 10, é possível utilizar produtos de diferentes marcas, na Figura 9 pode-se observar a forma de dimensionamento da plataforma Solarfy e no Gráfico 2 a estimativa de geração do sistema.

Figura 8 – Dimensionamento Renovigi

DIMENSIONAMENTO	
ESCOLHA A POTÊNCIA DO PAINEL	400W
Quantidade calculada pela tabela de módulos necessários	18,1
Quantidade TOTAL de painéis a ser considerada no projeto	19
Estimativa de área ocupada (m ²)	46
ESCOLHA DO INVERSOR E QUANTIDADE	
Modelo do inversor com base na quantidade de Módulos - ESCOLHA	INVERSOR RENO-8K
	MÁX. total= 33x340W, 30x365W, 28x400W, 27x410W
	MIN POR ENTRADA = 3x340W, 3x365W, 3x400W, 3x410W
Quantidade de inversores necessários	0,68
Quantidade escolhida de inversores	1
Quantidade média de painéis por inversor	19,0
	22
Quantidade média de painéis por entrada do inversor, utilizando todas as entradas	6,3
	O Inversor RENO-8K possui 3 entradas e 3 MPPTs
	Cada String da mesma MPPT deve ter o mesmo número de painéis com mesma orientação e inclinação.

Fonte: Tabela Excel Renovigi (2022, não paginado)

Tabela 10 – Resumo de Dados de Instalação do Projeto

Dados da Instalação	
Cidade	São Borja
Estado	RS
Ligação Mono/Bi/Tri	Mono
% geração sobre o consumo	125%
Latitude do Local	29°
Inclinação dos painéis	10
Consumo mínimo mensal	30
Temperatura máxima	39
Temperatura mínima	11
Média de horas de sol	5

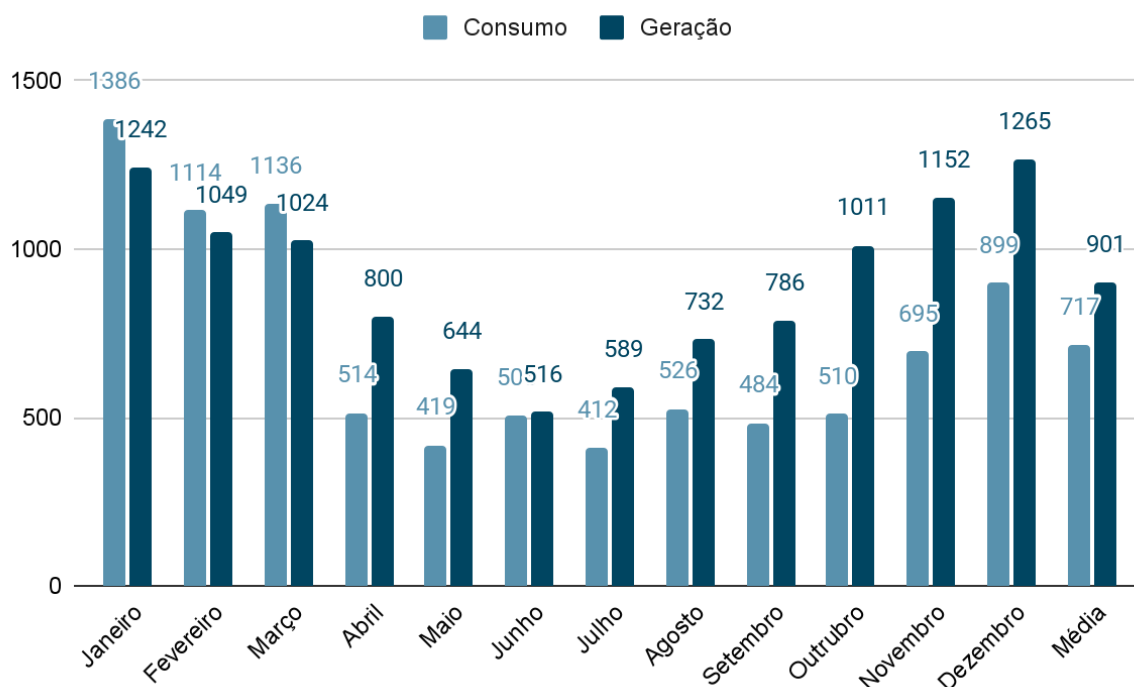
Fonte: Tabela Excel Renovigi (2022, não paginado)

Tabela 11 – Dados dos Módulos Fotovoltaicos, Inversor e Estimativa de Geração

Painel	
Potência de cada painel	400
Quantidade	19
Estimativa área para instalação	46 m ²
Inversor	
Modelo e Potência Inversor	Inversor RENO – 8K
Quantidade de Inversores	1
Geração Prevista de Energia	
Potência total do arranjo	7,6 kW
Energia média mensal	901 kWh/mês
Energia total ano	10.808 kWh/ano
Energia média por painel	47 kWh/mês

Fonte: Tabela Excel Renovigi (2022, não paginado)

Gráfico 1 – Dados de Geração Versus Consumo



Fonte: Tabela Excel Renovigi (2022, não paginado)

Figura 9 – Dimensionamento São Borja – RS

Cidade/UF da proposta * Concessionária *

Tipo de ligação * Valor da tarifa * Consumo médio (kWh) *

Dimensionamento: Potência painel: 550 W Perda do sistema: 15% Dimensão: 1.13x2.28 m

Geração do sistema 936,79 kWh	Quantidade de painéis 14	Potência do sistema 7,70 kWp	Área mínima 28,34 m ²
----------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

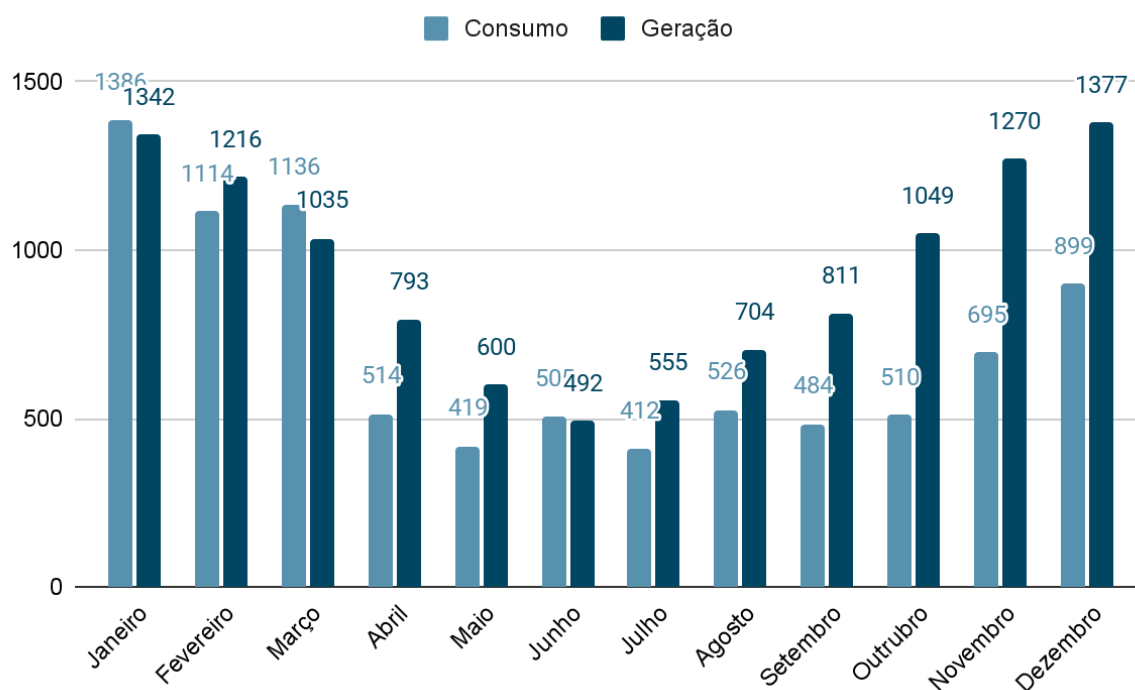
Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Figura 10 – Sistema Fotovoltaico São Borja – RS



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Gráfico 2 – Dados de Geração Versus Consumo São Borja – RS



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Com o sistema dimensionado, calculado com uma sobra de geração de 30,65% do seu consumo médio, aumentando a geração pelos fatores de perdas e de que os residentes se sintam mais confortáveis para um aumento do seu consumo de energia elétrica, por possuírem o sistema instalado. Foi escolhido para cálculo orçamentário o dimensionamento feito na plataforma Solarfy, por possuir um banco de dados mais atualizado e competitivo no mercado. Definindo a estimativa de geração e potência para o kit fotovoltaico, e feita uma cotação na plataforma da Belenergy Distribuidora, o kit de energia solar fotovoltaica para o Caso A pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 – Equipamentos Para o Kit de Energia Solar Fotovoltaica A

Produto	QTD
MÓDULO MONO. 144 CEL. 550W RISEN	14
INVERSOR MONO. 2MPPT 7KW – SOLIS	1
STRING BOX 3E/3S 1000V DC	1
GARRA ATERRAMENTO 2 PEÇAS	2
GRAMPO FINAL 35MM 4 PEÇAS	2
GRAMPO INTERMEDIÁRIO 2 PEÇAS	12
HASTE SOLAR 10MM X 200MM 2 PEÇAS	12
JUNÇÃO PARA PERFIL 1 PEÇAS	12
PERFIL FIXAÇÃO 31.9MM X 53.8MM X 2.36M ALUMÍNIO	16
SUPORTE PE EM L FIBROCIMENTO 2 PEÇAS	12
DATALOGGER	1
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC PRETO	35
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC VERMELHO	35
CONECTOR MC4 MACHO E FEMEA C/2 PARES - STAUBLI	3
Frete	1

Fonte: Plataforma Belenergy (2022, não paginado)

O Sistema foi dimensionado com 7,7 kWp, com média de geração de 936,79 kWh, e uma capacidade de reserva de 11% da capacidade do inversor, com possibilidade para adicionar mais 5 módulos no sistema e já com string box para corrente contínua, apresentando um valor total de R\$ 22.115,66.

4.1.2 Prova caso B

Para a prova de caso B, situada em Belo Horizonte, levou-se em consideração os padrões na concessionária CEMIG, onde o padrão de tensão é de 127 volts, isso acarretará uma mudança no planejamento do sistema, deverá ser pedido um aumento de carga para a concessionária, para bifásico, ficando com uma tensão de fase maior, suportando assim um inversor monofásico de 220 volts, aumentando o custo mínimo de disponibilidade da rede.

Utilizando o histórico de consumo do caso A, partiu-se para os dados geográficos do local de instalação em Belo Horizonte e os dados de irradiação disponíveis no CRESESB.

Com coordenadas geográficas 19°56'14''S e 43°56'18'' W e dados de irradiação vistos na Tabela 13.

Tabela 13 – Dados Irradiação Diária Mensal Belo Horizonte – MG

Irradiação Solar Diária Mensal [kWh/m ² .dia]														
Irradiação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
0° N	5,8	5,98	5,15	4,78	4,17	4,06	4,28	5,15	5,54	5,65	5,35	5,64	5,13	1,92
20° N	5,28	5,71	5,25	5,3	5	5,11	5,3	5,97	5,85	5,52	4,94	5,08	5,36	1,03
20° N	5,28	5,71	5,25	5,3	5	5,11	5,3	5,97	5,85	5,52	4,94	5,08	5,36	1,03
19° N	5,32	5,73	5,26	5,28	4,97	5,07	5,26	5,94	5,85	5,54	4,97	5,12	5,36	0,98

Fonte: CRESESB (2022, não paginado)

Com os dados de irradiação da cidade de Belo Horizonte, nota-se que os meses de inverno não possuem uma queda de irradiação diferentemente do caso A, e uma média de irradiação maior. Com esses dados foi iniciado o dimensionamento na plataforma da Solarfy, sendo observado na Figura 11.

Figura 11 – Dimensionamento Belo Horizonte – MG

Cidade/UF da proposta* Concessionária*

Belo Horizonte - MG CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

Tipo de ligação* Valor da tarifa* Consumo médio (kWh)*

Bifásica R\$ 0,653 717 Informar consumo mensal

Dimensionamento: Potência painel: 550 W Perda do sistema: 15% Dimensão: 1.13x2.28 m 📊

Geração do sistema 935,14 kWh	Quantidade de painéis 13	Potência do sistema 7,15 kWp	Área mínima 25,76 m²
---	------------------------------------	--	---

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

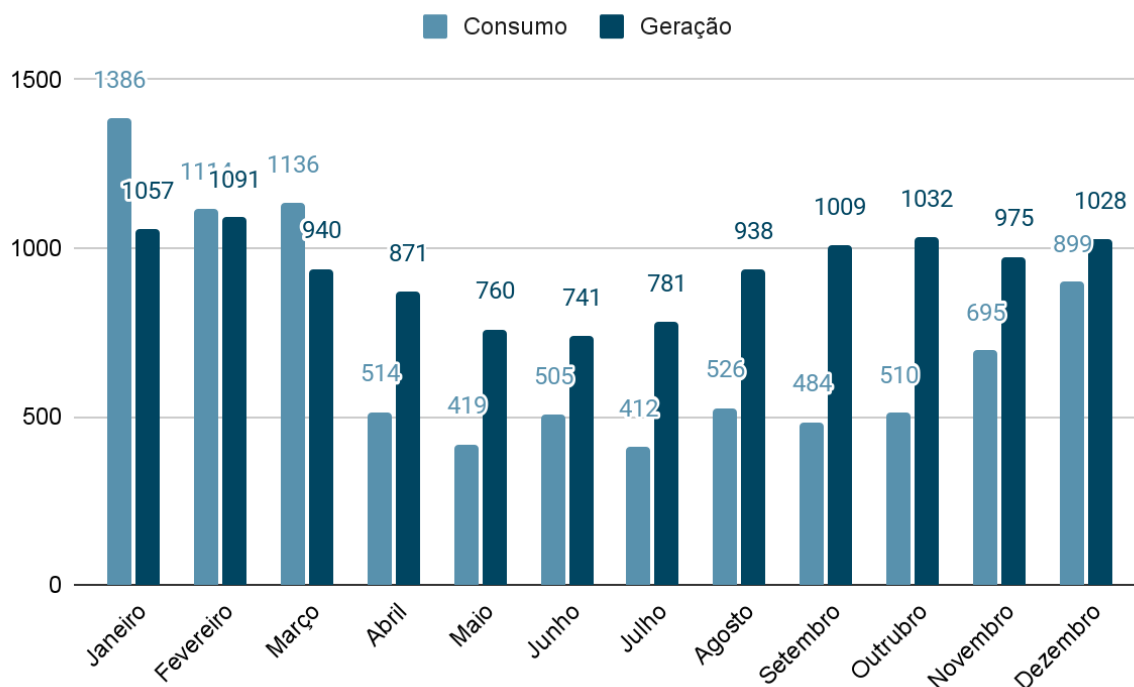
Conforme se aproxima da linha do Equador, nota-se as diferenças dos sistemas com as mesmas características, alterando apenas suas localidades. Na Figura 12 pode ser observada a escolha dos painéis e inversores e no Gráfico 3 a sua média de geração.

Figura 12 – Sistema Fotovoltaico Belo Horizonte – MG



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Gráfico 3 – Dados de Geração Versus Consumo Belo Horizonte – MG



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Já pode ser notada a diferença de um sistema para o outro, com o aumento da irradiação solar, o sistema pode ser dimensionado com um módulo a menos, consequentemente um inversor de 5 kW da Solis suporta a potência do sistema, inversor com uma capacidade de reserva de 7,5 kW, o sistema ficou praticamente com a mesma média de geração do caso A, 935,14 kWh. Na Tabela 14 pode-se ver o kit de energia solar fotovoltaica do caso B.

Tabela 14 – Equipamentos para o Kit de Energia Solar Fotovoltaica B

Produto	QTD
MÓDULO MONO. 144 CEL. 550W RISEN	13
INVERSOR MONO. 2MPPT 220V 5KW	1
STRING BOX 1-2E/2S 1000V DC	1
GARRA ATERRAMENTO 2 PEÇAS	2
GRAMPO FINAL 35MM 4 PEÇAS	2
GRAMPO INTERMEDIÁRIO 2 PEÇAS	11
HASTE SOLAR 10MM X 200MM 2 PEÇAS	11

Continua...

...continuação.

Produto	QTD
JUNÇÃO PARA PERFIL 1 PEÇAS	10
PERFIL FIXAÇÃO 31.9MM X 53.8MM X 2.36M ALUMÍNIO	14
SUORTE PE EM L FIBROCIMENTO 2 PEÇAS	11
DATALOGGER	1
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC PRETO	33
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC VERMELHO	33
CONECTOR MC4 MACHO E FEMEA C/2 PARES - STAUBLI	2
Frete	1

Fonte: Plataforma Belenergy (2022, não paginado)

O sistema ficou uma potência de 7,15 kWp, utilizando toda a capacidade de reserva do inversor. Podendo ver a diferença entre os kits caso A e B, notamos além dos módulos e do inversor, uma menor quantidade de cabos CC, MC4, string box com um circuito a menos e a estrutura para fibromadeira em menor quantidade, logicamente interferindo no orçamento final. Aqui o valor ficou estimado em R\$ 19.517,92.

