UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARIA MARTA LUIZ VIEIRA

USINA SOLAR FOTOVOLTAICA: VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM PROJETO DADO UM REINVESTIMENTO EM UM ATIVO LIVRE DE RISCO

JUIZ DE FORA
2023

MARIA MARTA LUIZ VIEIRA

USINA SOLAR FOTOVOLTAICA: VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM PROJETO DADO UM REINVESTIMENTO EM UM ATIVO LIVRE DE RISCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: D. Sc. Cristina Márcia Barros de Castro

JUIZ DE FORA

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Luiz Vieira, Maria Marta .
USINA SOLAR FOTOVOLTAICA : VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM PROJETO DADO UM REINVESTIMENTO EM UM ATIVO LIVRE DE RISCO / Maria Marta Luiz Vieira. -- 2023.
52 p. : il.

Orientadora: Cristina Márcia Barros de Castro
Coorientador: Celso Moraes
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2023.

1. Usina de geração de energia fotovoltaica. 2. Viabilidade técnica da usina. 3. Viabilidade econômico-financeira. I. Barros de Castro, Cristina Márcia, orient. II. Moraes, Celso, coorient. III. Título.

MARIA MARTA LUIZ VIEIRA

USINA SOLAR FOTOVOLTAICA: VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM PROJETO DADO UM REINVESTIMENTO EM UM ATIVO LIVRE DE RISCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 08 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc. Cristina Márcia Barros de Castro (Orientadora)
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Celso Moraes (Co-Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

D.Sc. Roberta Cavalcanti Pereira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus e a Nossa Senhora por me iluminarem nessa jornada desde o início. Minha fé depositada a Eles me auxiliaram nos momentos de crise e principalmente no momento de alegria que essa jornada me proporcionou. Aos meus pais, Gilmara e Claudio, suas palavras de encorajamento, seus sacrifícios e seu amor incondicional me deram forças para persistir mesmo nos momentos mais desafiadores. Vocês foram meus pilares, minha base, e tudo o que alcancei é também um reflexo dos valores e ensinamentos que me transmitiram ao longo dos anos. Nas horas de cansaço, foram os rostos de vocês que me motivaram a continuar. Ao meu grande amor Yago, agradeço por sempre estar ao meu lado, nos momentos de surtos e principalmente nas conquistas. Saiba que você faz parte de cada pedaço da minha conquista desde antes mesmo desse ciclo começar você já me apoiava e me incentivava a correr atrás dos meus sonhos. Ao meu irmão, João Vitor, você tem sido mais do que apenas um companheiro nesta jornada; você tem sido um amigo, um defensor e um modelo a seguir. Sua presença sempre trouxe conforto e alegria aos meus dias. Avós queridos, Marta, João e Maria, suas bênçãos e apoio constante me guiaram em cada passo desta jornada. Seus conselhos sábios e histórias de vida inspiradoras moldaram minha visão de mundo e me deram a base para enfrentar qualquer desafio que surja em meu caminho. Quero agradecer também a minha irmã de coração Bianca, que no apartamento 203 fez com que me sentisse em casa. Aos meus grandes amigos da UFJF, Cínthia, Igor, Jamile, Luan e Pablo vocês iluminaram cada capítulo da minha vida acadêmica com risadas, compreensão e companheirismo. Saiba que cada um de vocês trouxe cor e diversidade à minha vida, nossas jornadas entrelaçadas tornaram os dias de estudo mais leves e as batalhas mais doces. Cada gesto de amizade e apoio fortaleceu minha determinação. A Ana Beatriz, Anna Clara e Christiane, obrigada por embarcarem nessa jornada comigo, nosso encontro foi recente, porém muito importante para mim. Aos amigos de Rodeiro, Manoela, Jarbas, Laira e Jordana, saibam que sou muito grata por terem em minha vida, vocês foram essenciais na minha caminhada, todo incentivo e carinho que sempre tiveram por mim, apesar da distância sempre soube que tinha um lugar onde me sentiria em casa. Sou imensamente grata pela minha orientadora Cristina e a banca minha Celso e Roberta, que nunca duvidaram do meu potencial, levarei seus ensinamentos para o resto da vida.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de uma usina fotovoltaica, com o subsequente reinvestimento do fluxo de caixa gerado a uma taxa de juros livre de risco, representada pelo Tesouro IPCA+2045. A análise técnica foi conduzida com base no consumo energético de duas residências, uma localizada na cidade de Piau-MG, onde a usina seria implantada, e outra na cidade de Juiz de Fora. O estudo técnico indicou a necessidade de 17 módulos fotovoltaicos de 450W cada para atender às demandas das residências com um inversor com capacidade de 8500W, tendo como investimento inicial o valor de R$31.669,65. Na avaliação da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica, foram utilizadas métricas como *payback* descontado, valor presente líquido, taxa interna de retorno, Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Valor Presente Líquido Incremental (VPLI) e Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM). Os resultados revelaram que o reinvestimento não é viável a uma taxa de juros inferior a 14,10%, que é representada pelo Custo de Capital Próprio (CAPM), diante dos dados considerados. Isso sugere que a implementação da usina fotovoltaica e o reinvestimento do seu fluxo de caixa seriam mais atrativos se a taxa de retorno superasse esse valor.

Palavras-chave: Usina de geração de energia fotovoltaica, viabilidade técnica da usina, viabilidade econômico-financeira.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the technical and economic feasibility of implementing a photovoltaic power plant, with subsequent reinvestment of the generated cash flow at a risk-free interest rate represented by the Tesouro IPCA+2045, a Brazilian government bond. The technical analysis was conducted based on the energy consumption of two residences, one located in the city of Piau-MG, where the power plant would be installed, and another in the city of Juiz de Fora. The technical study indicated the need for 17 photovoltaic modules of 450W each to meet the demands of the residences, with an inverter with a capacity of 8500W, requiring an initial investment of R$31,669.65.In the evaluation of the economic and financial viability of photovoltaic solar energy, metrics such as discounted payback, net present value, internal rate of return, Minimum Attractive Rate (MAR), Incremental Net Present Value (INPV), and Modified Internal Rate of Return (MIRR) were used. The results revealed that reinvestment is not viable at an interest rate lower than 14.10%, represented by the Cost of Equity (CAPM). This suggests that the implementation of the photovoltaic power plant and reinvestment of its cash flow would be more attractive if the rate of return exceeded this value.

Keywords: Photovoltaic power plant, technical feasibility of the power plant, economic and financial viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de uma Usina Solar Fotovoltaica Centralizada …….20
Figura 2: Modelos de sistemas de geração distribuída de energia solar fotovoltaica On-grid e Off-grid ……..……... 21
Figura 3: Tarifas do grupo B (antes de impostos) ……..…….25
Figura 4: Local da implementação da usina solar…….34
Figura 5: Irradiação solar diária média [Kwh/m². dia] da cidade de Piau-MG…….35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo mensal de energia elétrica no ano de 2021……. 36
Tabela 2 - Materiais utilizados na implementação da usina fotovoltaica.……..... 37
Tabela 3 - Gastos com energia elétrica e economia com a implementação da usina solar.….38
Tabela 4 - Taxa CAPM……..40
Tabela 5 - Análise do fluxo de caixa e *payback*……..……..41
Tabela 6 - Análise do reinvestimento……..……..42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANEEL: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

B3: BRASIL, BOLSA E BALCÃO

BNDES: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

CAPM: CAPITAL ASSET PRICING MODEL

CA: CORRENTE ALTERNADA

CC: CORRENTE CONTÍNUA

CDB: CERTIFICADO DE DEPÓSITO BANCÁRIO

CGEE: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDO ESTRATÉGICO

CONFAZ: CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA

COFINS: CONTRIBUIÇÃO PARA O FINANCIAMENTO DA SEGURIDADE SOCIAL

EPE: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

FCD: FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

GD: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

ICMS: IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS

IEA: AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA

IPCA: ÍNDICE NACIONAL DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO

LCA: LETRA DE CRÉDITO DE AGRONEGÓCIO

MME: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PBD: PAYBACK DESCONTADO

PIS: PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO SOCIAL

PRODEEM: PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO DE ESTADOS E MUNICÍPIOS

PROGD: PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA

TIR: TAXA INTERNA DE RETORNO

TIRI: TAXA INTERNA DE RETORNO INTEGRADO

TIRM: TAXA INTERNA DE RETORNO MODIFICADO

TMA: TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

VPL: VALOR PRESENTE LÍQUIDO

VPLI: VALOR PRESENTE LÍQUIDO INTEGRADO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 12
1.2 JUSTIFICATIVA 13
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 13
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 14
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 15
2. GERAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 17
2.1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 17
2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA 19
2.2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA CENTRALIZADA 19
2.2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA 20
2.3 RADIAÇÃO SOLAR 21
2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 22
2.5 INVERSORES FOTOVOLTAICOS 23
2.6 TARIFAS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA 23
3. MÉTODOS PARA CALCULAR A VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA 26
3.1 FLUXO DE CAIXA DESCONTADO 26
3.2 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA) E MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO DE UM ATIVO FINANCEIRO (CAPM) 27
3.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) 28
3.4 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) 29
3.5 PAYBACK DESCONTADO (PBD) 30
3.6 RISCO E RETORNO 31
3.7 CARTEIRA DE INVESTIMENTOS 32
4. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA RESIDENCIAL 34
4.1 ASPECTOS DA ANÁLISE TÉCNICA PARA A POSSIBILIDADE DA INSTALAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA 34
4.2 ANÁLISE FINANCEIRA 37
5. RESULTADOS 43
6. CONCLUSÕES 44
REFERÊNCIAS 45
ANEXO A– CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA BIFÁSICO 49
ANEXO B – CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA TRIFÁSICO 50
ANEXO C – NOTA FISCAL DA USINA FOTOVOLTAICA 51
ANEXO D– TERMO DE AUTENCDADE 52

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil possui um enorme potencial em energias renováveis, destacando-se principalmente nas áreas de energia hídrica, eólica e solar, sendo esta devido aos altos níveis de insolação (EPE, 2017). Nos últimos anos, o país tem dedicado a discutir e investir na geração fotovoltaica, seguindo o exemplo de outros países europeus que se destacam nesse tipo de geração. Desde 2012, o Brasil intensificou as discussões sobre maneiras de incentivar a integração da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica nacional, por meio de uma série de medidas, como a implementação de novas regulamentações e a realização de leilões (MAIA, 2018). A primeira política pública de incentivo ao setor de energia solar no Brasil foi implementada em 1994 por meio do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM). Esse programa foi instituído pelo Governo Federal na secretaria de Vitalidade do Ministério de Minas e Energia (MME) com o objetivo de proporcionar acesso à energia elétrica em comunidades isoladas (PINHO E GALDINO, 2014).