4.1.3 Prova caso C

Agora para região Centro-Oeste, na cidade de Cuiabá, Mato Grosso, e a concessionária local é a ENERGISA, a qual segue os mesmos padrões do caso B, e será seguido da mesma forma em relação a fase da residência, pedindo um aumento para uma rede bifásica, para conseguir suportar o inversor monofásico 220 volts.

Partindo para escolha da localidade da instalação em Cuiabá, tem-se as seguintes coordenadas geográficas 15° 35' 16" S e 56° 06' 28" W, com os dados de irradiação na Tabela 15 na plataforma do CRESESB.

Tabela 15 – Dados Irradiação Diária Mensal Cuiabá – MT

Irradiação Solar Diária Mensal [kWh/m ² .dia]														
Irradiação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
0° N	5,46	5,33	5,17	4,91	4,41	4,36	4,52	5,4	5,13	5,31	5,56	5,71	5,11	1,35
16° N	5,04	5,11	5,21	5,28	5,03	5,16	5,28	6,01	5,31	5,17	5,17	5,21	5,25	0,98
16° N	5,04	5,11	5,21	5,28	5,03	5,16	5,28	6,01	5,31	5,17	5,17	5,21	5,25	0,98
16° N	5,04	5,11	5,21	5,28	5,03	5,16	5,28	6,01	5,31	5,17	5,17	5,21	5,25	0,98

Fonte: CRESESB (2022, não paginado)

Pode-se notar a diferença de irradiância de cada local, onde percebe-se que, no caso C, o mês de agosto possui uma grande incidência solar, tanto para um plano horizontal quanto com inclinação próxima a latitude, mesmo agosto sendo considerado inverno. Na Figura 13 tem-se o dimensionamento do sistema.

Figura 13 – Dimensionamento Cuiabá – MT

Cidade/UF da proposta * Cuiabá - MT

Concessionária * EMT - ENERGISA MATO GROSSO - DISTRIBUIDORA DE ENI

Tipo de ligação * Bifásica

Valor da tarifa * R\$ 0,814

Consumo médio (kWh) * 717

Informar consumo mensal

Dimensionamento: Potência painel: 550 W Perda do sistema: 20% Dimensão: 1.13x2.28 m

Geração do sistema 943,59 kWh

Quantidade de painéis 14

Potência do sistema 7,70 kWp

Área mínima 28,34 m²

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

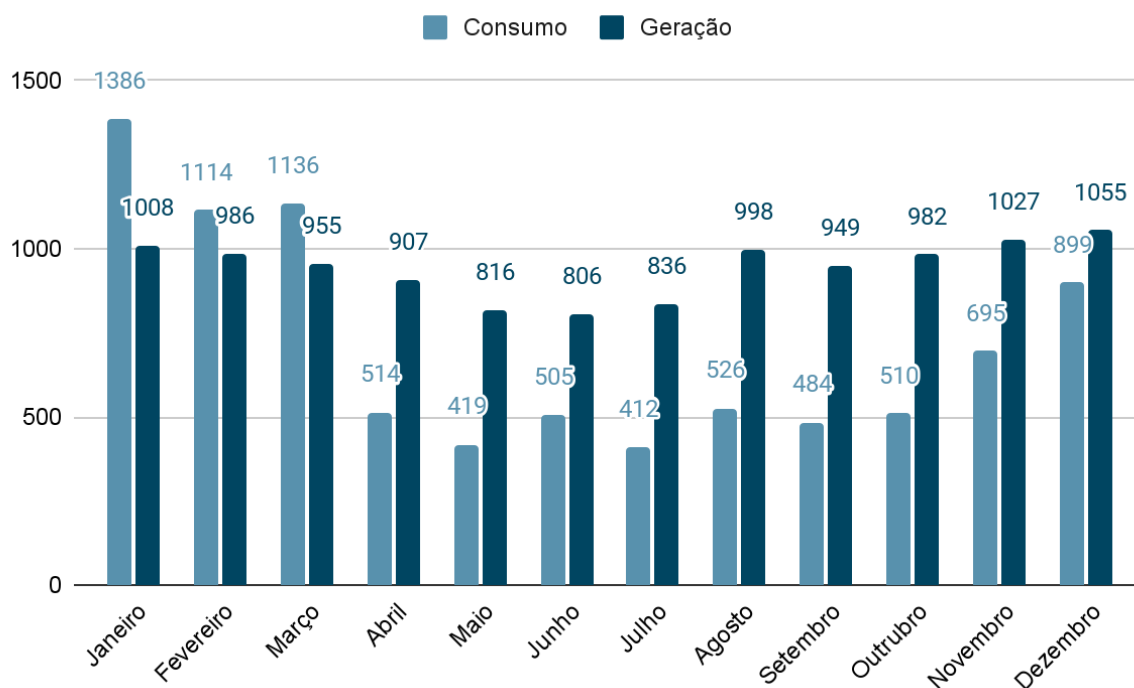
O dimensionamento mínimo do sistema ficou parecido com o do caso A, porém, está sendo considerada uma taxa maior de perdas em detrimento às altas temperaturas na região, logo na Figura 14 e Gráfico 4 poderá ser observado o dimensionamento real do sistema e sua média de geração na região.

Figura 14 – Sistema Fotovoltaico Cuiabá - MT



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Gráfico 4 – Dados de Geração Versus Consumo Cuiabá – MT



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Na Figura 14 consta o mesmo sistema do caso A, porém, com médias de gerações totalmente diferentes, vistas no Gráfico 4, gráfico com maior linearidade e com uma média de geração de 943,59 kWh, maior que o caso A, mesmo com 5% a

mais de perdas dimensionadas. Na Tabela 16 é apresentado o kit de energia solar fotovoltaico escolhido pela Belenergy Distribuidora.

Tabela 16 – Equipamentos para o Kit de Energia Solar Fotovoltaica C

Produto	QTD
MÓDULO MONO. 144 CEL. 550W RISEN	14
INVERSOR MONO. 2MPPT 7KW – SOLIS	1
STRING BOX 3E/3S 1000V DC	1
GARRA ATERRAMENTO 2 PEÇAS	2
GRAMPO FINAL 35MM 4 PEÇAS	2
GRAMPO INTERMEDIÁRIO 2 PEÇAS	12
HASTE SOLAR 10MM X 200MM 2 PEÇAS	12
JUNÇÃO PARA PERFIL 1 PEÇAS	12
PERFIL FIXAÇÃO 31.9MM X 53.8MM X 2.36M ALUMÍNIO	16
SUPORTE PE EM L FIBROCIMENTO 2 PEÇAS	12
DATALOGGER	1
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC PRETO	35
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC VERMELHO	35
CONECTOR MC4 MACHO E FEMEA C/2 PARES - STAUBLI	3
Frete	1

Fonte: Plataforma Belenergy (2022, não paginado)

Analisando o kit desse caso com o caso A, é o mesmo, porém o retorno com o passar dos tempos será diferente, pois o caso C possui uma média de geração maior, terá um custo maior com a taxa de disponibilidade mínima da rede bifásica e também deverá ser acrescentado um disjuntor e um DPS a mais na hora da instalação. Ficou estimado para este kit um valor total de R\$ 22.115,66.

4.1.4 Prova caso D

Para o caso D, seguindo para o Nordeste, cidade de Fortaleza, Ceará, onde a concessionária de energia é a ENEL, mantendo os mesmos padrões de rede do caso

A, onde é fornecida uma tensão de fase de 220 volts, pode-se manter uma rede monofásica tranquilamente para uso de um inversor monofásico.

Com isso foram obtidas as seguintes coordenadas geográficas 3° 43' 36' S e 38° 32' 10'' W, logo, o gráfico de irradiância obtido pelo CRESESB está apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Dados Irradiação Diária Mensal Fortaleza – CE

Irradiação Solar Diária Mensal [kWh/m ² .dia]														
Irradiação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
0° N	5,75	5,77	5,57	4,86	5,19	5,23	5,45	5,89	6,05	6,3	6,34	5,94	5,69	1,48
4° N	5,6	5,68	5,56	4,92	5,33	5,41	5,62	6,01	6,08	6,22	6,18	5,77	5,7	1,3
3° N	5,64	5,7	5,56	4,9	5,3	5,37	5,58	5,99	6,07	6,24	6,22	5,81	5,7	1,34
16° N	5,05	5,3	5,41	5	5,63	5,84	6,02	6,24	6,02	5,87	5,6	5,14	5,59	1,24

Fonte: CRESESB (2022, não paginado)

Como mostra a Tabela 17, as particularidades da região deixam evidente um menor índice no mês de abril, porém um alto índice nos restantes dos meses. Trata-se da localização mais próxima da Linha do Equador e com a maior média de irradiação. Na Figura 15 está definido o dimensionamento do sistema.

Figura 15 – Dimensionamento Fortaleza – CE

Cidade/UF da proposta* Concessionária*

Fortaleza - CE ENEL CE - COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ

Tipo de ligação* Valor da tarifa* Consumo médio (kWh)*

Monofásica R\$ 0,709 717 Informar consumo mensal

Dimensionamento: Potência painel: 550 W Perda do sistema: 20% Dimensão: 1.13x2.28 m

Geração do sistema
914,92 kWh

Quantidade de painéis
12

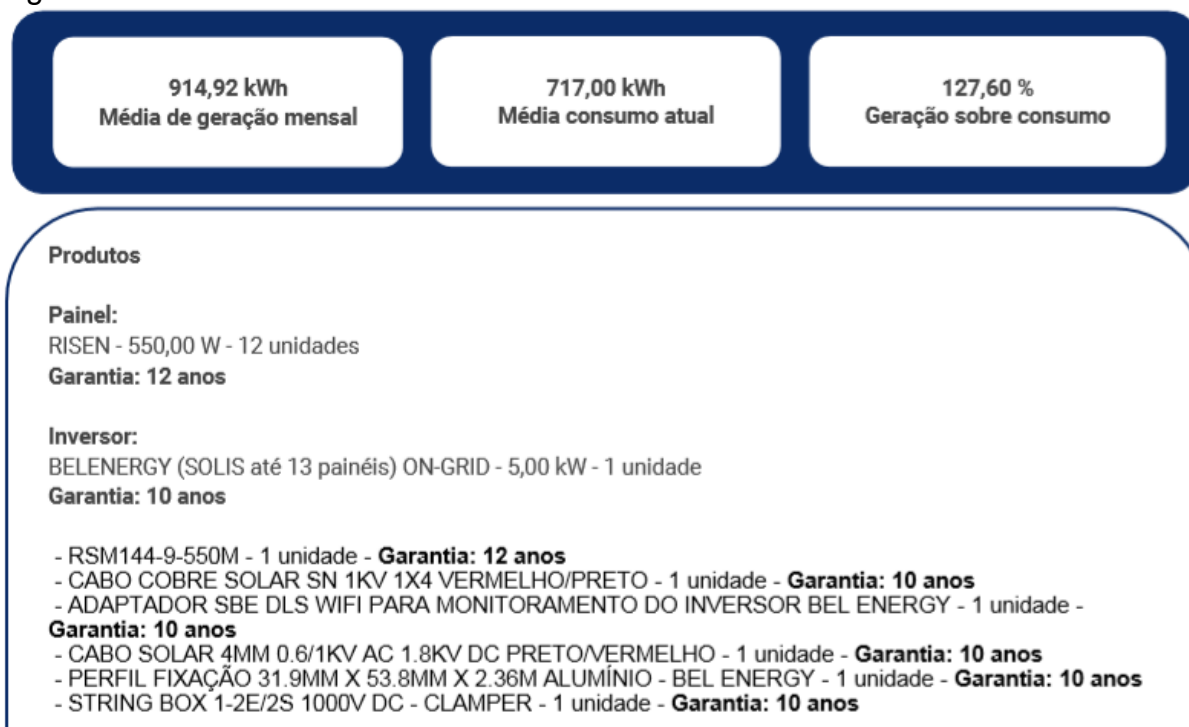
Potência do sistema
6,60 kWp

Área mínima
23,19 m²

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

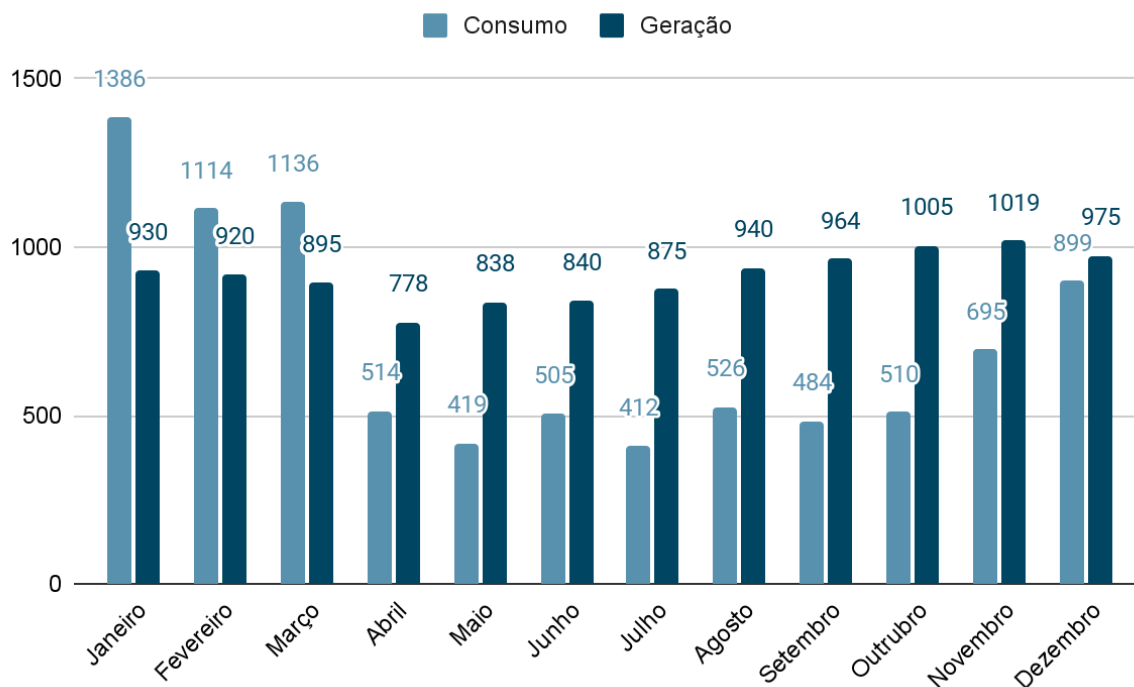
No caso D, já se nota um sistema totalmente diferente dos outros, onde o número de módulos são 12 painéis, porém, com uma geração média menor que todos os outros, sendo consideravelmente destacada é a irradiação média da cidade, acima das demais. Na Figura 16 e Gráfico 5 tem-se o dimensionamento real do sistema junto do gráfico de geração média do sistema.

Figura 16 - Sistema Fotovoltaico Fortaleza – CE



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Gráfico 5 – Dados de Geração Versus Consumo Fortaleza – CE



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Com menos painéis que os demais sistemas, é possível usar 32% da capacidade de reserva do inversor, podendo ainda, assim, adicionar mais um painel

futuramente. O sistema com 12 painéis ficou com uma média de geração de 914,92 kWh, caso o residente possua necessidade de colocar o painel a mais, permitido para o sistema, ele ficaria com uma média de geração de 991,16 kWh. Então, na Tabela 18 tem-se o kit de energia solar definido para o pedido na distribuidora.

Tabela 18 - Equipamentos para o Kit de Energia Solar Fotovoltaica D

Produto	QTD
MÓDULO MONO. 144 CEL. 550W RISEN	12
INVERSOR MONO. 2MPPT 220V 5KW	1
STRING BOX 1-2E/2S 1000V DC	1
GARRA ATERRAMENTO 2 PEÇAS	2
GRAMPO FINAL 35MM 4 PEÇAS	2
GRAMPO INTERMEDIÁRIO 2 PEÇAS	10
HASTE SOLAR 10MM X 200MM 2 PEÇAS	10
JUNÇÃO PARA PERFIL 1 PEÇAS	8
PERFIL FIXAÇÃO 31.9MM X 53.8MM X 2.36M ALUMÍNIO	12
SUPORTE PE EM L FIBROCIMENTO 2 PEÇAS	10
DATALOGGER	1
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC PRETO	30
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC VERMELHO	30
CONECTOR MC4 MACHO E FEMEA C/2 PARES - STAUBLI	2
Frete	1

Fonte: Plataforma Belenergy (2022, não paginado)

O sistema ficou com uma potência de 6,60 kWp, o sistema ficou com o menor número de painéis que os demais casos, também irá utilizar uma demanda menor de cabeamento e estruturas para fixação. O valor total do kit é de R\$ 18.221,01.

4.1.5 Prova caso E

No último caso tem-se a região Norte, na cidade de Manaus, Amazonas, temos a concessionária AMAZONAS ENERGIA, a qual segue os parâmetros de fornecimento de energia em uma tensão de 220 volts. Partindo para escolha da

localidade da instalação em Manaus, tem-se as seguintes coordenadas geográficas 3° 02' 29" S e 59° 59' 14" W, com os dados de irradiação na Tabela 19 na plataforma do CRESESB.