O Conselho Nacional de Política Financeira (CONFAZ) também desempenhou importante papel na celebração dos convênios nº 101, de 1997, e nº 16, de 2015. Segundo Nascimento (2017), esses convênios isentam do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) as operações envolvendo equipamentos aplicados na geração de energia solar e eólica. Contudo, não abrangeu alguns equipamentos como inversores e medidores que são usados na geração solar.

Para promover a geração distribuída, incentivos para aquisição de um sistema fotovoltaico foram implementados, como o programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída (ProGD), lançado pelo MME com apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (PEREIRA, 2019). As resoluções regulamentares nº 481 e 482 de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), têm desempenhado um papel crucial na disseminação da energia solar fotovoltaica no Brasil.

A resolução Normativa nº 481/2012, aumentou para 80% os descontos nas tarifas de uso das redes de transmissão e distribuição em empreendimentos com capacidade inferior a 30 MW, desde que iniciados até o final de 2017. A partir de 2018, o desconto passou a ser de cinquenta por cento. A resolução Normativa nº 482/2012 estabeleceu um sistema de compensação de energia elétrica, conhecido como *net metering*. Esse sistema permite injetar na

rede energia fotovoltaica produzida pelos consumidores, gerando créditos dedutíveis na conta de luz.

Portanto, o presente trabalho analisou se há uma viabilidade da implementação da usina solar em uma residência na zona da mata mineira comparando o investimento na usina com investimentos em ativos livres de risco.

1.2 JUSTIFICATIVA

A implantação de uma usina fotovoltaica representa um investimento significativo, tanto em termos econômicos quanto em recursos físicos, como espaço de implementação da usina e localização. Portanto, é fundamental realizar uma análise abrangente da viabilidade técnica e econômica deste empreendimento antes de tomar qualquer decisão. Essa análise permite aos investidores e tomadores de decisão, avaliar se a implementação de uma usina fotovoltaica é um projeto viável e rentável em comparação com uma carteira de investimentos.

A pesquisa realizada neste trabalho permite entender a relação e auxiliar pessoas ou empresas que pretendem tomar uma decisão: investir em uma usina fotovoltaica ou em um investimento em um ativo livre de risco.

Meu interesse inicial pelo tema foi somente sobre a análise técnica porém ao me aprofundar no tema, minha curiosidade foi despertada para estabelecer conexões entre a dimensão técnica do investimento e a esfera econômica. Em outras palavras, busco entender se os investimentos em usinas fotovoltaicas são realmente viáveis

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica e econômica de um projeto de investimento em uma usina solar fotovoltaica, cujo propósito é fornecer energia para duas residências com um consumo mensal médio de 714,5 kWh. Ao realizar a análise financeira, foi necessário comparar os valores que deixaram de ser pagos, dada a implantação da usina solar fotovoltaica, mas considerando o alto investimento inicial do projeto. Para a análise de viabilidade técnica e econômica foram considerados o horizonte geração solar de 20 anos após o início dessa geração, bem como diferentes cenários econômicos para a tomada de decisão.

Para realizar essa avaliação, é necessário ter conhecimento sobre os equipamentos e informações técnicas relacionadas à aquisição e instalação. Também é importante ter

conhecimento do sistema de compensação de energia adotado no Brasil e das mudanças na legislação ocorridas pela Lei 14.300/22, uma vez que essas normas influenciam diretamente no saldo do fluxo de caixa do projeto de instalação de uma usina solar fotovoltaica. Além disso, alguns estudos foram utilizados para verificar a viabilidade econômica do projeto, como: investimento inicial, à vista, para implantação da usina fotovoltaica, retorno deste investimento realizado, valores que deixam de ser pago dada a utilização da geração distribuída, os quais podem ser reinvestidos em ativo sem risco, ou seja, em um Tesouro IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo).

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de um projeto de investimento em uma usina solar fotovoltaica, cujo propósito é fornecer energia para duas residências com um consumo mensal médio de 714,5 kWh. Dada a economia no valor a ser pago nas faturas de energia elétrica, foram avaliados os retornos obtidos ao reinvestir os valores economizados em taxa de juros anuais do Tesouro IPCA+2045.

Assim, o objetivo específico consiste na avaliação técnica e econômica, determinando a potência necessária dos módulos fotovoltaicos e a capacidade do inversor. Além disso, foi buscado analisar o retorno que a usina proporciona ao reinvestir o fluxo de caixa, sendo que o investimento inicial foi de capital próprio.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O trabalho proposto é do âmbito quantitativo. Segundo Richardson (1989), este método caracteriza-se pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento dessas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas. Contudo possui como diferencial a intenção de garantir a precisão dos trabalhos realizados, conduzindo a um resultado com poucas chances de distorções, devido ser analisada valores reais de investimento.

Outro método de pesquisa usado junto com o quantitativo é o estudo de caso, devido ao estudo ser feito em cima de uma usina já existente e um investimento já realizado, sendo assim uma análise descritiva e exploratória. Segundo Gerring (2007), um estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que envolve uma análise intensiva de um único caso, com o objetivo de

compreender uma classe maior de casos (a população) (GERRING, 2007, p. 95, tradução livre). Ele também destaca que é possível incorporar mais de um caso em um estudo de caso, mas isso implica em um trade-off, pois em determinado ponto não é mais viável manter a intensidade de análise dos casos. Portanto, quando a ênfase do estudo se desloca de um caso individual para uma amostra de casos, temos um estudo do tipo cross-case.