Tabela 19 – Dados Irradiação Diária Mensal Manaus – AM

Irradiação Solar Diária Mensal [kWh/m ² .dia]														
Irradiação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
0° N	3,87	4,07	4,02	3,81	3,81	4,3	4,34	4,95	4,97	4,82	4,66	4,18	4,32	1,16
3° N	3,81	4,03	4,01	3,84	3,87	4,4	4,43	5,02	4,98	4,79	4,59	4,11	4,32	1,21
4° N	3,79	4,01	4,01	3,84	3,88	4,43	4,46	5,04	4,98	4,77	4,57	4,57	4,32	1,25
2° N	3,83	4,04	4,02	3,83	3,85	4,37	4,4	5	4,98	4,8	4,62	4,14	4,32	1,17

Fonte: CRESESB (2022, não paginado)

Observando a Tabela 19, nota-se que cada região apresenta uma média diferente de irradiação, então, cada sistema deve ser tratado de forma única. Em Manaus pode-se ver o alto índice no mês de agosto, constam uma surpresa ao apresentar o menor índice no mês de janeiro. Na Figura 17 serão mostrados os requisitos para o sistema.

Figura 17 – Dimensionamento Manaus – AM

Cidade/UF da proposta * Concessionária *

Manaus - AM AME - AMAZONAS ENERGIA S.A

Tipo de ligação * Valor da tarifa * Consumo médio (kWh) *

Monofásica R\$ 0,804 717 Informar consumo mensal

Dimensionamento: Potência painel: 550 W Perda do sistema: 20% Dimensão: 1.13x2.28 m 📊

Geração do sistema 855,95 kWh	Quantidade de painéis 15	Potência do sistema 8,25 kWp	Área mínima 33,49 m²
---	------------------------------------	--	---

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

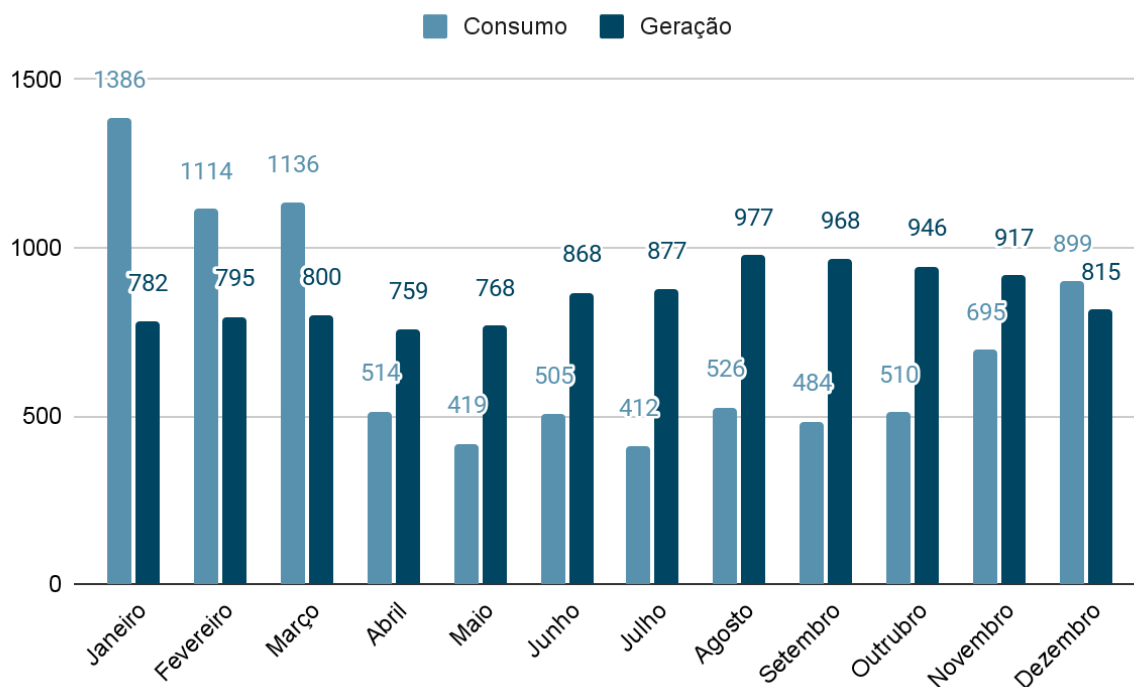
Com o maior requisito de painéis e a menor irradiação média das regiões, Manaus apresentou uma necessidade de 15 painéis para suprir o consumo de energia da residência, tendo com isso uma geração média de 855 kWh, conseqüentemente, tem-se um sistema maior e mais caro. Na Figura 18 e Gráfico 6 pode-se observar o sistema dimensionado e seu gráfico de geração.

Figura 18 – Sistema Fotovoltaico Manaus – AM



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Gráfico 6 – Dados de Geração Versus Consumo Manaus - AM



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Então, o sistema ficou com a maior quantidade de módulos fotovoltaicos, uma maior área requisita para o sistema, uma taxa de capacidade de reserva sobre o

inversor de 17,85%, com geração média de 855,95 kWh e com uma sobra de geração em relação ao consumo de 19,38%. Particularidade da região fez com que tive-se o sistema com o maior número de painéis com a menor geração de energia. O kit escolhido na distribuidora pode ser visto na Tabela 20.

Tabela 20 – Equipamentos para o Kit de Energia Solar Fotovoltaica E

Produto	QTD
MÓDULO MONO. 144 CEL. 550W RISEN	15
INVERSOR MONO. 2MPPT 7KW – SOLIS	1
STRING BOX 3E/3S 1000V DC	1
GARRA ATERRAMENTO 2 PEÇAS	2
GRAMPO FINAL 35MM 4 PEÇAS	2
GRAMPO INTERMEDIÁRIO 2 PEÇAS	13
HASTE SOLAR 10MM X 200MM 2 PEÇAS	12
JUNÇÃO PARA PERFIL 1 PEÇAS	12
PERFIL FIXAÇÃO 31.9MM X 53.8MM X 2.36M ALUMÍNIO	16
SUPORTE PE EM L FIBROCIMENTO 2 PEÇAS	12
DATALOGGER	1
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC PRETO	38
CABO SOLAR 4MM 0.6/1KV AC 1.8KV DC VERMELHO	38
CONECTOR MC4 MACHO E FEMEA C/2 PARES - STAUBLI	3
Frete	1

Fonte: Plataforma Belenergy (2022, não paginado)

O kit configurado na distribuidora ficou demonstrado na Tabela 20, onde podemos observar um sistema com 8,125 kWp, um inversor monofásico de 7 k, 76 metros de cabeamentos CC, uma string box para 3 circuitos e estrutura para fibrocimento. O valor total do kit ficou em R\$ 23.338,06.

4.2 Viabilidade Econômica

Na parte de viabilidade econômica, após ter sido definido todos os kits de cada caso, foi orçado o valor de cada material junto com os gastos dos demais materiais

que dimensionam a parte CA do sistema e o padrão de instalação, juntamente disso contabilizado os custos com mão de obra, gasolina e alimentação da equipe que supostamente teria que fazer a instalação.

Demais gastos como margem de lucro da empresa que irá prestar o serviço, valores de impostos como notas de produtos e serviços também foram contabilizados. O único gasto que não entrou no cálculo foi a parte de comissionamento para algum vendedor.

Chegando no preço do orçamento, apresentado com o preço final integral e financiado, então, foram aplicados os métodos apresentados na metodologia para a parte de viabilidade econômica, considerando-se o fluxo de caixa, TMA, inflação e *Payback* Descontado.

4.2.1 Viabilidade Econômica Caso A

Dimensionado o kit do Caso A, para a cidade de São Borja – RS, na Tabela 21, pode ser visto os elementos do kit sendo o valor orçado em R\$ 22.115,66 para a parte de corrente contínua.

O maior custo predominante em um kit são os módulos fotovoltaicos, o inversor possui um custo considerável em relação aos outros materiais. Na Tabela 21, dimensionado pelo autor com intuito de revelar os custos dos materiais para parte de corrente alternada, padrão de instalação e demais gastos.

Tabela 21 – Materiais Extras Kit A

	Quantidade	Preço	Valor	Unidade	Outros:	Preço	Valor
Garantia	1	330		20	Terminal Tubular 6 mm ²	R\$ 1.00	R\$ 20.00
Gasolina (km)	100	R\$ 5.84	R\$ 175.20		Terminal Tubular 10 mm ²	R\$ 1.49	R\$ -
ART	1	R\$ 90.00	R\$ 90.00		Terminal Tubular 16 mm ²	R\$ 2.54	R\$ -
Alimentação	4	R\$ 40.00	R\$ 160.00	20	Bucha	R\$ 0.46	R\$ 9.20
Hotel		R\$100.00	R\$ -	20	Parafuso	R\$ 0.60	R\$ 12.00
String CA	1	R\$ 50.00	R\$ 50.00	1	PU	R\$28.05	R\$ 28.05
Duto	2	R\$ 41.72	R\$ 83.44	3	Manta Asfáltica	R\$ 6.50	R\$ 19.50
Haste terra + Conector	2	R\$ 50.66	R\$ 101.32	4	Luva	R\$13.23	R\$ 52.92
Luva Poliamida	1	R\$ 6.95	R\$ 6.95	2	Curva	R\$ 7.00	R\$ 14.00
Outros (Dificuldade Obra)			R\$ 407.76	3	Canaleta	R\$12.75	R\$ 38.25
Plataforma Z	1	R\$120.00	R\$ 120.00	10	Adaptador Condulete	R\$ 2.69	R\$ 26.90
Inversor				10	Braçadeira nylon	R\$ 0.22	R\$ 2.20
Cabos e Disjuntores			R\$ 646.95	6	Abraçadeira	R\$ 2.77	R\$ 16.62
DPS	2	R\$ 54.20	R\$ 108.40	4	Terminal Olhal	R\$ 0.25	R\$ 1.00
		Total R\$	R\$ 1,950.02	4	Preça Cabo	R\$10.84	R\$ 43.36
				5	Conrrugada	R\$13.04	R\$ 65.20
				4	Caixa de Passagem	R\$14.64	R\$ 58.56

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Na Tabela 21 foi calculada toda parte de material extra e custos adicionais para a instalação do sistema fotovoltaico, dimensionado desde o padrão de instalação, como custos de gasolina, alimentação da equipe que irá realizar a obra, cabeamento CA, plataforma de monitoramento, ART para o projeto com a concessionária de energia e demais custos visto na tabela, chegando no valor final de R\$ 1.950,00 de gastos extras. Na Figura 19 estão definidos os dados referentes ao retorno econômico do sistema.

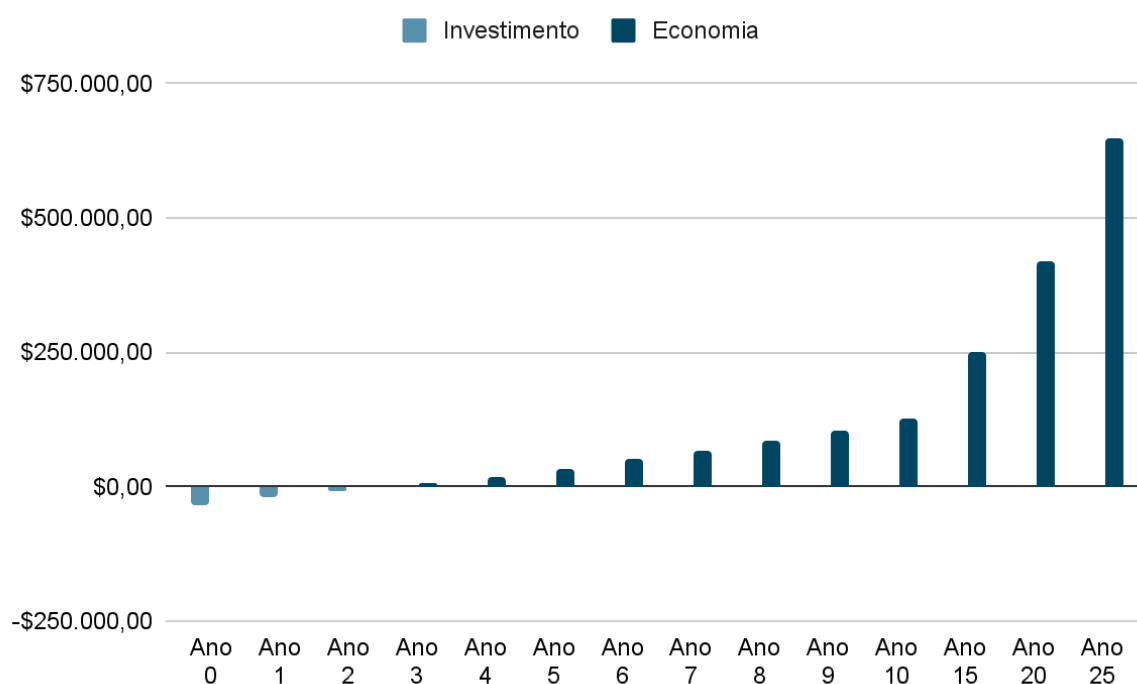
Figura 19 – Dados Econômicos para o Caso A



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Com base na Figura 19 pode-se observar que o retorno do investimento é em 2 anos e 7 meses e que a economia obtida em 25 anos é de R\$ 736.160,50. Cabe salientar que o valor total do sistema ficou em R\$ 32.734,14. No Gráfico 7 é feito o fluxo de caixa apresentado nesses 25 anos de utilização do sistema.

Gráfico 7 – Fluxo de Caixa Caso A



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como pode ser observado no fluxo de caixa do Gráfico 7, a partir de 2 anos e 7 meses o investimento já teria sido quitado e gerando retorno para o investidor. Agora na Tabela 22 pode-se ver o retorno anual do investimento.

Tabela 22 – Retorno Anual Caso A

Anos	Valor	Geração	Economia Anual
0	-R\$ 32.734,14	11241,48 kWh	R\$ 11.915,97
1	-R\$ 20.818,17	11151,55 kWh	R\$ 12.665,82
2	-R\$ 8.152,35	11062,34 kWh	R\$ 13.462,85
3	R\$ 5.310,50	10973,84 kWh	R\$ 14.310,04
4	R\$ 19.620,54	10886,05 kWh	R\$ 15.210,54
5	R\$ 34.831,08	10798,96 kWh	R\$ 16.167,71
6	R\$ 50.998,80	10712,57 kWh	R\$ 17.185,11
7	R\$ 68.183,91	10626,87 kWh	R\$ 18.266,54
8	R\$ 86.450,45	10541,85 kWh	R\$ 19.416,02
9	R\$ 105.866,47	10457,52 kWh	R\$ 20.637,83
10	R\$ 126.504,30	10373,86 kWh	R\$ 21.936,53
15	R\$ 250.887,48	9965,49 kWh	R\$ 29.763,71
20	R\$ 419.651,92	9573,20 kWh	R\$ 40.383,72
25	R\$ 648.633,30	9126,35 kWh	R\$ 54.793,06

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Na Tabela 22 pode-se notar o valor descontado sobre o investimento a cada ano, a geração acumulada no ano inteiro e a economia na fatura de energia no uso do sistema fotovoltaico o ano inteiro.

Na Tabela 23 consta a comparação se o residente optar por um financiamento para a compra do sistema fotovoltaico.