Foi realizada uma análise do consumo mensal de energia ao longo de todo o ano de 2021 para ambas as residências em questão, juntamente com a avaliação da irradiação solar no local designado para a implementação da usina. Esse procedimento visa determinar a quantidade de módulos a serem instalados e a potência do inversor, com o objetivo de calcular o custo total da usina. Posteriormente, procederemos à análise da tarifa de energia, incluindo o custo adicional à iluminação pública, conforme previsto pela distribuidora de energia elétrica, Cemig. Com base nesses dados, foi possível calcular o gasto médio anual com energia elétrica para as residências em questão.

Com os resultados obtidos, extrapolamos esses valores para um horizonte de 20 anos, assumindo que tanto a taxa de energia quanto o consumo de eletricidade permanecerão constantes ao longo desse período. A partir dessa projeção, determinamos o valor mínimo que será pago anualmente à entrega de energia, proporcionando uma análise abrangente do investimento a ser realizado.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No presente trabalho, é composto por cinco seções. A seção um apresenta as considerações iniciais, objetivos, justificativa, escopo e metodologia.

Já na seção dois, é destinado ao referencial teórico divididos em subtítulos. Neste capítulo são referenciadas as formas de geração de energia no brasil dando ênfase na energia fotovoltaica tanto centralizada quanto distribuída. Fala-se também sobre a radiação solar e os tipos de inversores. Na seção três é direcionado às ferramentas que permitem verificar a viabilidade econômica de um projeto de investimento. Neste capítulo referência os cálculos e meios de analisar se o investimento é viável ou não.

Na seção quatro foram feitas as análises, de forma quantitativa, fundamentadas nos capítulos anteriores mostrando os cálculos e ferramentas utilizadas. O capítulo 5 apresenta uma discussão dos resultados. E por fim, no capítulo 6 tem-se a conclusão e considerações finais

sobre a viabilidade técnica e econômica da implementação da usina fotovoltaica e por fim a referência.

2. GERAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Neste capítulo foram retratados os tipos de geração elétrica no Brasil, como a distribuição centralizada e distribuída, dando enfoque na energia fotovoltaica distribuída. Bem como, foram apresentadas informações sobre a radiação solar e os inversos das usinas fotovoltaicas.

2.1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Nos últimos anos, houve um forte aumento na capacidade global de geração de energia fotovoltaica devido à redução dos custos associados à energia solar. Isso tem sido considerado uma grande oportunidade de negócio em vários setores da economia (EIA, 2017; IRENA, 2016). Esse crescimento tem impulsionado principalmente a geração distribuída, que é um dos principais modelos de energia renovável comercializados em muitos países.

No Brasil, a definição de geração distribuída é relativamente recente, de acordo com o Artigo 14 do Decreto Lei nº 5.163/2004. Essa definição considera que a geração distribuída é toda a produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados conectados ao sistema de distribuição de energia, exceto aquela proveniente de usinas hidrelétricas com capacidade instalada superior a 30 MW e usinas termelétricas com eficiência energética inferior a 75%. Nesse caso, a energia pode ser comercializada diretamente com a empresa de distribuição ou no mercado regulado, de acordo com a Resolução Normativa nº 167/2005. Com o objetivo de incentivar o desenvolvimento da geração distribuída de pequeno e médio porte no país, foi estabelecida a Resolução Normativa nº 482/2012, posteriormente modificada pela Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL, que define os conceitos de micro e minigeração distribuída.

A microgeração distribuída é caracterizada por uma central geradora com potência instalada de até 75 kW, e a minigeração distribuída é aquela com potência acima de 75 kW a 5 MW (sendo 3 MW para fonte hídrica), conectadas à rede de distribuição por meio de unidades consumidoras. Com a introdução dessa regulamentação, impulsionada principalmente pela transição energética, os consumidores têm se tornado mais proativos na forma como administram sua energia e podem ser chamados de prossumidores (ANEEL, 2022)

De acordo com a EPE (2014), a geração distribuída consiste na produção de eletricidade próxima ao consumidor final, com o objetivo de suprir suas próprias necessidades energéticas,

podendo ou não vender o excedente de energia para a distribuidora local. Os "prossumidores" podem gerar eletricidade a partir de fontes renováveis (eólica, solar, biomassa e hidráulica) ou cogeração qualificada. Caso haja comercialização do excedente de energia, devem cumprir as restrições de potência instalada de acordo com as regras vigentes.

No Brasil, quando há excedente de energia gerada por esses tipos de usinas, em determinado mês, o consumidor acumula créditos que podem ser utilizados para reduzir a fatura dos meses seguintes, com prazo de uso de 60 meses. É importante mencionar que atualmente ambos os tipos de geração distribuída, eólica, solar, biomassa e hidráulica, são operados pelo sistema de compensação de energia (*net metering*), no qual não há venda direta da energia produzida pela unidade distribuída, mas sim uma compensação do consumo. Isso dispensa a necessidade de assinar contratos de uso e conexão com a rede (EPE, 2014).

Dessa forma, a Empresa de Pesquisa Energética (2014) diz que para implementar a Geração Distribuída (GD), é fundamental que os consumidores tenham um medidor eletrônico bidirecional instalado pela concessionária regulada local. Além disso, é necessário o uso de inversores que convertam a corrente contínua (CC) produzida pelos painéis fotovoltaicos em corrente alternada (CA) para operação em paralelo com a rede distribuidora de energia. Isso permite medir tanto o fluxo de energia fornecida pela distribuidora ao consumidor quanto o fluxo de energia que o consumidor fornece à rede elétrica, registrando esses valores de forma independente e aumentando a confiabilidade do serviço. Nesse contexto, os incentivos à GD podem proporcionar uma interação aprimorada do consumidor com a sua geração de energia, promovendo inovações que se combinam com benefícios financeiros, regulatórios, socioambientais e de autossustentabilidade. Para as empresas, esses incentivos podem adiar a necessidade de investimentos em linhas de transmissão e distribuição devido à expansão da demanda. No entanto, a integração ampla dessa forma de geração no sistema requer investimentos tecnológicos para controle e monitoramento, além de manutenção periódica da rede.

Estudos recentes, como o relatório de Prospecção Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro (CGEE, 2017), apresentam cenários de difusão da GD até 2050. Acredita-se que até 2025, os impactos técnicos na rede de distribuição serão moderados devido à baixa presença da GD nesse período. O relatório ainda descreve que serão necessárias ações de monitoramento, pequenas correções na rede elétrica e estratégias de controle local para lidar com a GD.

A partir de 2030, com o aumento expressivo da GD, as correções na rede serão mais frequentes, tornando indispensável o uso de tecnologias digitais. Em relação às distorções

harmônicas que a GD pode introduzir no sistema de distribuição, quando a penetração da GD é baixa, é suficiente monitorar o impacto na rede elétrica, pois os inversores possuem requisitos operacionais para detectar defeitos internos na instalação e oferecem proteção contra sobretensão e sobrecorrente, ajustando o comportamento dinâmico da geração de acordo com as necessidades específicas da rede elétrica (EPE, 2012)

2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA

Em 1839, o físico Edmond Becquerel descreveu pela primeira vez o efeito fotovoltaico, onde relatou as propriedades do selênio, que produzia uma corrente elétrica quando exposto à radiação. Adams e Day (1877), cita que para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz, utilizaram as propriedades fotocondutoras do selênio.

A geração de energia solar fotovoltaica no Brasil pode ser feita de forma centralizada e distribuída. Essas formas de geração foram descritas a seguir.

2.2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA CENTRALIZADA

A estação de energia fotovoltaica corresponde a um sistema fotovoltaico de grande porte e pode ser conhecida como usina solar ou parque solar. Essa estação é projetada para gerar e fornecer energia fotovoltaica na rede elétrica, sendo esse sistema conhecido como geração de energia centralizada (Figura 1). Pela Figura 1, Observe que os raios solares incidem nos módulos solares, gerando uma corrente elétrica que será transportada para os inversores. Após receberem a energia, os inversores os distribuem para as concessionárias, que, por sua vez, encaminham a energia para as residências. As usinas solares, em sua maioria, são montadas em solos, porém podem ser montadas em represas e lagos, sendo assim usinas solares flutuantes. As usinas instaladas em solos podem ter inclinação variáveis ou fixas tendo um custo maior para a instalação e manutenção, mas proporcionando um melhor desempenho (PEREIRA, 2019). Blaszczak (2017) acreditava que para se fornecer um melhor perfil de produção de energia, usa-se, geralmente, estruturas de módulos solares com inclinação fixa.

Figura 1: Esquema de uma Usina Solar Fotovoltaica Centralizada

Fonte: PORTAL SOLAR (2023)

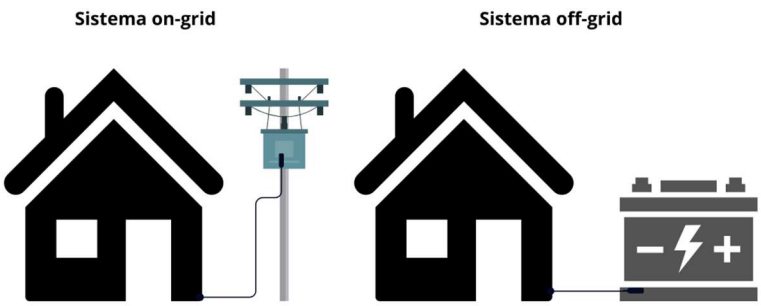
Segundo Cruz (2015) e Strangueto (2016), há outras inovações sendo implementadas para a geração de energia centralizada, como por exemplo a energia híbrida que é quando a usina fotovoltaica é instalada próximas a outras usinas podendo ser usina hídrica, usina eólica ou usinas termelétricas que é uma fonte não renovável.

2.2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA

Segunda a IEA (Agência Internacional de Energia), a definição de geração distribuída é dada como a produção de energia localizada em proximidade à unidade de consumo, independentemente de sua escala ou fonte geradora (IEA, 2002). Essas fontes podem incluir células fósseis, energia eólica ou energia fotovoltaica.

Há dois tipos de operações relacionadas à geração distribuída: *on-grid* e *off-grid*, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Modelos de sistemas de geração distribuída de energia solar fotovoltaica *On-grid* e *Off-grid*



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de gettyimages (2018)

De acordo com informações do Portal Solar (2018), o sistema *on-grid* é aquele sistema gerador de energia que se conecta à rede de distribuição de energia e que permite que o consumidor economize até 95% nas contas de energia elétrica. Além disso, os créditos obtidos com a geração de energia podem ser utilizados por outras unidades consumidoras, desde que estejam cadastradas com o mesmo CPF do titular e façam parte da mesma companhia ou cooperativa de energia.