Tabela 23 – Financiamento Caso A

Valor aprox. IOF adicional R\$ 124,39		Valor a financiar		Valor aprox. IOF básico R\$ 848,55		Total aprox. a pagar no período R\$ 50.388,19
CDI*	Taxa juro fixo			Qtde meses (Até 420)		
1,14%	0,40%	R\$ 32.734,14		60		
Parc.	Valor total parcela	Coefic.	Juro período	Parcela de juro	Parcela de capital	Saldo devedor
1	R\$ 839,80	2,5266%	R\$ 504,11	R\$ 12,74	R\$ 827,07	R\$ 32.398,44
2	R\$ 839,80	2,5528%	R\$ 498,94	R\$ 25,28	R\$ 814,52	R\$ 32.057,58
3	R\$ 839,80	2,5799%	R\$ 493,69	R\$ 37,63	R\$ 802,17	R\$ 31.711,46
4	R\$ 839,80	2,6081%	R\$ 488,36	R\$ 49,80	R\$ 790,00	R\$ 31.360,01
5	R\$ 839,80	2,6373%	R\$ 482,94	R\$ 61,78	R\$ 778,02	R\$ 31.003,15
6	R\$ 839,80	2,6677%	R\$ 477,45	R\$ 73,58	R\$ 766,22	R\$ 30.640,80
7	R\$ 839,80	2,6992%	R\$ 471,87	R\$ 85,20	R\$ 754,60	R\$ 30.272,86
8	R\$ 839,80	2,7320%	R\$ 466,20	R\$ 96,65	R\$ 743,16	R\$ 29.899,26
9	R\$ 839,80	2,7662%	R\$ 460,45	R\$ 107,92	R\$ 731,89	R\$ 29.519,91
10	R\$ 839,80	2,8017%	R\$ 454,61	R\$ 119,02	R\$ 720,79	R\$ 29.134,71
11	R\$ 839,80	2,8388%	R\$ 448,67	R\$ 129,95	R\$ 709,85	R\$ 28.743,58
12	R\$ 839,80	2,8774%	R\$ 442,65	R\$ 140,72	R\$ 699,09	R\$ 28.346,43
13	R\$ 839,80	2,9177%	R\$ 436,54	R\$ 151,32	R\$ 688,48	R\$ 27.943,16
14	R\$ 839,80	2,9598%	R\$ 430,32	R\$ 161,76	R\$ 678,04	R\$ 27.533,68
15	R\$ 839,80	3,0038%	R\$ 424,02	R\$ 172,04	R\$ 667,76	R\$ 27.117,90
16	R\$ 839,80	3,0499%	R\$ 417,62	R\$ 182,17	R\$ 657,63	R\$ 26.695,71
17	R\$ 839,80	3,0981%	R\$ 411,11	R\$ 192,15	R\$ 647,66	R\$ 26.267,02
18	R\$ 839,80	3,1487%	R\$ 404,51	R\$ 201,97	R\$ 637,84	R\$ 25.831,73
19	R\$ 839,80	3,2017%	R\$ 397,81	R\$ 211,64	R\$ 628,16	R\$ 25.389,74
20	R\$ 839,80	3,2575%	R\$ 391,00	R\$ 221,17	R\$ 618,63	R\$ 24.940,94
21	R\$ 839,80	3,3161%	R\$ 384,09	R\$ 230,55	R\$ 609,25	R\$ 24.485,22
22	R\$ 839,80	3,3778%	R\$ 377,07	R\$ 239,79	R\$ 600,01	R\$ 24.022,49
23	R\$ 839,80	3,4429%	R\$ 369,95	R\$ 248,89	R\$ 590,91	R\$ 23.552,64
24	R\$ 839,80	3,5116%	R\$ 362,71	R\$ 257,85	R\$ 581,95	R\$ 23.075,54
25	R\$ 839,80	3,5842%	R\$ 355,36	R\$ 266,68	R\$ 573,12	R\$ 22.591,11
26	R\$ 839,80	3,6610%	R\$ 347,90	R\$ 275,37	R\$ 564,43	R\$ 22.099,20
27	R\$ 839,80	3,7425%	R\$ 340,33	R\$ 283,93	R\$ 555,87	R\$ 21.599,73
28	R\$ 839,80	3,8291%	R\$ 332,64	R\$ 292,36	R\$ 547,44	R\$ 21.092,56
29	R\$ 839,80	3,9211%	R\$ 324,83	R\$ 300,67	R\$ 539,14	R\$ 20.577,58
30	R\$ 839,80	4,0193%	R\$ 316,89	R\$ 308,84	R\$ 530,96	R\$ 20.054,68
31	R\$ 839,80	4,1241%	R\$ 308,84	R\$ 316,89	R\$ 522,91	R\$ 19.523,72
32	R\$ 839,80	4,2362%	R\$ 300,67	R\$ 324,83	R\$ 514,98	R\$ 18.984,58
33	R\$ 839,80	4,3565%	R\$ 292,36	R\$ 332,64	R\$ 507,17	R\$ 18.437,14
34	R\$ 839,80	4,4859%	R\$ 283,93	R\$ 340,33	R\$ 499,48	R\$ 17.881,27
35	R\$ 839,80	4,6253%	R\$ 275,37	R\$ 347,90	R\$ 491,90	R\$ 17.316,83
36	R\$ 839,80	4,7761%	R\$ 266,68	R\$ 355,36	R\$ 484,44	R\$ 16.743,71
37	R\$ 839,80	4,9396%	R\$ 257,85	R\$ 362,71	R\$ 477,09	R\$ 16.161,76
38	R\$ 839,80	5,1174%	R\$ 248,89	R\$ 369,95	R\$ 469,86	R\$ 15.570,85
39	R\$ 839,80	5,3116%	R\$ 239,79	R\$ 377,07	R\$ 462,73	R\$ 14.970,84
40	R\$ 839,80	5,5245%	R\$ 230,55	R\$ 384,09	R\$ 455,71	R\$ 14.361,58
41	R\$ 839,80	5,7589%	R\$ 221,17	R\$ 391,00	R\$ 448,80	R\$ 13.742,95
42	R\$ 839,80	6,0181%	R\$ 211,64	R\$ 397,81	R\$ 441,99	R\$ 13.114,79
43	R\$ 839,80	6,3064%	R\$ 201,97	R\$ 404,51	R\$ 435,29	R\$ 12.476,95
44	R\$ 839,80	6,6288%	R\$ 192,15	R\$ 411,11	R\$ 428,69	R\$ 11.829,29
45	R\$ 839,80	6,9917%	R\$ 182,17	R\$ 417,62	R\$ 422,19	R\$ 11.171,66
46	R\$ 839,80	7,4033%	R\$ 172,04	R\$ 424,02	R\$ 415,78	R\$ 10.503,90
47	R\$ 839,80	7,8739%	R\$ 161,76	R\$ 430,32	R\$ 409,48	R\$ 9.825,86
48	R\$ 839,80	8,4172%	R\$ 151,32	R\$ 436,54	R\$ 403,27	R\$ 9.137,37
49	R\$ 839,80	9,0515%	R\$ 140,72	R\$ 442,65	R\$ 397,15	R\$ 8.438,29
50	R\$ 839,80	9,8014%	R\$ 129,95	R\$ 448,67	R\$ 391,13	R\$ 7.728,43
51	R\$ 839,80	10,7016%	R\$ 119,02	R\$ 454,61	R\$ 385,20	R\$ 7.007,65
52	R\$ 839,80	11,8023%	R\$ 107,92	R\$ 460,45	R\$ 379,35	R\$ 6.275,76
53	R\$ 839,80	13,1787%	R\$ 96,65	R\$ 466,20	R\$ 373,60	R\$ 5.532,61
54	R\$ 839,80	14,9489%	R\$ 85,20	R\$ 471,87	R\$ 367,93	R\$ 4.778,00
55	R\$ 839,80	17,3099%	R\$ 73,58	R\$ 477,45	R\$ 362,35	R\$ 4.011,78
56	R\$ 839,80	20,6159%	R\$ 61,78	R\$ 482,94	R\$ 356,86	R\$ 3.233,76
57	R\$ 839,80	25,5760%	R\$ 49,80	R\$ 488,36	R\$ 351,45	R\$ 2.443,76
58	R\$ 839,80	33,8440%	R\$ 37,63	R\$ 493,69	R\$ 346,12	R\$ 1.641,59
59	R\$ 839,80	50,3821%	R\$ 25,28	R\$ 498,94	R\$ 340,87	R\$ 827,07
60	R\$ 839,80	100,0000%	R\$ 12,74	R\$ 504,11	R\$ 335,70	R\$ 0,00

Fonte: Plataforma Excel Sicredi (2022, não paginado).

Utilizando a plataforma no Excel para uma simulação de financiamento fornecida pela Cooperativa Sicredi, pode-se ter a noção sobre o financiamento do

sistema solar, atrelado a taxa Selic e uma taxa de juros fixo relativo ao número de parcelas, pode-se ver as parcelas fixadas no valor de R\$ 839,80, no período de 5 anos, apresentado um valor total de R\$ 50.388,19. Valor esse muito diferente dos R\$ 32.734,14 apresentado caso o sistema fosse pago à vista.

4.2.2 Viabilidade Econômica Caso B

Dimensionado o kit do Caso B, para a cidade de Belo Horizonte – MG, na Tabela 24, pode ser visto o kit com o valor de R\$ 19.517,92 para a parte de corrente contínua. Tem-se aqui uma diferença no material tanto na parte CC do sistema quanto para a parte CA, onde na Tabela 24, pode ser vista esta diferença.

Tabela 24 – Materiais Extras Caso B

	Quantidade	Preço	Valor	Unidade	Outros	Preço	Valor
Garantia	1			20	Terminal Tubolar 6 mm ²	R\$ 1.00	R\$ 20.00
Gasolina (km)	100	R\$ 5.84	R\$ 175.20		Terminal Tubolar 10 mm ²	R\$ 1.49	R\$ -
ART	1	R\$ 90.00	R\$ 90.00		Terminal Tubolar 16 mm ²	R\$ 2.54	R\$ -
Alimentação	4	R\$ 40.00	R\$ 160.00	20	Bucha	R\$ 0.46	R\$ 9.20
Hotel		R\$100.00	R\$ -	20	Parafuso	R\$ 0.60	R\$ 12.00
String CA	1	R\$ 50.00	R\$ 50.00	1	PU	R\$ 28.05	R\$ 28.05
Duto	2	R\$ 41.72	R\$ 83.44	3	Manta Asfáltica	R\$ 6.50	R\$ 19.50
Haste terra + Conector	2	R\$ 50.66	R\$ 101.32	4	Luva	R\$ 13.23	R\$ 52.92
Luva Poliamida	1	R\$ 6.95	R\$ 6.95	2	Curva	R\$ 7.00	R\$ 14.00
Outros (Dificuldade Obra)			R\$ 407.76	3	Canaleta	R\$ 12.75	R\$ 38.25
Plataforma Z	1	R\$120.00	R\$ 120.00	10	Adaptador Condulete	R\$ 2.69	R\$ 26.90
Inversor				10	Braçadeira nylon	R\$ 0.22	R\$ 2.20
Cabos e Disjuntores			R\$ 357.95	6	Abraçadeira	R\$ 2.77	R\$ 16.62
DPS	3	R\$ 54.20	R\$ 162.60	4	Terminal Olhal	R\$ 0.25	R\$ 1.00
		Total R\$	R\$ 1.715.22	4	Preença Cabo	R\$ 10.84	R\$ 43.36
				5	Conrugada	R\$ 13.04	R\$ 65.20
				4	Caixa de Passagem	R\$ 14.64	R\$ 58.56

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Pode-se notar um custo total no valor de R\$ 1.715,22, custo esse menor que o caso A. Também um custo menor com cabeamento e disjuntores, em detrimento da bitola dos cabos serem menores por causa da corrente do inversor, já que esse kit possui um inversor de 5k, porém, apresenta um DPS e um disjuntor a mais para o sistema. Na Figura 20 é mostrado o valor final da proposta para o sistema do Caso B.

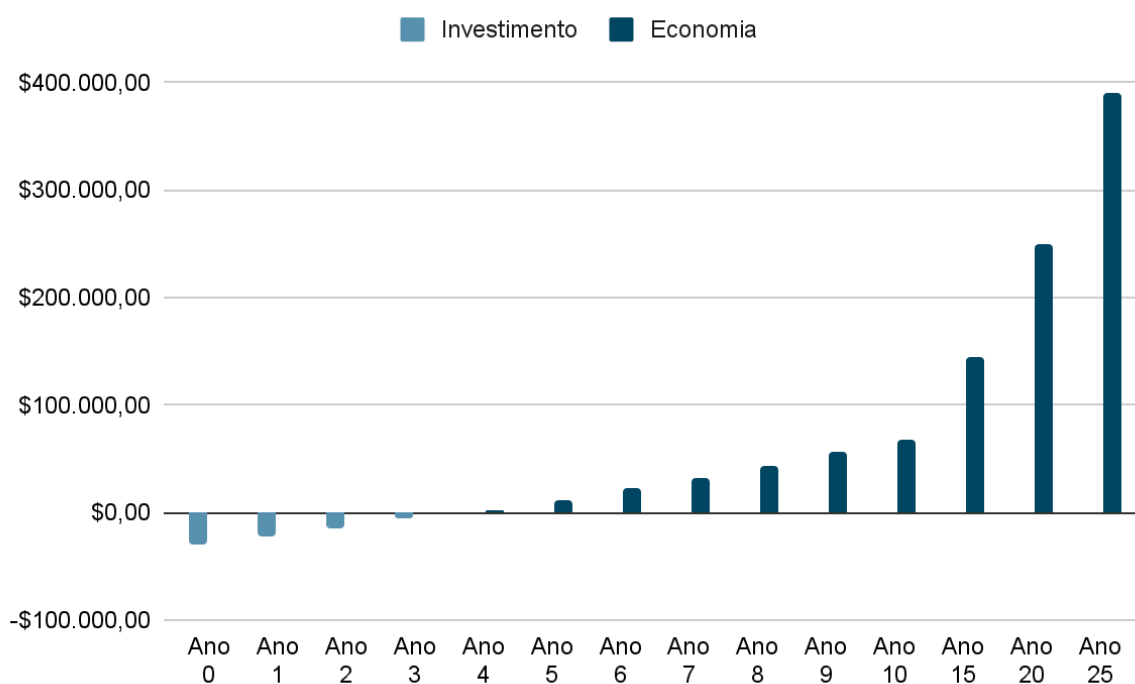
Figura 20 – Dados Econômicos para o Caso B



Fonte: Plataforma Solarfy (2022)

Como visto na figura 20 pode-se notar o preço do kWh de R\$ 0,65, com isso o retorno do investimento foi de 3 anos e 8 meses, com uma economia em 25 anos de R\$ 452.703,80. O valor final da proposta ficou em R\$ 29.259,27, porém, como o preço do kWh na cidade de Belo Horizonte é bem inferior à tarifa cobrada pela RGE o *Payback* se tornou maior, o valor final economizado nos 25 anos do sistema ficou 62,61% a menos que o Caso A. No Gráfico 8 é apresentado o fluxo de caixa do sistema.

Gráfico 8 – Fluxo de Caixa Caso B



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como pode-se observar no gráfico 8, o sistema só irá apresentar lucro a partir de 3 anos e 8 meses, totalizando uma economia inferior ao Caso A. Na Tabela 25 é visto o retorno anual do investimento.

Tabela 25 – Retorno Anual Caso B

Anos	Valor	Geração	Economia Anual
0	-R\$ 29.259,27	11221,68 kWh	R\$ 7.327,76
1	-R\$ 21.931,51	11131,91 kWh	R\$ 7.888,88
2	-R\$ 14.142,63	11042,85 kWh	R\$ 8.279,02
3	-R\$ 5.863,62	10954,51 kWh	R\$ 8.800,00
4	R\$ 2.936,38	10866,87 kWh	R\$ 9.353,76
5	R\$ 12.290,15	10779,94 kWh	R\$ 9.942,38
6	R\$ 22.232,52	10693,70 kWh	R\$ 10.568,03
7	R\$ 32.800,56	10608,15 kWh	R\$ 11.233,06
8	R\$ 44.033,61	10523,28 kWh	R\$ 11.939,93
9	R\$ 55.973,55	10439,10 kWh	R\$ 12.691,29
10	R\$ 68.664,83	10355,58 kWh	R\$ 13.489,93
15	R\$ 145.154,61	9947,94 kWh	R\$ 18.303,27
20	R\$ 248.936,75	9556,93 kWh	R\$ 24.834,08
25	R\$ 389.749,47	9180,15 kWh	R\$ 33.695,14

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como pode ser visto na Tabela 25, a geração anual do sistema é semelhante ao Caso A, mesmo com um módulo a menos, porém, a economia do sistema será menor também visto o valor tarifário do kWh. Na Tabela 26 pode-se ver a simulação do financiamento.