"Um sistema fotovoltaico isolado *(off-grid)* é aquele que não está em contato com a rede elétrica da concessionária. Um sistema isolado pode ser feito numa cidade sem problema algum. O "isolado" do nome diz respeito também ao afastamento da rede elétrica." (BLUE-SOL, 2008, p. 81). Ou seja, o excesso de energia gerada pelo sistema fotovoltaico é armazenado em baterias ao invés de ser enviado à rede.

2.3 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é um termo utilizado de maneira ampla e pode ser descrita em termos de fluxo de potência, quando especificamente chamada de irradiância solar, ou em termos de energia por unidade de área, denominada irradiação solar (TAVARES, 2014). No atual trabalho utilizou-se a irradiação solar da cidade de Piau-MG, onde se encontra a usina solar do estudo, para mostrar a capacidade da geração de energia

Segundo Tavares (2014), radiação solar refere-se à energia que incide em uma determinada superfície por unidade de área, tratada através da integração da irradiância ao longo de um intervalo de tempo, normalmente uma hora ou um dia. É a quantidade de energia solar recebida por uma superfície durante um determinado período de tempo e pode ser medida em Wh ou kWh por metro quadrado (Wh/m² ou kWh/m²). Como a energia é expressa como

potência ao longo do tempo, a radiação solar representa a irradiação ao longo de um determinado período. Já a irradiação solar refere-se à potência radiante (radiação solar) incidente por unidade de área em uma determinada superfície. Pode ser entendido como a intensidade da luz solar e é medida em watts por metro quadrado (W/m²). A potência é um valor instantâneo e, portanto, a irradiância representa a intensidade da luz solar em um momento específico. A irradiância varia ao longo do dia, à medida que o sol é encoberto por nuvens ou se desloca no céu. Um outro conceito relevante a ser abordado diz respeito aos inversores fotovoltaicos. A seguir, serão delineadas as propriedades desses inversores, juntamente com sua operação e capacidade.

2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Existem diversas variantes de placas solares, cada uma com especificações para tipos específicos e diferentes capacidades de geração de energia, sendo específicas para diferentes contextos de instalação. Por exemplo, grandes usinas exigem alta eficiência e extensas áreas, ao passo que residências frequentemente buscam gerar uma quantidade substancial de energia em espaços mais limitados. A seleção da opção mais adequada para uma determinada necessidade é geralmente realizada por um técnico especializado, responsável por avaliar todas as condições do local de instalação.

No contexto residencial, as placas solares mais comuns possuem capacidades de 510 Wp, 550 Wp e 545 Wp. Em contrapartida, em grandes usinas, é comum encontrar placas de 585 Wp e 590 Wp. Para ilustrar, uma placa solar fotovoltaica de 510 Wp tem uma produção aproximada de 56 kWh, enquanto painéis solares de 550 Wp geram em torno de 61 kWh e placas de 545 Wp produzem cerca de 60 kWh. Painéis de 585 Wp apresentam uma média de produção de 64 kWh, e, por fim, painéis de 590 Wp geram aproximadamente 65 kWh (PORTAL SOLAR, 2023).

É importante ressaltar que fatores como a área de instalação e a incidência solar, influenciadas pelas condições climáticas regionais, também exercem impacto na eficiência das placas solares. Consequentemente, os resultados variam de acordo com a especificação, tamanho dos painéis e dimensionamento do sistema.

Para o território brasileiro, é verídico que as instalações de painéis solares sejam orientadas com a frente externa para o norte, uma vez que, no hemisfério sul, o sol percorre uma trajetória que se inicia a leste, inclina-se em direção ao norte e se coloca a oeste. Seguindo

essa configuração, é possível garantir uma maior incidência de luz solar, resultando em uma melhoria na eficiência do sistema e na minimização de perdas. Dessa forma, em módulos instalados com a face direcionada para o norte ou nordeste, as perdas de energia solar variam entre 3 e 8%. Por outro lado, módulos instalados com suas faces voltadas para leste e oeste apresentam perdas entre 12 e 20%. (SOLARFY, 2021).

Com base nos módulos fotovoltaicos e sua capacidade de geração de energia, é possível determinar o inversor a ser utilizado, juntamente com sua potência correspondente.

2.5 INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Os inversores são dispositivos eletrônicos que executam a função de converter a energia elétrica de corrente contínua (CC), gerada pelos módulos fotovoltaicos, em energia elétrica de corrente alternada (CA), com a corrente, frequência ou tensão de saída desejada. Nos sistemas de geração distribuída, os inversores fotovoltaicos têm como principal objetivo garantir a segurança do sistema e fornecer energia elétrica à rede de distribuição em CA, seguindo os padrões de qualidade apropriados. Para isso, é essencial que haja o mínimo de perturbação na forma de onda da corrente instalada à rede, buscando-se uma forma senoidal o mais próxima possível (POMILIO, 1998). Em essência, o inversor deve gerar uma corrente ou tensão alternada com frequência, forma e amplitude definidas pelas cargas conectadas à rede de CA. Idealmente, a saída do inversor deve permanecer estável, independentemente das flutuações que ocorrem na tensão (ou corrente) proveniente da fonte de CC (POMILIO, 1998).