Tabela 26 – Simulação Financiamento Caso B

Valor aprox. IOF adicional R\$ 111,19		Valor a financiar		Valor aprox. IOF básico R\$ 758,48		Total aprox. a pagar no período R\$ 45.039,26
CDI*	Taxa juro fixo			Qtde meses (Até 420)		
1,14%	0,40%	R\$ 29.259,27		60		
Parc.	Valor total parcela	Coefic.	Juro período	Parcela de juro	Parcela de capital	Saldo devedor
1	R\$ 750,65	2,5266%	R\$ 450,59	R\$ 11,38	R\$ 739,27	R\$ 28.959,21
2	R\$ 750,65	2,5528%	R\$ 445,97	R\$ 22,60	R\$ 728,06	R\$ 28.654,53
3	R\$ 750,65	2,5799%	R\$ 441,28	R\$ 33,64	R\$ 717,02	R\$ 28.345,15
4	R\$ 750,65	2,6081%	R\$ 436,52	R\$ 44,51	R\$ 706,14	R\$ 28.031,01
5	R\$ 750,65	2,6373%	R\$ 431,68	R\$ 55,22	R\$ 695,43	R\$ 27.712,04
6	R\$ 750,65	2,6677%	R\$ 426,77	R\$ 65,77	R\$ 684,88	R\$ 27.388,15
7	R\$ 750,65	2,6992%	R\$ 421,78	R\$ 76,16	R\$ 674,50	R\$ 27.059,27
8	R\$ 750,65	2,7320%	R\$ 416,71	R\$ 86,39	R\$ 664,27	R\$ 26.725,33
9	R\$ 750,65	2,7662%	R\$ 411,57	R\$ 96,46	R\$ 654,19	R\$ 26.386,24
10	R\$ 750,65	2,8017%	R\$ 406,35	R\$ 106,38	R\$ 644,27	R\$ 26.041,94
11	R\$ 750,65	2,8388%	R\$ 401,05	R\$ 116,15	R\$ 634,50	R\$ 25.692,33
12	R\$ 750,65	2,8774%	R\$ 395,66	R\$ 125,78	R\$ 624,88	R\$ 25.337,34
13	R\$ 750,65	2,9177%	R\$ 390,19	R\$ 135,26	R\$ 615,40	R\$ 24.976,88
14	R\$ 750,65	2,9598%	R\$ 384,64	R\$ 144,59	R\$ 606,07	R\$ 24.610,87
15	R\$ 750,65	3,0038%	R\$ 379,01	R\$ 153,78	R\$ 596,87	R\$ 24.239,22
16	R\$ 750,65	3,0499%	R\$ 373,28	R\$ 162,83	R\$ 587,82	R\$ 23.861,85
17	R\$ 750,65	3,0981%	R\$ 367,47	R\$ 171,75	R\$ 578,91	R\$ 23.478,67
18	R\$ 750,65	3,1487%	R\$ 361,57	R\$ 180,53	R\$ 570,13	R\$ 23.089,58
19	R\$ 750,65	3,2017%	R\$ 355,58	R\$ 189,17	R\$ 561,48	R\$ 22.694,51
20	R\$ 750,65	3,2575%	R\$ 349,50	R\$ 197,69	R\$ 552,96	R\$ 22.293,35
21	R\$ 750,65	3,3161%	R\$ 343,32	R\$ 206,08	R\$ 544,58	R\$ 21.886,01
22	R\$ 750,65	3,3778%	R\$ 337,04	R\$ 214,34	R\$ 536,32	R\$ 21.472,40
23	R\$ 750,65	3,4429%	R\$ 330,68	R\$ 222,47	R\$ 528,18	R\$ 21.052,42
24	R\$ 750,65	3,5116%	R\$ 324,21	R\$ 230,48	R\$ 520,17	R\$ 20.625,98
25	R\$ 750,65	3,5842%	R\$ 317,64	R\$ 238,37	R\$ 512,28	R\$ 20.192,96
26	R\$ 750,65	3,6610%	R\$ 310,97	R\$ 246,14	R\$ 504,51	R\$ 19.753,28
27	R\$ 750,65	3,7425%	R\$ 304,20	R\$ 253,79	R\$ 496,86	R\$ 19.306,83
28	R\$ 750,65	3,8291%	R\$ 297,33	R\$ 261,33	R\$ 489,33	R\$ 18.853,50
29	R\$ 750,65	3,9211%	R\$ 290,34	R\$ 268,75	R\$ 481,91	R\$ 18.393,19
30	R\$ 750,65	4,0193%	R\$ 283,26	R\$ 276,06	R\$ 474,60	R\$ 17.925,79
31	R\$ 750,65	4,1241%	R\$ 276,06	R\$ 283,26	R\$ 467,40	R\$ 17.451,19
32	R\$ 750,65	4,2362%	R\$ 268,75	R\$ 290,34	R\$ 460,31	R\$ 16.969,28
33	R\$ 750,65	4,3565%	R\$ 261,33	R\$ 297,33	R\$ 453,33	R\$ 16.479,96
34	R\$ 750,65	4,4859%	R\$ 253,79	R\$ 304,20	R\$ 446,45	R\$ 15.983,09
35	R\$ 750,65	4,6253%	R\$ 246,14	R\$ 310,97	R\$ 439,68	R\$ 15.478,58
36	R\$ 750,65	4,7761%	R\$ 238,37	R\$ 317,64	R\$ 433,01	R\$ 14.966,29
37	R\$ 750,65	4,9396%	R\$ 230,48	R\$ 324,21	R\$ 426,45	R\$ 14.446,12
38	R\$ 750,65	5,1174%	R\$ 222,47	R\$ 330,68	R\$ 419,98	R\$ 13.917,94
39	R\$ 750,65	5,3116%	R\$ 214,34	R\$ 337,04	R\$ 413,61	R\$ 13.381,62
40	R\$ 750,65	5,5245%	R\$ 206,08	R\$ 343,32	R\$ 407,34	R\$ 12.837,04
41	R\$ 750,65	5,7589%	R\$ 197,69	R\$ 349,50	R\$ 401,16	R\$ 12.284,08
42	R\$ 750,65	6,0181%	R\$ 189,17	R\$ 355,58	R\$ 395,07	R\$ 11.722,60
43	R\$ 750,65	6,3064%	R\$ 180,53	R\$ 361,57	R\$ 389,08	R\$ 11.152,47
44	R\$ 750,65	6,6288%	R\$ 171,75	R\$ 367,47	R\$ 383,18	R\$ 10.573,56
45	R\$ 750,65	6,9917%	R\$ 162,83	R\$ 373,28	R\$ 377,37	R\$ 9.985,74
46	R\$ 750,65	7,4033%	R\$ 153,78	R\$ 379,01	R\$ 371,65	R\$ 9.388,87
47	R\$ 750,65	7,8739%	R\$ 144,59	R\$ 384,64	R\$ 366,01	R\$ 8.782,80
48	R\$ 750,65	8,4172%	R\$ 135,26	R\$ 390,19	R\$ 360,46	R\$ 8.167,40
49	R\$ 750,65	9,0515%	R\$ 125,78	R\$ 395,66	R\$ 354,99	R\$ 7.542,53
50	R\$ 750,65	9,8014%	R\$ 116,15	R\$ 401,05	R\$ 349,61	R\$ 6.908,03
51	R\$ 750,65	10,7016%	R\$ 106,38	R\$ 406,35	R\$ 344,31	R\$ 6.263,76
52	R\$ 750,65	11,8023%	R\$ 96,46	R\$ 411,57	R\$ 339,08	R\$ 5.609,56
53	R\$ 750,65	13,1787%	R\$ 86,39	R\$ 416,71	R\$ 333,94	R\$ 4.945,30
54	R\$ 750,65	14,9489%	R\$ 76,16	R\$ 421,78	R\$ 328,88	R\$ 4.270,80
55	R\$ 750,65	17,3099%	R\$ 65,77	R\$ 426,77	R\$ 323,89	R\$ 3.585,92
56	R\$ 750,65	20,6159%	R\$ 55,22	R\$ 431,68	R\$ 318,98	R\$ 2.890,48
57	R\$ 750,65	25,5760%	R\$ 44,51	R\$ 436,52	R\$ 314,14	R\$ 2.184,34
58	R\$ 750,65	33,8440%	R\$ 33,64	R\$ 441,28	R\$ 309,37	R\$ 1.467,33
59	R\$ 750,65	50,3821%	R\$ 22,60	R\$ 445,97	R\$ 304,68	R\$ 739,27
60	R\$ 750,65	100,0000%	R\$ 11,38	R\$ 450,59	R\$ 300,06	R\$ 0,00

Fonte: Plataforma Excel Sicredi (2022, não paginado)

Observando a Tabela 20, nota-se a diferença no valor das parcelas entre os Casos A e B, e também o valor total com os juros que ficou R\$ 45,039,26.

4.2.3 Viabilidade Econômica Caso C

Dimensionado o kit do Caso C, para a cidade de Cuiabá – MT, na Tabela 16 pode ser visto o kit com o valor de R\$ 22.115,66 para a parte de corrente contínua, mesmo preço do material do Caso A. Tem-se uma diferença no material tanto na parte CC do sistema quanto para a parte CA. Na Tabela 27 pode ser vista esta diferença.

Tabela 27 – Materiais Extras Caso C

	Quantidade	Preço	Valor	Unidade	Outros:	Preço	Valor
Garantia	1	330		20	Terminal Tubolar 6 mm ²	R\$ 1.00	R\$ 20.00
Gasolina (km)	100	R\$ 5.84	R\$ 175.20		Terminal Tubolar 10 mm ²	R\$ 1.49	R\$ -
ART	1	R\$ 90.00	R\$ 90.00		Terminal Tubolar 16 mm ²	R\$ 2.54	R\$ -
Alimentação	4	R\$ 40.00	R\$ 160.00	20	Bucha	R\$ 0.46	R\$ 9.20
Hotel		R\$ 100.00	R\$ -	20	Parafuso	R\$ 0.60	R\$ 12.00
String CA	1	R\$ 50.00	R\$ 50.00	1	PU	R\$ 28.05	R\$ 28.05
Duto	2	R\$ 41.72	R\$ 83.44	3	Manta Asfáltica	R\$ 6.50	R\$ 19.50
Haste terra + Conector	2	R\$ 50.66	R\$ 101.32	4	Luva	R\$ 13.23	R\$ 52.92
Luva Poliamida	1	R\$ 6.95	R\$ 6.95	2	Curva	R\$ 7.00	R\$ 14.00
Outros (Dificuldade Obra)			R\$ 407.76	3	Canaleta	R\$ 12.75	R\$ 38.25
Plataforma Z	1	R\$ 120.00	R\$ 120.00	10	Adaptador Condulete	R\$ 2.69	R\$ 26.90
Inversor				10	Braçadeira nylon	R\$ 0.22	R\$ 2.20
Cabos e Disjuntores			R\$ 646.95	6	Abraçadeira	R\$ 2.77	R\$ 16.62
DPS	3	R\$ 54.20	R\$ 162.60	4	Terminal Olhal	R\$ 0.25	R\$ 1.00
		Total R\$	R\$ 2,004.22	4	Preça Cabo	R\$ 10.84	R\$ 43.36
				5	Conrugada	R\$ 13.04	R\$ 65.20
				4	Caixa de Passagem	R\$ 14.64	R\$ 58.56

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com uma grande semelhança nos materiais do Caso A, o Caso C apresenta uma única particularidade no acréscimo de um DPS e um disjuntor por possuir duas fases. Na Figura 21 pode ser visto se a semelhança com o Caso A irá permanecer.

Figura 21 – Dados Econômicos para o Caso C

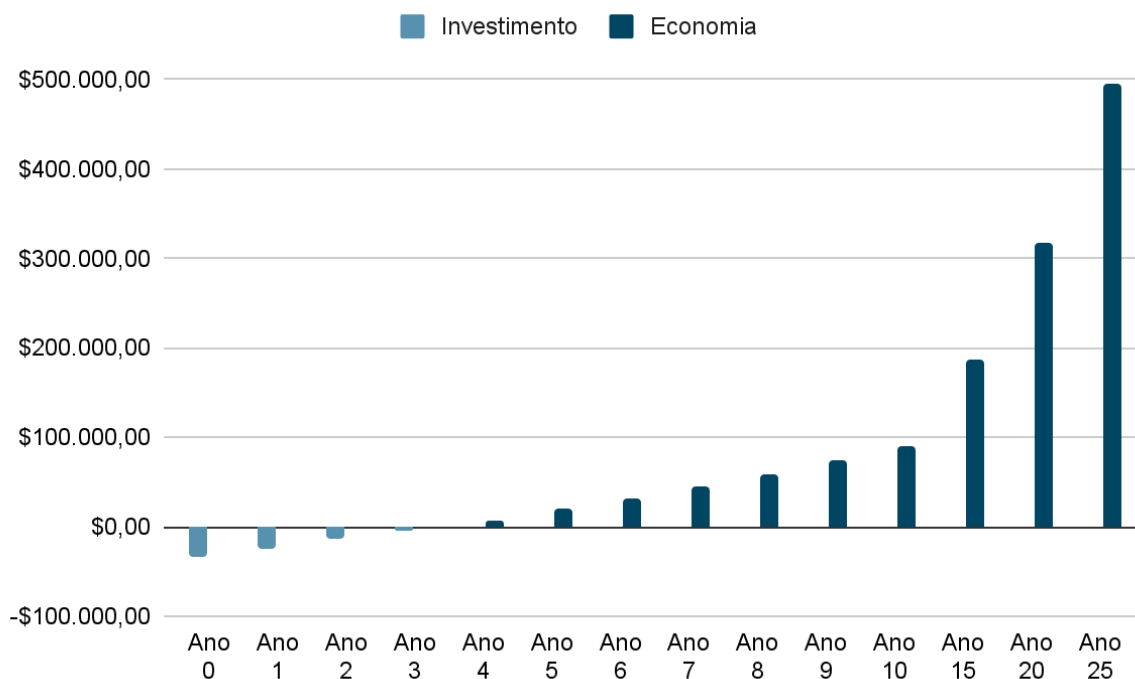


Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Com um valor final de cotação para o Caso C de R\$ 32.803,04, pode-se ver a semelhança entre os casos, porém, o retorno do investimento em 3 anos e 3 meses e

a economia em 25 anos de R\$ 569.419,23 é totalmente diferente ao Caso A, isso ocorre pela diferença tarifária de cada região, sem contar que o custo mínimo de disponibilidade da rede para bifásico é maior. No Gráfico 9 pode-se observar em qual ano o investimento irá trazer lucro.

Gráfico 9 – Fluxo de Caixa Caso C



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como o Gráfico 9 mostra, em 3 anos e 3 meses de investimento o proprietário já teria recuperado o valor investido, e no vigésimo quinto ano já teria economizado aproximadamente R\$ 569.419,23. Na Tabela 28 nota-se essa economia ano a ano.

Tabela 28 – Retorno Anual Caso C

Anos	Valor	Geração	Economia Anual
0	-R\$ 32.803,04	11323,08 kWh	R\$ 9.216,99
1	-R\$ 23.586,05	11232,50 kWh	R\$ 9.796,99
2	-R\$ 13.789,06	11142,64 kWh	R\$ 10.413,50
3	-R\$ 3.375,56	11053,49 kWh	R\$ 11.068,80
4	R\$ 7.693,24	10965,07 kWh	R\$ 11.765,34
5	R\$ 19.458,58	10877,35 kWh	R\$ 12.505,71
6	R\$ 31.964,28	10790,33 kWh	R\$ 13.292,67
7	R\$ 45.256,95	10704,00 kWh	R\$ 14.129,15
8	R\$ 59.386,09	10618,37 kWh	R\$ 15.018,26
9	R\$ 74.404,36	10533,43 kWh	R\$ 15.963,33
10	R\$ 90.367,69	10449,16 kWh	R\$ 16.967,87
15	R\$ 186.577,02	10037,83 kWh	R\$ 23.022,19
20	R\$ 317.117,02	9642,69 kWh	R\$ 31.236,76
25	R\$ 494.233,83	9263,10 kWh	R\$ 42.382,36

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como pode ser observado, em cada coluna da tabela, a coluna do valor mostra a soma das economias no decorrer dos anos, a coluna da geração mostra a geração de cada ano com a porcentagem de degradação do sistema no passar dos anos e a última coluna a economia de cada ano levando em consideração a taxa de inflação que aumenta a cada ano. Na Tabela 29 pode-se observar a simulação de financiamento para o sistema.

Tabela 29 – Simulação Financiamento Caso C

Valor aprox. IOF adicional R\$ 124,65		Valor a financiar		Valor aprox. IOF básico R\$ 850,34		Total aprox. a pagar no período R\$ 50.494,25
CDI*	Taxa juro fixo			Qtde meses (Até 420)		
1,14%	0,40%	R\$ 32.803,04		60		
Parc.	Valor total parcela	Coefic.	Juro período	Parcela de juro	Parcela de capital	Saldo devedor
1	R\$ 841,57	2,5266%	R\$ 505,17	R\$ 12,76	R\$ 828,81	R\$ 32.466,64
2	R\$ 841,57	2,5528%	R\$ 499,99	R\$ 25,33	R\$ 816,24	R\$ 32.125,05
3	R\$ 841,57	2,5799%	R\$ 494,73	R\$ 37,71	R\$ 803,86	R\$ 31.778,21
4	R\$ 841,57	2,6081%	R\$ 489,38	R\$ 49,90	R\$ 791,67	R\$ 31.426,02
5	R\$ 841,57	2,6373%	R\$ 483,96	R\$ 61,91	R\$ 779,66	R\$ 31.068,41
6	R\$ 841,57	2,6677%	R\$ 478,45	R\$ 73,74	R\$ 767,83	R\$ 30.705,29
7	R\$ 841,57	2,6992%	R\$ 472,86	R\$ 85,38	R\$ 756,19	R\$ 30.336,58
8	R\$ 841,57	2,7320%	R\$ 467,18	R\$ 96,85	R\$ 744,72	R\$ 29.962,20
9	R\$ 841,57	2,7662%	R\$ 461,42	R\$ 108,14	R\$ 733,43	R\$ 29.582,04
10	R\$ 841,57	2,8017%	R\$ 455,56	R\$ 119,27	R\$ 722,30	R\$ 29.196,04
11	R\$ 841,57	2,8388%	R\$ 449,62	R\$ 130,22	R\$ 711,35	R\$ 28.804,08
12	R\$ 841,57	2,8774%	R\$ 443,58	R\$ 141,01	R\$ 700,56	R\$ 28.406,10
13	R\$ 841,57	2,9177%	R\$ 437,45	R\$ 151,64	R\$ 689,93	R\$ 28.001,98
14	R\$ 841,57	2,9598%	R\$ 431,23	R\$ 162,10	R\$ 679,47	R\$ 27.591,64
15	R\$ 841,57	3,0038%	R\$ 424,91	R\$ 172,41	R\$ 669,17	R\$ 27.174,98
16	R\$ 841,57	3,0499%	R\$ 418,49	R\$ 182,55	R\$ 659,02	R\$ 26.751,90
17	R\$ 841,57	3,0981%	R\$ 411,98	R\$ 192,55	R\$ 649,02	R\$ 26.322,31
18	R\$ 841,57	3,1487%	R\$ 405,36	R\$ 202,39	R\$ 639,18	R\$ 25.886,10
19	R\$ 841,57	3,2017%	R\$ 398,65	R\$ 212,09	R\$ 629,48	R\$ 25.443,18
20	R\$ 841,57	3,2575%	R\$ 391,82	R\$ 221,63	R\$ 619,94	R\$ 24.993,43
21	R\$ 841,57	3,3161%	R\$ 384,90	R\$ 231,04	R\$ 610,53	R\$ 24.536,76
22	R\$ 841,57	3,3778%	R\$ 377,87	R\$ 240,30	R\$ 601,28	R\$ 24.073,06
23	R\$ 841,57	3,4429%	R\$ 370,73	R\$ 249,41	R\$ 592,16	R\$ 23.602,21
24	R\$ 841,57	3,5116%	R\$ 363,47	R\$ 258,40	R\$ 583,17	R\$ 23.124,12
25	R\$ 841,57	3,5842%	R\$ 356,11	R\$ 267,24	R\$ 574,33	R\$ 22.638,66
26	R\$ 841,57	3,6610%	R\$ 348,64	R\$ 275,95	R\$ 565,62	R\$ 22.145,72
27	R\$ 841,57	3,7425%	R\$ 341,04	R\$ 284,53	R\$ 557,04	R\$ 21.645,19
28	R\$ 841,57	3,8291%	R\$ 333,34	R\$ 292,98	R\$ 548,59	R\$ 21.136,96
29	R\$ 841,57	3,9211%	R\$ 325,51	R\$ 301,30	R\$ 540,27	R\$ 20.620,90
30	R\$ 841,57	4,0193%	R\$ 317,56	R\$ 309,49	R\$ 532,08	R\$ 20.096,89
31	R\$ 841,57	4,1241%	R\$ 309,49	R\$ 317,56	R\$ 524,01	R\$ 19.564,81
32	R\$ 841,57	4,2362%	R\$ 301,30	R\$ 325,51	R\$ 516,06	R\$ 19.024,54
33	R\$ 841,57	4,3565%	R\$ 292,98	R\$ 333,34	R\$ 508,23	R\$ 18.475,94
34	R\$ 841,57	4,4859%	R\$ 284,53	R\$ 341,04	R\$ 500,53	R\$ 17.918,90
35	R\$ 841,57	4,6253%	R\$ 275,95	R\$ 348,64	R\$ 492,94	R\$ 17.353,28
36	R\$ 841,57	4,7761%	R\$ 267,24	R\$ 356,11	R\$ 485,46	R\$ 16.778,95
37	R\$ 841,57	4,9396%	R\$ 258,40	R\$ 363,47	R\$ 478,10	R\$ 16.195,78
38	R\$ 841,57	5,1174%	R\$ 249,41	R\$ 370,73	R\$ 470,85	R\$ 15.603,62
39	R\$ 841,57	5,3116%	R\$ 240,30	R\$ 377,87	R\$ 463,70	R\$ 15.002,35
40	R\$ 841,57	5,5245%	R\$ 231,04	R\$ 384,90	R\$ 456,67	R\$ 14.391,81
41	R\$ 841,57	5,7589%	R\$ 221,63	R\$ 391,82	R\$ 449,75	R\$ 13.771,88
42	R\$ 841,57	6,0181%	R\$ 212,09	R\$ 398,65	R\$ 442,92	R\$ 13.142,39
43	R\$ 841,57	6,3064%	R\$ 202,39	R\$ 405,36	R\$ 436,21	R\$ 12.503,21
44	R\$ 841,57	6,6288%	R\$ 192,55	R\$ 411,98	R\$ 429,59	R\$ 11.854,19
45	R\$ 841,57	6,9917%	R\$ 182,55	R\$ 418,49	R\$ 423,08	R\$ 11.195,18
46	R\$ 841,57	7,4033%	R\$ 172,41	R\$ 424,91	R\$ 416,66	R\$ 10.526,01
47	R\$ 841,57	7,8739%	R\$ 162,10	R\$ 431,23	R\$ 410,34	R\$ 9.846,54
48	R\$ 841,57	8,4172%	R\$ 151,64	R\$ 437,45	R\$ 404,12	R\$ 9.156,61
49	R\$ 841,57	9,0515%	R\$ 141,01	R\$ 443,58	R\$ 397,99	R\$ 8.456,05
50	R\$ 841,57	9,8014%	R\$ 130,22	R\$ 449,62	R\$ 391,95	R\$ 7.744,70
51	R\$ 841,57	10,7016%	R\$ 119,27	R\$ 455,56	R\$ 386,01	R\$ 7.022,40
52	R\$ 841,57	11,8023%	R\$ 108,14	R\$ 461,42	R\$ 380,15	R\$ 6.288,97
53	R\$ 841,57	13,1787%	R\$ 96,85	R\$ 467,18	R\$ 374,39	R\$ 5.544,25
54	R\$ 841,57	14,9489%	R\$ 85,38	R\$ 472,86	R\$ 368,71	R\$ 4.788,06
55	R\$ 841,57	17,3099%	R\$ 73,74	R\$ 478,45	R\$ 363,12	R\$ 4.020,23
56	R\$ 841,57	20,6159%	R\$ 61,91	R\$ 483,96	R\$ 357,61	R\$ 3.240,57
57	R\$ 841,57	25,5760%	R\$ 49,90	R\$ 489,38	R\$ 352,19	R\$ 2.448,90
58	R\$ 841,57	33,8440%	R\$ 37,71	R\$ 494,73	R\$ 346,84	R\$ 1.645,04
59	R\$ 841,57	50,3821%	R\$ 25,33	R\$ 499,99	R\$ 341,58	R\$ 828,81
60	R\$ 841,57	100,0000%	R\$ 12,76	R\$ 505,17	R\$ 336,40	R\$ 0,00

Fonte: Plataforma Excel Sicredi (2022, não paginado)

Em relação ao financiamento visto na Tabela 29 ficou praticamente igual ao Caso A, vale ressaltar que os sistemas são praticamente os mesmos, porém, o Caso C tem 5% a mais de perdas dimensionadas que o Caso A, em detrimento das altas temperaturas da região.

4.2.4 Viabilidade Econômica Caso D

Agora, o caso com a melhor viabilidade técnica apresentada, com grandes índices de irradiação solar e com o menor número de painéis, o Caso D na cidade de Fortaleza – CE, apresentou o custo de R\$ 18.221,01 visto na Tabela 18, menor valor em todos os sistemas apresentados. Na Tabela 30 é visto os demais gastos com o sistema.

Tabela 30 – Materiais Extras Caso D

	Quantidade	Preço	Valor	Unidade	Outros:	Preço	Valor
Garantia	1	330		20	Terminal Tubolar 6 mm ²	R\$ 1.00	R\$ 20.00
Gasolina (km)	100	R\$ 5.84	R\$ 175.20		Terminal Tubolar 10 mm ²	R\$ 1.49	R\$ -
ART	1	R\$ 90.00	R\$ 90.00		Terminal Tubolar 16 mm ²	R\$ 2.54	R\$ -
Alimentação	4	R\$ 40.00	R\$ 160.00	20	Bucha	R\$ 0.46	R\$ 9.20
Hotel		R\$100.00	R\$ -	20	Parafuso	R\$ 0.60	R\$ 12.00
String CA	1	R\$ 50.00	R\$ 50.00	1	PU	R\$ 28.05	R\$ 28.05
Duto	2	R\$ 41.72	R\$ 83.44	3	Manta Asfáltica	R\$ 6.50	R\$ 19.50
Haste terra + Conector	2	R\$ 50.66	R\$ 101.32	4	Luva	R\$ 13.23	R\$ 52.92
Luva Poliamida	1	R\$ 6.95	R\$ 6.95	2	Curva	R\$ 7.00	R\$ 14.00
Outros (Dificuldade Obra)			R\$407.76	3	Canaleta	R\$ 12.75	R\$ 38.25
Plataforma Z	1	R\$120.00	R\$ 120.00	10	Adaptador Condulete	R\$ 2.69	R\$ 26.90
Inversor				10	Braçadeira nylon	R\$ 0.22	R\$ 2.20
Cabos e Disjuntores			R\$357.95	6	Abraçadeira	R\$ 2.77	R\$ 16.62
DPS	2	R\$ 54.20	R\$ 108.40	4	Terminal Olhal	R\$ 0.25	R\$ 1.00
		Total R\$:	R\$ 1.661.02	4	Preença Cabo	R\$ 10.84	R\$ 43.36
				5	Conrugada	R\$ 13.04	R\$ 65.20
				4	Caixa de Passagem	R\$ 14.64	R\$ 58.56

Fonte: Elaborado pelo autor (2022, não paginado)

Mais uma vantagem para o Caso D, o custo com demais materiais também é o menor dos casos, chegando ao valor de R\$ 1.661,02, com isso chega-se ao custo final da cotação para o Caso A, podendo ser visto na Figura 22.

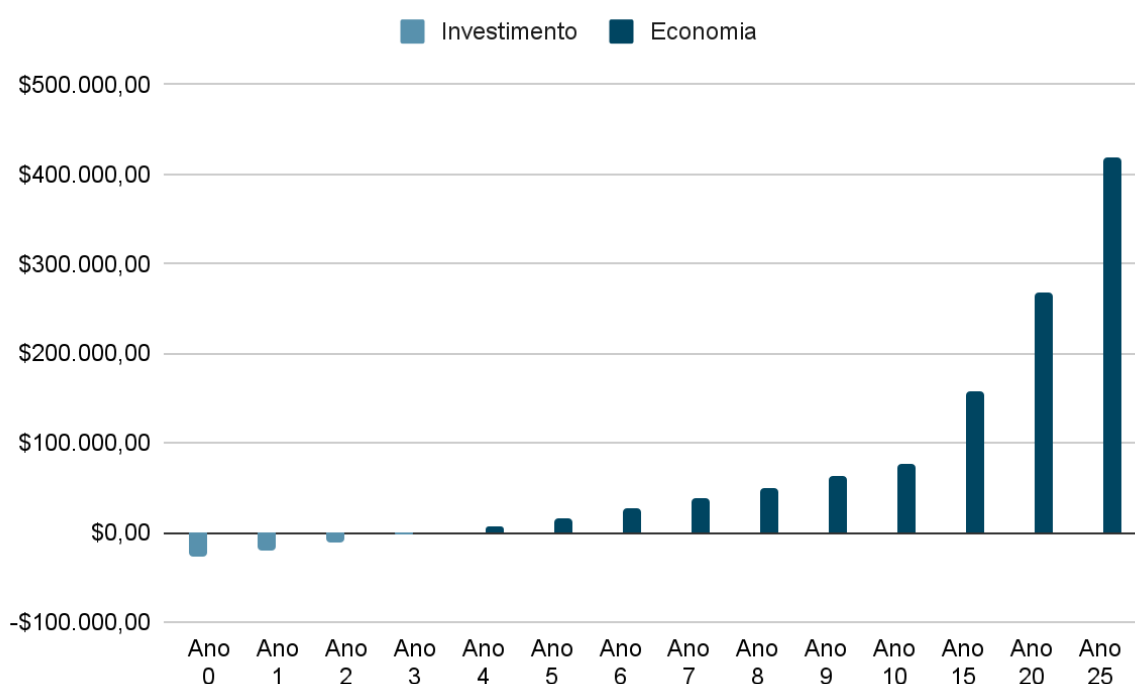
Figura 22 – Valor Cotação Caso D



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Tendo o segundo menor valor tarifário, com R\$ 0,71 o kWp, Fortaleza fica maior apenas que a cidade de Belo Horizonte – MG, com o menor dos custos, mesmo assim apresentou um retorno de investimento de 3 anos e 3 meses igual ao Caso C, e uma economia ao longo dos 25 anos de R\$ 480.898,89, maior apenas que o Caso B. Com o investimento final cotado em R\$ 27.385,51. No Gráfico 10, pode-se observar o fluxo de caixa definido pelo sistema.

Gráfico 10 – Fluxo de Caixa Caso D



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como pode ser observado no Gráfico 10, o investimento é recuperado em 3 anos e 3 meses, e com R\$ 480.898,89 de economia no vigésimo quinto ano. Na Tabela 31 pode ser vista as projeções ano a ano do sistema.

Tabela 31 – Retorno Anual Caso D

Anos	Valor	Geração	Economia Anual
0	-R\$ 27.385,51	10979,04 kWh	R\$ 7.784,14
1	-R\$ 19.601,37	10891,21 kWh	R\$ 8.237,98
2	-R\$ 11.327,39	10804,08 kWh	R\$ 8.794,64
3	-R\$ 2.532,75	10717,65 kWh	R\$ 9.348,07
4	R\$ 6.815,33	10631,90 kWh	R\$ 9.936,33
5	R\$ 16.751,66	10546,85 kWh	R\$ 10.561,60
6	R\$ 27.313,26	10462,47 kWh	R\$ 11.226,22
7	R\$ 38.539,48	10378,77 kWh	R\$ 11.932,67
8	R\$ 50.472,15	10295,74 kWh	R\$ 12.683,57
9	R\$ 63.155,72	10213,38 kWh	R\$ 13.481,72
10	R\$ 76.637,44	10131,67 kWh	R\$ 14.330,10
15	R\$ 157.891,10	9732,84 kWh	R\$ 19.443,23
20	R\$ 268.136,93	9349,70 kWh	R\$ 26.380,78
25	R\$ 417.719,64	8981,65 kWh	R\$ 35.793,72

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como pode-se ver nas colunas da tabela ano a ano, o valor economizado nos 25 anos de uso do sistema descontado pelo investimento inicial, a coluna de geração ano a ano contabilizando a taxa de degradação do sistema, e a economia de cada ano considerando a crescente inflação na fatura de energia. Com isso, pode-se partir para a Tabela 32, para verificar as condições de financiamento do sistema.

Tabela 32 – Simulação Financiamento Caso D

Valor aprox. IOF adicional R\$ 104,06		Valor a financiar		Valor aprox. IOF básico R\$ 709,90		Total aprox. a pagar no período R\$ 42.154,94
CDI*	Taxa juro fixo			Qtde meses (Até 420)		
1,14%	0,40%	R\$ 27.385,50		60		
Parc.	Valor total parcela	Coefic.	Juro período	Parcela de juro	Parcela de capital	Saldo devedor
1	R\$ 702,58	2,5266%	R\$ 421,74	R\$ 10,66	R\$ 691,93	R\$ 27.104,65
2	R\$ 702,58	2,5528%	R\$ 417,41	R\$ 21,15	R\$ 681,43	R\$ 26.819,48
3	R\$ 702,58	2,5799%	R\$ 413,02	R\$ 31,48	R\$ 671,10	R\$ 26.529,92
4	R\$ 702,58	2,6081%	R\$ 408,56	R\$ 41,66	R\$ 660,92	R\$ 26.235,90
5	R\$ 702,58	2,6373%	R\$ 404,03	R\$ 51,69	R\$ 650,90	R\$ 25.937,35
6	R\$ 702,58	2,6677%	R\$ 399,44	R\$ 61,56	R\$ 641,02	R\$ 25.634,20
7	R\$ 702,58	2,6992%	R\$ 394,77	R\$ 71,28	R\$ 631,30	R\$ 25.326,39
8	R\$ 702,58	2,7320%	R\$ 390,03	R\$ 80,86	R\$ 621,73	R\$ 25.013,83
9	R\$ 702,58	2,7662%	R\$ 385,21	R\$ 90,28	R\$ 612,30	R\$ 24.696,46
10	R\$ 702,58	2,8017%	R\$ 380,33	R\$ 99,57	R\$ 603,01	R\$ 24.374,21
11	R\$ 702,58	2,8388%	R\$ 375,36	R\$ 108,72	R\$ 593,87	R\$ 24.046,99
12	R\$ 702,58	2,8774%	R\$ 370,32	R\$ 117,72	R\$ 584,86	R\$ 23.714,73
13	R\$ 702,58	2,9177%	R\$ 365,21	R\$ 126,59	R\$ 575,99	R\$ 23.377,35
14	R\$ 702,58	2,9598%	R\$ 360,01	R\$ 135,33	R\$ 567,25	R\$ 23.034,78
15	R\$ 702,58	3,0038%	R\$ 354,74	R\$ 143,93	R\$ 558,65	R\$ 22.686,93
16	R\$ 702,58	3,0499%	R\$ 349,38	R\$ 152,41	R\$ 550,18	R\$ 22.333,73
17	R\$ 702,58	3,0981%	R\$ 343,94	R\$ 160,75	R\$ 541,83	R\$ 21.975,09
18	R\$ 702,58	3,1487%	R\$ 338,42	R\$ 168,97	R\$ 533,62	R\$ 21.610,92
19	R\$ 702,58	3,2017%	R\$ 332,81	R\$ 177,06	R\$ 525,52	R\$ 21.241,15
20	R\$ 702,58	3,2575%	R\$ 327,11	R\$ 185,03	R\$ 517,55	R\$ 20.865,68
21	R\$ 702,58	3,3161%	R\$ 321,33	R\$ 192,88	R\$ 509,70	R\$ 20.484,43
22	R\$ 702,58	3,3778%	R\$ 315,46	R\$ 200,61	R\$ 501,97	R\$ 20.097,31
23	R\$ 702,58	3,4429%	R\$ 309,50	R\$ 208,22	R\$ 494,36	R\$ 19.704,22
24	R\$ 702,58	3,5116%	R\$ 303,45	R\$ 215,72	R\$ 486,86	R\$ 19.305,08
25	R\$ 702,58	3,5842%	R\$ 297,30	R\$ 223,10	R\$ 479,48	R\$ 18.899,80
26	R\$ 702,58	3,6610%	R\$ 291,06	R\$ 230,38	R\$ 472,21	R\$ 18.488,27
27	R\$ 702,58	3,7425%	R\$ 284,72	R\$ 237,54	R\$ 465,04	R\$ 18.070,41
28	R\$ 702,58	3,8291%	R\$ 278,28	R\$ 244,59	R\$ 457,99	R\$ 17.646,11
29	R\$ 702,58	3,9211%	R\$ 271,75	R\$ 251,54	R\$ 451,04	R\$ 17.215,28
30	R\$ 702,58	4,0193%	R\$ 265,12	R\$ 258,38	R\$ 444,20	R\$ 16.777,81
31	R\$ 702,58	4,1241%	R\$ 258,38	R\$ 265,12	R\$ 437,47	R\$ 16.333,61
32	R\$ 702,58	4,2362%	R\$ 251,54	R\$ 271,75	R\$ 430,83	R\$ 15.882,57
33	R\$ 702,58	4,3565%	R\$ 244,59	R\$ 278,28	R\$ 424,30	R\$ 15.424,58
34	R\$ 702,58	4,4859%	R\$ 237,54	R\$ 284,72	R\$ 417,86	R\$ 14.959,53
35	R\$ 702,58	4,6253%	R\$ 230,38	R\$ 291,06	R\$ 411,53	R\$ 14.487,33
36	R\$ 702,58	4,7761%	R\$ 223,10	R\$ 297,30	R\$ 405,28	R\$ 14.007,85
37	R\$ 702,58	4,9396%	R\$ 215,72	R\$ 303,45	R\$ 399,14	R\$ 13.520,99
38	R\$ 702,58	5,1174%	R\$ 208,22	R\$ 309,50	R\$ 393,08	R\$ 13.026,63
39	R\$ 702,58	5,3116%	R\$ 200,61	R\$ 315,46	R\$ 387,12	R\$ 12.524,66
40	R\$ 702,58	5,5245%	R\$ 192,88	R\$ 321,33	R\$ 381,25	R\$ 12.014,95
41	R\$ 702,58	5,7589%	R\$ 185,03	R\$ 327,11	R\$ 375,47	R\$ 11.497,40
42	R\$ 702,58	6,0181%	R\$ 177,06	R\$ 332,81	R\$ 369,77	R\$ 10.971,88
43	R\$ 702,58	6,3064%	R\$ 168,97	R\$ 338,42	R\$ 364,17	R\$ 10.438,26
44	R\$ 702,58	6,6288%	R\$ 160,75	R\$ 343,94	R\$ 358,64	R\$ 9.896,43
45	R\$ 702,58	6,9917%	R\$ 152,41	R\$ 349,38	R\$ 353,20	R\$ 9.346,25
46	R\$ 702,58	7,4033%	R\$ 143,93	R\$ 354,74	R\$ 347,85	R\$ 8.787,60
47	R\$ 702,58	7,8739%	R\$ 135,33	R\$ 360,01	R\$ 342,57	R\$ 8.220,35
48	R\$ 702,58	8,4172%	R\$ 126,59	R\$ 365,21	R\$ 337,38	R\$ 7.644,36
49	R\$ 702,58	9,0515%	R\$ 117,72	R\$ 370,32	R\$ 332,26	R\$ 7.059,50
50	R\$ 702,58	9,8014%	R\$ 108,72	R\$ 375,36	R\$ 327,22	R\$ 6.465,63
51	R\$ 702,58	10,7016%	R\$ 99,57	R\$ 380,33	R\$ 322,26	R\$ 5.862,62
52	R\$ 702,58	11,8023%	R\$ 90,28	R\$ 385,21	R\$ 317,37	R\$ 5.250,33
53	R\$ 702,58	13,1787%	R\$ 80,86	R\$ 390,03	R\$ 312,56	R\$ 4.628,60
54	R\$ 702,58	14,9489%	R\$ 71,28	R\$ 394,77	R\$ 307,82	R\$ 3.997,30
55	R\$ 702,58	17,3099%	R\$ 61,56	R\$ 399,44	R\$ 303,15	R\$ 3.356,27
56	R\$ 702,58	20,6159%	R\$ 51,69	R\$ 404,03	R\$ 298,55	R\$ 2.705,38
57	R\$ 702,58	25,5760%	R\$ 41,66	R\$ 408,56	R\$ 294,02	R\$ 2.044,46
58	R\$ 702,58	33,8440%	R\$ 31,48	R\$ 413,02	R\$ 289,56	R\$ 1.373,36
59	R\$ 702,58	50,3821%	R\$ 21,15	R\$ 417,41	R\$ 285,17	R\$ 691,93
60	R\$ 702,58	100,0000%	R\$ 10,66	R\$ 421,74	R\$ 280,85	R\$ 0,00