2.6 TARIFAS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA

Compete à ANEEL garantir que os consumidores paguem uma tarifa justa pela energia que recebem, ao mesmo tempo em que mantém o equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias, permitindo que estes forneçam o serviço conforme acordado. Para atingir esse objetivo, os custos da distribuidora devem ser considerados no cálculo da tarifa, que engloba três componentes distintos: a energia gerada, o transporte da energia até as unidades consumidoras (transmissão e distribuição) e os encargos setoriais.(ANEEL, 2022)

Além da tarifa, os governos Federal, Estadual e Municipal aplicam tributos específicos na conta de luz, como PIS/COFINS, ICMS e Contribuição para Iluminação Pública (CIP), respectivamente. Vale ressaltar que os encargos setoriais e os tributos não são determinados

pela ANEEL, mas sim estabelecidos por leis. Alguns incidem exclusivamente sobre os custos de distribuição, enquanto outros estão incorporados nos custos de geração e transmissão. Dessa forma, quando uma fatura chega ao consumidor, ela é paga pela aquisição da energia (custos da geradora), pela transmissão (custos da transmissora) e pela distribuição (serviços prestados pela distribuidora), além dos encargos setoriais e tributos. Para efeitos de cálculo tarifário, os custos da distribuidora são categorizados em duas parcelas: Parcela A, que engloba a compra de energia, transmissão e encargos setoriais; e Parcela B, que abrange a distribuição de energia (ANEEL,2022).

Segundo a Cemig (2023), Apenas 22% do montante da tarifa são destinados à Cemig Distribuição, transferência de remuneração de investimentos, cobertura de depreciação e custos operacionais. Os 78% restantes são alocados para encargos setoriais (13%), tributos (28%), aquisição de energia (30%) e encargos de transmissão (7%).

O montante relativo à taxa mínima de energia pode variar, dependendo dos padrões de conexão e do perfil de consumo de uma residência. Tais padrões são estabelecidos pela concessionária no momento da solicitação da ligação elétrica, levando em consideração o consumo elétrico estimado pelo cliente, que pode ser monofásico, bifásico ou trifásico. O custo associado considera a tarifa vigente aplicada pela distribuidora, sendo calculado com base no consumo em quilowatt-hora (kWh). Conforme estipulado pela Resolução Normativa 414 de 2010 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), os valores definidos para cada padrão são os seguintes:

- Monofásico: o consumidor paga uma taxa mínima equivalente a 30 kWh;
- Bifásico: o custo de disponibilidade pago corresponde a 50 kWh;
- Trifásico: a taxa mínima é igual a 100 kWh.

Na figura 3, estão representadas as taxas com suas respectivas bandeiras, antes dos impostos.

No anexo 1, está representada a primeira fatura de energia elétrica, destacando o pagamento mínimo, conforme o padrão bifásico. Já no anexo 2, encontra-se a fatura da segunda residência, que segue o padrão trifásico. Nos anexos também descreve o custo com contribuição com iluminação pública.

Figura 3: Tarifas do grupo B (antes de impostos)

B1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - RESIDENCIAL NORMAL (CONSUMO R$/KWH)	BANDEIRA VERDE - CONSUMO R$/KWH	BANDEIRA AMARELA - CONSUMO R$/KWH	BANDEIRA VERMELHA 1 - CONSUMO R$/KWH	BANDEIRA VERMELHA 2 - CONSUMO R$/KWH
Residencial Normal (Consumo R$/kWh)	0,74906	0,778950	0,814060	0,847010

Fonte: CEMIG (2023)

A Contribuição de Iluminação Pública (Cosip) é aplicada de maneira abrangente em todo o território nacional. A metodologia de imposição é definida pelas respectivas Câmaras Municipais, por meio da legislação municipal, em conformidade com o disposto no art. 149-A da Constituição Federal[1], que preconiza a tarifa desse serviço.

[1] https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc39.htm

3. MÉTODOS PARA CALCULAR A VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA

Com o avanço do mercado de geração distribuída fotovoltaica, é possível comparar o custo da energia produzida por esses sistemas ao preço da energia fornecida pelas distribuidoras no mercado regulado. Essa comparação demonstra a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos, inclusive em escalas menores, como residenciais, onde a eletricidade pode ser gerada para consumo próprio ou para obtenção de créditos resultantes do excedente de geração, que podem ser compensados junto ás concessionárias de energia.

Para avaliar a viabilidade deste investimento, é necessário determinar o custo da eletricidade gerada pelo sistema fotovoltaico, assim como analisar o desempenho financeiro global do projeto, considerando os fluxos de caixa, que incluem despesas e receitas (MITSCHER; RÜTHER, 2012)

3.1 FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

Neste tópico, foi discutido o Fluxo de Caixa Descontado, uma ferramenta que permite calcular o retorno descontado do investimento. O FCD converte todos os valores de investimento para o seu valor presente, levando em consideração uma taxa de juros, que, neste trabalho foi considerada a taxa calculada pelo método do CAPM (Capital Asset Pricing Model).

Segundo Assaf Neto (2020), o método de Fluxo de Caixa Descontado (FCD) destaca-se na avaliação econômica de investimentos devido ao seu rigor técnico e conceitual. Ele expressa o valor econômico ao calcular o valor presente dos fluxos de benefícios econômicos líquidos de caixa esperados no futuro, alinhando-se com o objetivo das finanças corporativas de maximizar o valor da empresa.

A avaliação realizada por meio do método do Fluxo de Caixa Descontado fundamenta-se na teoria de que o valor de um empreendimento é determinado pelos benefícios futuros que ele promoverá, descontados para um valor presente mediante o uso de uma taxa de desconto específica. Essa taxa deve refletir os riscos inerentes aos fluxos estimados. Uma vez que as empresas operam sob o princípio da continuidade, sem um prazo de vida definido, o cálculo do seu valor é baseado na projeção de fluxos infinitos. Portanto, o valor em um determinado momento "t" é a soma dos valores presentes dos fluxos futuros, descontados por uma taxa que representa a taxa de retorno necessária (ENDLER,2004).