Fonte: Plataforma Excel Sicredi (2022, não paginado)

Como pode ser visto o financiamento ficou com 60 parcelas de R\$ 702,58, o valor total do financiamento ficou R\$ 42.154,94, com parcelas fixas atreladas a uma taxa de 0,40% devido ao número de parcelas e 1,14% correspondendo ao CDI.

4.2.5 Viabilidade Econômica Caso E

Enfim, o último dos casos, aquele que apresentou maior custo, maior número de painéis e menor média de geração. O Caso E, na cidade de Manaus – AM, como mostra a Tabela 20, ficou com o kit do sistema com custo de R\$ 23.338,06, na Tabela 33 pode ser vista os demais gastos.

Tabela 33 – Materiais Extras Caso E

	Quantidade	Preço	Valor	Unidade	Outros:	Preço	Valor
Garantia	1			20	Terminal Tubular 6 mm ²	R\$ 1.00	R\$ 20.00
Gasolina (km)	100	R\$ 5.84	R\$ 175.20		Terminal Tubular 10 mm ²	R\$ 1.49	R\$ -
ART	1	R\$ 90.00	R\$ 90.00		Terminal Tubular 16 mm ²	R\$ 2.54	R\$ -
Alimentação	4	R\$ 40.00	R\$ 160.00	20	Bucha	R\$ 0.46	R\$ 9.20
Hotel		R\$ 100.00	R\$ -	20	Parafuso	R\$ 0.60	R\$ 12.00
String CA	1	R\$ 50.00	R\$ 50.00	1	PU	R\$ 28.05	R\$ 28.05
Duto	2	R\$ 41.72	R\$ 83.44	3	Manta Asfáltica	R\$ 6.50	R\$ 19.50
Haste terra + Conector	2	R\$ 50.66	R\$ 101.32	4	Luva	R\$ 13.23	R\$ 52.92
Luva Poliamida	1	R\$ 6.95	R\$ 6.95	2	Curva	R\$ 7.00	R\$ 14.00
Outros (Dificuldade Obra)			R\$ 407.76	3	Canaleta	R\$ 12.75	R\$ 38.25
Plataforma Z	1	R\$ 120.00	R\$ 120.00	10	Adaptador Condulete	R\$ 2.69	R\$ 26.90
Inversor				10	Braçadeira nylon	R\$ 0.22	R\$ 2.20
Cabos e Disjuntores			R\$ 646.95	6	Abraçadeira	R\$ 2.77	R\$ 16.62
DPS	2	R\$ 54.20	R\$ 108.40	4	Terminal Olhal	R\$ 0.25	R\$ 1.00
		Total R\$:	R\$ 1.950.02	4	Prença Cabo	R\$ 10.84	R\$ 43.36
				5	Conrugada	R\$ 13.04	R\$ 65.20
				4	Caixa de Passagem	R\$ 14.64	R\$ 58.56

Fonte: Elaborado pelo autor (2022, não paginado)

A Tabela 33 apresenta os mesmos custos da Tabela 21 do Caso A, ambos R\$ 1.950,02, com isso, já pode ser definido os parâmetros para cotação final, podendo ser observado na Figura 23.

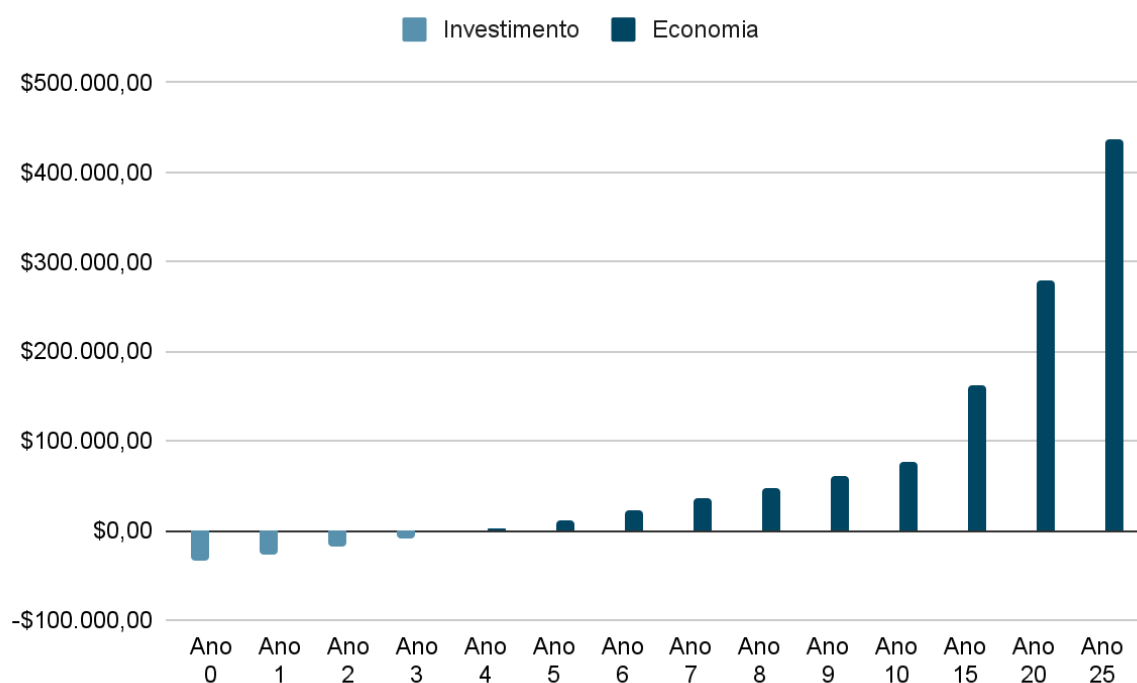
Figura 23 – Valor Cotação Caso E



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Apresentando um retorno de investimento de 3 anos e 9 meses, o maior tempo para obter retorno todos os casos, com valor tarifário de R\$ 0,80 por kWp, semelhante ao de Cuiabá - MT e uma economia de R\$ 510.186,40 ao longo dos 25 anos de vida útil do sistema. O valor final da cotação de R\$ 34.482,83, ficou o mais caro de todos os casos. No Gráfico 11 pode ser observado o fluxo de caixa do sistema.

Gráfico 11 – Fluxo de Caixa Caso E



Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como mostra o Gráfico 11, em 3 anos e 9 meses o investimento é recuperado e é possível economizar R\$ 510.186,40 em 25 anos. Na Tabela 34 pode-se observar os dados em cada ano do sistema.

Tabela 34 – Retorno Anual Caso E

Anos	Valor	Geração	Economia Anual
0	-R\$ 34.482,83	10271,40 kWh	R\$ 8.258,21
1	-R\$ 26.224,62	10189,23 kWh	R\$ 8.777,88
2	-R\$ 17.446,75	10107,71 kWh	R\$ 9.330,25
3	-R\$ 8.116,49	10026,85 kWh	R\$ 9.917,39
4	R\$ 1.800,89	9946,64 kWh	R\$ 10.541,47
5	R\$ 12.342,36	9867,07 kWh	R\$ 11.204,82
6	R\$ 23.547,18	9788,13 kWh	R\$ 11.909,92
7	R\$ 35.457,10	9709,82 kWh	R\$ 12.659,39
8	R\$ 48.116,48	9362,15 kWh	R\$ 13.456,02
9	R\$ 61.572,50	9555,09 kWh	R\$ 14.302,78
10	R\$ 75.875,28	9478,65 kWh	R\$ 15.202,82
15	R\$ 162.077,41	9105,52 kWh	R\$ 20.627,35
20	R\$ 279.037,38	8747,08 kWh	R\$ 27.987,41
25	R\$ 437.279,92	8402,75 kWh	R\$ 37.973,61

Fonte: Plataforma Solarfy (2022, não paginado)

Como a Tabela 34 mostra no quarto já é possível ter um retorno financeiro no valor de R\$1.800,89, trata-se do sistema que vai possuir a menor geração anual no final dos 25 anos e a economia ao longo dos anos é semelhante ao Caso D, causando uma peculiaridade, pois um caso apresenta os melhores resultados de geração e custo enquanto o outro apresenta os piores resultados. Na Tabela 35 pode ser vista a simulação de financiamento do sistema.

Tabela 35 – Simulação Financiamento Caso E

Valor aprox. IOF adicional R\$ 131,03		Valor a financiar		Valor aprox. IOF básico R\$ 893,88		Total aprox. a pagar no período R\$ 53.079,97
CDI*	Taxa juro fixo			Qtde meses (Até 420)		
1,14%	0,40%	R\$ 34.482,83		60		
Parc.	Valor total parcela	Coefic.	Juro período	Parcela de juro	Parcela de capital	Saldo devedor
1	R\$ 884,67	2,5266%	R\$ 531,04	R\$ 13,42	R\$ 871,25	R\$ 34.129,20
2	R\$ 884,67	2,5528%	R\$ 525,59	R\$ 26,63	R\$ 858,04	R\$ 33.770,12
3	R\$ 884,67	2,5799%	R\$ 520,06	R\$ 39,64	R\$ 845,02	R\$ 33.405,52
4	R\$ 884,67	2,6081%	R\$ 514,44	R\$ 52,46	R\$ 832,21	R\$ 33.035,30
5	R\$ 884,67	2,6373%	R\$ 508,74	R\$ 65,08	R\$ 819,58	R\$ 32.659,37
6	R\$ 884,67	2,6677%	R\$ 502,95	R\$ 77,51	R\$ 807,15	R\$ 32.277,66
7	R\$ 884,67	2,6992%	R\$ 497,08	R\$ 89,75	R\$ 794,91	R\$ 31.890,07
8	R\$ 884,67	2,7320%	R\$ 491,11	R\$ 101,81	R\$ 782,86	R\$ 31.496,51
9	R\$ 884,67	2,7662%	R\$ 485,05	R\$ 113,68	R\$ 770,98	R\$ 31.096,89
10	R\$ 884,67	2,8017%	R\$ 478,89	R\$ 125,38	R\$ 759,29	R\$ 30.691,12
11	R\$ 884,67	2,8388%	R\$ 472,64	R\$ 136,89	R\$ 747,77	R\$ 30.279,09
12	R\$ 884,67	2,8774%	R\$ 466,30	R\$ 148,23	R\$ 736,43	R\$ 29.860,73
13	R\$ 884,67	2,9177%	R\$ 459,86	R\$ 159,40	R\$ 725,26	R\$ 29.435,91
14	R\$ 884,67	2,9598%	R\$ 453,31	R\$ 170,40	R\$ 714,26	R\$ 29.004,56
15	R\$ 884,67	3,0038%	R\$ 446,67	R\$ 181,23	R\$ 703,43	R\$ 28.566,57
16	R\$ 884,67	3,0499%	R\$ 439,93	R\$ 191,90	R\$ 692,76	R\$ 28.121,82
17	R\$ 884,67	3,0981%	R\$ 433,08	R\$ 202,41	R\$ 682,26	R\$ 27.670,23
18	R\$ 884,67	3,1487%	R\$ 426,12	R\$ 212,76	R\$ 671,91	R\$ 27.211,69
19	R\$ 884,67	3,2017%	R\$ 419,06	R\$ 222,95	R\$ 661,72	R\$ 26.746,08
20	R\$ 884,67	3,2575%	R\$ 411,89	R\$ 232,98	R\$ 651,68	R\$ 26.273,31
21	R\$ 884,67	3,3161%	R\$ 404,61	R\$ 242,87	R\$ 641,80	R\$ 25.793,25
22	R\$ 884,67	3,3778%	R\$ 397,22	R\$ 252,60	R\$ 632,07	R\$ 25.305,80
23	R\$ 884,67	3,4429%	R\$ 389,71	R\$ 262,19	R\$ 622,48	R\$ 24.810,84
24	R\$ 884,67	3,5116%	R\$ 382,09	R\$ 271,63	R\$ 613,04	R\$ 24.308,26
25	R\$ 884,67	3,5842%	R\$ 374,35	R\$ 280,93	R\$ 603,74	R\$ 23.797,94
26	R\$ 884,67	3,6610%	R\$ 366,49	R\$ 290,08	R\$ 594,58	R\$ 23.279,77
27	R\$ 884,67	3,7425%	R\$ 358,51	R\$ 299,10	R\$ 585,57	R\$ 22.753,61
28	R\$ 884,67	3,8291%	R\$ 350,41	R\$ 307,98	R\$ 576,69	R\$ 22.219,35
29	R\$ 884,67	3,9211%	R\$ 342,18	R\$ 316,73	R\$ 567,94	R\$ 21.676,86
30	R\$ 884,67	4,0193%	R\$ 333,82	R\$ 325,34	R\$ 559,33	R\$ 21.126,02
31	R\$ 884,67	4,1241%	R\$ 325,34	R\$ 333,82	R\$ 550,84	R\$ 20.566,69
32	R\$ 884,67	4,2362%	R\$ 316,73	R\$ 342,18	R\$ 542,49	R\$ 19.998,75
33	R\$ 884,67	4,3565%	R\$ 307,98	R\$ 350,41	R\$ 534,26	R\$ 19.422,07
34	R\$ 884,67	4,4859%	R\$ 299,10	R\$ 358,51	R\$ 526,16	R\$ 18.836,50
35	R\$ 884,67	4,6253%	R\$ 290,08	R\$ 366,49	R\$ 518,18	R\$ 18.241,92
36	R\$ 884,67	4,7761%	R\$ 280,93	R\$ 374,35	R\$ 510,32	R\$ 17.638,18
37	R\$ 884,67	4,9396%	R\$ 271,63	R\$ 382,09	R\$ 502,58	R\$ 17.025,14
38	R\$ 884,67	5,1174%	R\$ 262,19	R\$ 389,71	R\$ 494,96	R\$ 16.402,66
39	R\$ 884,67	5,3116%	R\$ 252,60	R\$ 397,22	R\$ 487,45	R\$ 15.770,59
40	R\$ 884,67	5,5245%	R\$ 242,87	R\$ 404,61	R\$ 480,06	R\$ 15.128,79
41	R\$ 884,67	5,7589%	R\$ 232,98	R\$ 411,89	R\$ 472,78	R\$ 14.477,11
42	R\$ 884,67	6,0181%	R\$ 222,95	R\$ 419,06	R\$ 465,61	R\$ 13.815,39
43	R\$ 884,67	6,3064%	R\$ 212,76	R\$ 426,12	R\$ 458,54	R\$ 13.143,48
44	R\$ 884,67	6,6288%	R\$ 202,41	R\$ 433,08	R\$ 451,59	R\$ 12.461,23
45	R\$ 884,67	6,9917%	R\$ 191,90	R\$ 439,93	R\$ 444,74	R\$ 11.768,46
46	R\$ 884,67	7,4033%	R\$ 181,23	R\$ 446,67	R\$ 438,00	R\$ 11.065,03
47	R\$ 884,67	7,8739%	R\$ 170,40	R\$ 453,31	R\$ 431,35	R\$ 10.350,77
48	R\$ 884,67	8,4172%	R\$ 159,40	R\$ 459,86	R\$ 424,81	R\$ 9.625,50
49	R\$ 884,67	9,0515%	R\$ 148,23	R\$ 466,30	R\$ 418,37	R\$ 8.889,07
50	R\$ 884,67	9,8014%	R\$ 136,89	R\$ 472,64	R\$ 412,02	R\$ 8.141,29
51	R\$ 884,67	10,7016%	R\$ 125,38	R\$ 478,89	R\$ 405,77	R\$ 7.382,00
52	R\$ 884,67	11,8023%	R\$ 113,68	R\$ 485,05	R\$ 399,62	R\$ 6.611,02
53	R\$ 884,67	13,1787%	R\$ 101,81	R\$ 491,11	R\$ 393,56	R\$ 5.828,16
54	R\$ 884,67	14,9489%	R\$ 89,75	R\$ 497,08	R\$ 387,59	R\$ 5.033,25
55	R\$ 884,67	17,3099%	R\$ 77,51	R\$ 502,95	R\$ 381,71	R\$ 4.226,10
56	R\$ 884,67	20,6159%	R\$ 65,08	R\$ 508,74	R\$ 375,92	R\$ 3.406,51
57	R\$ 884,67	25,5760%	R\$ 52,46	R\$ 514,44	R\$ 370,22	R\$ 2.574,31
58	R\$ 884,67	33,8440%	R\$ 39,64	R\$ 520,06	R\$ 364,61	R\$ 1.729,28
59	R\$ 884,67	50,3821%	R\$ 26,63	R\$ 525,59	R\$ 359,08	R\$ 871,25
60	R\$ 884,67	100,0000%	R\$ 13,42	R\$ 531,04	R\$ 353,63	R\$ 0,00

Fonte: Plataforma Excel Sicredi (2022, não paginado)

Como já se esperava sobre este caso, na Tabela 35 apresenta as parcelas com o maior custo e também com maior valor de financiamento, porém se verificar a economia anual e dividir por 12 teremos um gasto por mês de R\$ 688,18. Valor inferior a parcela caso seja optado pelo financiamento.

4.3 Considerações para Análises Técnicas e Econômicas

Pontos importantes que foram utilizados para as análises técnicas e econômicas que não foram apresentadas anteriormente citadas, são mostradas a seguir.

Um desses quesitos é a margem de lucro que a empresa que irá prestar o serviço teria ao final de todo o processo. Na Tabela 36 pode-se ver o acréscimo no valor por kWp que a empresa coloca em suas cotações sobre os serviços prestados por ela.

Tabela 36 – Preço por kWp

kWp	Preço
Até 3 kWp	R\$ 3.500,00
3 a 4 kWp	R\$ 3.500,00 até R\$ 4.500,00
4 a 5 kWp	R\$ 4.500,00 até R\$ 5.500,00
5 a 6 kWp	R\$ 5.500,00 até R\$ 6.500,00
6 a 7 kWp	R\$ 6.500,00 até R\$ 7.500,00
7 a 8 kWp	R\$ 7.500,00 até R\$ 8.500,00
8 a 9 kWp	R\$ 8.500,00 até R\$ 9.500,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Um ponto importante para a viabilidade técnica que irá definir se tudo o que foi prometido está sendo entregue, com o passar dos tempos, é a plataforma de monitoramento, que irá integrar o sistema com o consumidor final. E essa plataforma também foi contabilizada com os gastos extras presentes no projeto. Plataforma essa mostrada na Figura 24.

Figura 24 – Monitoramento Solar Z



Fonte: Plataforma Solar Z (2022, não paginado)

Esta plataforma faz todo o controle de pós venda do sistema, onde tudo que foi apresentado na viabilidade técnica e econômica pode ser comparado com a realidade do dia a dia.

Também foi pensando o padrão de instalação do sistema, para poder saber a quantidade de materiais extras para ser orçado, na Figura 25 e 26 pode ser visto este padrão.

Figura 25 – Padrão de Instalação Inversor



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 26 – Padrão de Instalação Módulos



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Como visto nas Figura 25 e 26, foram orçados os mesmos padrões para todos os casos das viabilidades, todo os materiais utilizados para instalar o inversor e as string's box na parede, instalar os módulos no telhado e adequar o padrão de entrada da rede, foram contabilizados nas planilhas.

Para ter chegado ao preço final de cada cotação foi levada em consideração cada prestação de serviço que uma empresa de energia solar leva ao consumidor final, serviço esses que dispõe:

- Instalação dos painéis fotovoltaicos;
- Instalação do inversor;
- Cabos e fios elétricos;
- Estrutura metálica;
- Quadro de distribuição e proteção;
- Projeto elétrico completo;
- Solicitação de acesso à concessionária de energia;
- Sistema de monitoramento de geração de energia.

4.4 Considerações das sínteses dos resultados

Como pode ser visto, a Tabela 37 traz uma síntese dos resultados obtidos com as análises.

Tabela 37 – Síntese de Resultados

Caso	Irradiação	Potência	Geração	Custo da energia	<i>Payback Descontado</i>	Economia
A	4,77 kWh/m ²	7,7 kWp	936,79 kWh	R\$ 32.734,14	2 anos e 7 meses	R\$ 736.160,50
B	5,13 kWh/m ²	7,15 kWp	935,14 kWh	R\$ 29.259,27	3 anos e 8 meses	R\$ 452.703,89
C	5,11 kWh/m ²	7,7 kWp	943,59 kWh	R\$ 32.803,04	3 anos e 3 meses	R\$ 569.419,23
D	5,69 kWh/m ²	6,6 kWp	914,92 kWh	R\$ 27.385,51	3 anos e 3 meses	R\$ 480.898,89
E	4,32 kWh/m ²	8,25 kWp	855,95 kWh	R\$ 34.482,83	3 anos e 9 meses	R\$ 510.186,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Pela Tabela 37 pode-se notar que a maior irradiação se faz presente na cidade de Fortaleza – CE, Caso D, ocasionando no sistema com menor potência e menor custo respectivamente.

No que se refere a potência, temos a cidade de Manaus – AM, Case E, com a maior potência pico, menor irradiação, menor geração média e mais custo da energia fotovoltaica.

Percebe-se que, no que tange a geração, o sistema de Cuiabá – MT, Caso C, ficou com maior média de geração. Enquanto Manaus – AM, apresentou a pior média.

É possível perceber que o custo da energia tem o seu maior valor em Manaus – AM e o menor em Fortaleza – CE.

Dos casos analisados, o menor *Payback Descontado* foi São Borja – RS, Caso A. Por outro lado, o maior foi Manaus – AM.

Também cabe destacar que a melhor economia foi obtida em São Borja – RS e a pior economia em Manaus – AM.

Os fator que determinou a viabilidade técnica foi a irradiação do local, enquanto o que influenciou na viabilidade econômica foi o valor tarifário de cada concessionária de energia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do trabalho apresentou a análise de cinco sistemas fotovoltaicos, com as mesmas características, mesmo histórico de consumo e mesmas condições de instalação, apenas alterando a região de localidade desses sistemas, utilizando as cinco regiões do Brasil, Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

Dimensionado o percentual das perdas conforme as altas temperaturas que essas regiões apresentam. Utilizando a base de dados do CRESESB e plataformas de dimensionamento da RENOVIGI e SOLARFY, foram feitas as análises.

Na análise de viabilidade técnica as irradiações de cada local foi o que determinou a geração média e a potência de cada sistema, enquanto no Sul do Brasil temos uma curva no Gráfico 2, bem definida pelas estações do ano, verão e inverno, tendo nos meses de janeiro e dezembro os meses de maior geração do sistema, enquanto o mês de julho apresenta o pior índice de geração. Já na região Sudeste, apresenta uma maior linearidade no Gráfico 3 que a região sul, tendo nos meses de janeiro e fevereiro seu maior índice de geração. A região Centro-Oeste se mostra ainda mais linear que as anteriores e tem, no mês de dezembro, o seu maior rendimento.

A região Nordeste é a que obteve o melhor resultado das análises técnicas, e foi o sistema que apresentou o menor número de painéis fotovoltaicos e, conseqüentemente, uma menor quantidade de materiais extras, além de apresentar a menor potência pico e o menor custo de todos outros sistemas. Analisando o gráfico de geração da região supracitada, percebe-se que o mês de novembro tem o melhor desempenho e, diferente de todos os outros sistemas, que o pior mês de geração é junho, a região Nordeste tem como abril o mês com o menor índice de geração.

A região Norte se mostrou a menos eficiente no quesito técnico das demais regiões, com o menor nível de irradiação, maior potência pico e, conseqüentemente, maior número de módulos. Tem no mês de agosto seu melhor desempenho.

Para a análise de viabilidade econômica, logicamente pensando no sistema com melhor custo benefício, entende-se que é aquele com o menor custo, porém, não é só esse parâmetro que influencia na hora de apresentar os resultados, pois, todos os sistemas apresentaram serem viáveis ao ponto de visto econômico, tendo um retorno de investimento muito rápido, comparado ao tempo de vida útil do sistema,

mostrando uma grande economia no decorrer dos anos, mesmo com a geração diminuindo ao longo do tempo.

Destaca-se que, o que determinou a viabilidade de um caso ser melhor que o outro foi o valor tarifário do kWh cobrado por cada concessionária de energia. Nesse quesito nenhuma região chega perto do valor tarifário da RGE, deixando a viabilidade técnica do sistema com o *Payback* Descontado mais rápido do que os outros. Se tratando de economia ao longo dos 25 anos, o maior valor economizado foi a região Sul.

O *Payback* Descontado mais demorado foi o da região Norte, um mês a mais que a região Sudeste, que apresenta o menor valor tarifário e a menor economia nos 25 anos de vida útil do sistema.

Observando as simulações de financiamento pode-se ver os juros presente no valor financiado em relação a diferença para o valor final da cotação. De qualquer forma, o investimento se torna viável, porém, o retorno do investimento será mais demorado. Por outro lado, a parcela do financiamento é semelhante ao que seria o valor da fatura de energia sem o sistema fotovoltaico, então, o consumidor estaria trocando uma pela outra e, em 60 parcelas, o financiamento estaria quitado.

Vale dizer que a energia solar apresenta inúmeras formas de ser abordada. Dito isso, ficam como sugestões para a realização de novos trabalhos acadêmicos:

- avaliar a viabilidade econômica com a tarifação da Lei 14.300;
- avaliar a viabilidade técnica e econômica no caso de o consumidor aumentar mais do que o previsto o seu consumo de energia;
- avaliar a viabilidade econômica ao acrescentar unidades consumidoras remotas;
- avaliar as viabilidades técnicas e econômicas para sistemas off-grids e sistemas híbridos.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/leite-e-derivados/2019/57a-ro/tributacao-sobre-energia-solar.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2021.

ALVES, Aline; MATTOS, João Guterres de; AZEVEDO, Iraneide S. S. **Engenharia econômica** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Sagah, 2017. 9788595020573. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020573/>. Acesso em: 08 abr. 2021.

ALVES, Dionatas Rayron da Silva; LIRA, Marcos Antonio Tavares. Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de energia solar fotovoltaica em unidade consumidora no Aeroporto de Teresina no Estado do Piauí. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS**, p. 1–11, 01 dez. 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/567>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/a-aneel>. Acesso em: 18 fev. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Brasília: ANEEL, 2017.

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

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória Nº 1.859 de 27 de fevereiro de 2015**. Estabelece as faixas de acionamento e os adicionais das bandeiras tarifárias, de que trata o submódulo 6.8 do PRORET, com vigência a partir de 2 de março de 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Nº 687 de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2016.

BELTRÃO, V. DE C. V. M. Implantação de SFCR em Estação Repetidora – Estudo de Viabilidade Financeira. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, n. 2017, p. 10, 2018.

BUARQUE, C. **Avaliação Econômica de Projetos: Uma apresentação didática**. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

CISER. **Resolução 482 da ANEEL**: entenda as mudanças na legislação. Disponível em: <https://blog.ciser.com.br/energia-solar/resolucao-482-da-aneel-entenda-as-mudancas-na-legislacao/>. 14 abril de 2020. Acesso em: 08 abr. 2021.

CSR ENERGIA SOLAR. **Origem do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 2017. Disponível em: <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcr-on-grid>. Acesso em: 17 fev. 2021.

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária, Convênio ICMS Nº 16 de 22 de abril de 2015. **Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.**

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária, Convênio ICMS Nº 130 de 4 de novembro de 2015. **Dispõe sobre a adesão dos Estados da Bahia, Maranhão e Mato Grosso e do Distrito Federal ao Convênio ICMS 16/15, que autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.**

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária. **Convênio ICMS Nº 42 de 16 de maio de 2018**. Altera o Convênio ICMS nº 16, de 22 de abril de 2015.

DEGEN, Ronald Jean. **O empreendedor**: fundamentos da iniciativa empresarial. São Paulo: Makron Books, 1989.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica EPE**: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf. Acesso em: 21 abr. 2021.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2020**: Ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. p. 7-295

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 08 abr. 2021.

FONTINELLE, C. G.; LEITE, J. C.; ASSIS, C. M. C. DE. Sistema fotovoltaico no aeroporto internacional de Manaus: Análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental de implantação usando simulação computacional. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado, 2018.

IPEA. **Taxa de juros - Selic - fixada pelo Comitê de Política Monetária (Copom)**. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 22 abr. 2021.

JACQUES, E.P.; DE, M.E.A. **Engenharia Econômica**, 6. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2011. 9788522469963. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522469963/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

LATA, J. C.; SUPERIOR, E.; ESPOL, L. **Estimación del potencial urbano de sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Guayaquil**. Pais Vasco, August, 2015.

LELAND, B.; ANTHONY, T. **Engenharia Econômica**. Porto Alegre: Grupo A, 2010. 9788563308986. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788563308986/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

MATIAS-PEREIRA. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Grupo GEN, 2016. 9788597008821. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597008821/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Boletim mensal de monitoramento do setor elétrico** – agosto de 2018. Brasília: MME, 2018.

MORAIS, F. H. M. DE *et al.* Avaliação Técnico-Econômica do Desempenho Operacional do Primeiro Ano de Geração de um Sfc Integrado à Edificação. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado, 2018.

MOREIRA, S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. São Paulo: Grupo GEN, 2017. 9788521633785. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521633785/>. Acesso em: 08 abr. 2021.

NETO, M.R.B.; CARVALHO, P. **Geração de Energia Elétrica - Fundamentos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2012. 9788536518572. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518572/>. Acesso em: 08 abr. 2021.

PAULO, S. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Benefícios da Fonte Solar Fotovoltaica ao Brasil Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil Brasileira: Evolução do Preço da Fonte Solar Fotovoltaica em Leilões de Geração Distribuída Solar FV no Brasil por Classe**. p. 3-4, 2021.

PINHO, J. T., GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014. 530 p.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar no Brasil**. Disponível em:
<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html#ancora17>. Acesso em: 08 abr. 2021.

POZZOBON, V. C., DE *et al.* Avaliação dos Desempenhos Elétrico e Financeiro de Três Propostas de Instalação de um Sfc. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado, 2018. p. 2–7.

RORIG, Thiago. **Análise comparativa da viabilidade econômica de sistema fotovoltaico conectado à rede considerando a mesma residência em cidades diferentes**. 2019. 96 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Pampa, Alegrete-RS, 2019.

SANTOS, Marco Aurélio dos. **Fontes de Energia Nova e Renovável**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013. E-book. ISBN 978-85-216-2474-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2474-5/>. Acesso em: 02 abr. 2021.

STALTER, Marcel C. **Análise de investimentos em sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica fotovoltaica**. 2019 Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2019.

TORRES, O.F. F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2006. 9788522128402. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522128402/>. Acesso em: 08 abr. 2021.