Dada essas conceituações, o método do FCD foi escolhido para auxiliar na determinação da viabilidade do projeto em questão, ou seja, é mais vantajoso econômica e financeiramente continuar utilizando a energia gerada pelo sistema de geração de energia elétrica brasileiros e os serviços de distribuição de energia da Cemig ou deve-se implementar de uma usina fotovoltaica.

3.2 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA) E MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO DE UM ATIVO FINANCEIRO (CAPM)

A taxa a partir da qual o investidor considera estar obtendo ganhos financeiros é conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A TMA está associada a um baixo risco, o que significa que qualquer excedente de capital pode ser aplicado, no pior dos casos, na TMA. Uma forma de analisar um investimento é comparar a Taxa Interna de Retorno (TIR) com a TMA do investidor. Se a TIR for maior do que o custo de capital (TMA), o investimento pode ser considerado economicamente viável (CASAROTTO; KOPITTKE, 2010).

Conforme Assaf Neto (2014), a utilização do CAPM nas decisões de investimento implica considerar que, para agregar valor, todo projeto deve prometer um retorno que remunere, no mínimo, a taxa exigida pelo mercado para projetos de risco semelhantes. O retorno desejado de um investimento está relacionado, segundo o modelo de avaliação, ao seu nível de risco, constituindo, assim, sua própria taxa mínima de atratividade (TMA). Uma taxa de retorno mínimo para toda a empresa não leva em consideração os diversos níveis de risco das decisões, não atendendo geralmente às necessidades dos projetos individualmente.

Assim, por meio do CAPM, foi possível determinar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do investimento. A equação 1 corresponde ao cálculo do CAPM, segundo Black (1993)

$$R_i = R_z + (R_m - R_z)\beta_i \tag{1}$$

- Onde:
  - R_i= CAPM;
  - R_z= Retorno de uma carteira com beta zero;
  - R_m = Retorno da carteira de mercado;
  - β=cov(R_i, R_m)/var(R_m) ;

Com base na taxa obtida pelo CAPM, foi calculado o Valor Presente Líquido (VPL), abordado na próxima seção, além de outras ferramentas de análise de investimento.

3.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O método do Valor Presente Líquido (VPL), também conhecido como valor atual, consiste em trazer para o momento presente todas as variações de caixa esperadas, considerando uma taxa determinada. Em outras palavras, trata-se de trazer para o início do fluxo de caixa todos os pagamentos e recebimentos esperados, descontados pela taxa de juros (FONSECA, 2013).

Fonseca (2013) descreve que através do VPL é possível decidir se o projeto deve ser aceito ou não economicamente. Se o VPL for positivo, o projeto é aceito. Por outro lado, se o VPL for negativo, o projeto é rejeitado.

Segundo Lopez e Albino (2005), o cálculo do VPL é dado pela equação 2 abaixo:

$$VPL = \sum_{j=0}^{n} R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^{n} C_j(1+i)^{-j} \quad (2)$$

- Onde:
  - R_j= Valor atual das receitas;
  - C_j= Valor atual dos custos;
  - i = Taxa de juros;
  - j = Período em que as receitas ou os custos ocorrem;
  - n = Vida útil do projeto (anos).

Através da realização de cálculos, é possível determinar o Valor Presente Líquido (VPL), que representa a quantidade líquida de pagamentos e coletas ao longo do período de investimento.

Os escritores Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999) se dedicaram à análise minuciosa do Critério do Valor Presente Líquido Integrado (VPLI), uma ferramenta que se destina a calcular o valor futuro dos fluxos de caixa gerados por um projeto, excluindo o montante inicial de investimento. Este cálculo é realizado com base em uma taxa previamente estimada de reinvestimento. Posteriormente, esse valor futuro é descontado pela Taxa Mínima de Atratividade (TMA), resultando na subtração do valor do investimento inicial. É importante

destacar que o VPLI apresenta semelhanças com o Valor Presente Líquido (VPL), no entanto, diverge ao considerar o reinvestimento a uma taxa distinta da TMA.

Complementando a avaliação do Valor Presente Líquido (VPL), tem-se que a Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma métrica essencial na análise de investimentos, a qual foi abordada na seção seguinte. Enquanto o VPL calcula o valor presente das entradas e saídas de caixa futuras, a TIR representa a taxa de desconto que iguala o investimento inicial ao valor presente dos fluxos de caixa futuros, resultando em um VPL igual a zero.

3.4 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A maioria dos projetos de investimento traz implicitamente pelo menos uma medida de rentabilidade, que pode ser entendida como uma taxa de retorno sobre o capital a ser utilizado, chamada de taxa mínima de atratividade. Dessa forma, é possível comparar diferentes projetos por meio de uma comparação entre a TMA e a taxa de retorno do projeto avaliado.

Os analistas financeiros frequentemente utilizam essa ideia, pois essa taxa de retorno demonstra o quão rentável é um investimento. Segundo Gitman (2010), a TIR é a taxa de desconto que torna o valor presente líquido (VPL) de um investimento igual a zero. Em outras palavras, é a taxa de retorno anual composta que uma empresa obterá se investir em um projeto e receber as entradas de caixa previstas, de forma que o valor presente das entradas seja igual ao investimento inicial.

Para Casarotto e Kopittke (2010), a TIR é o índice de juros que equilibra o valor atual das entradas de caixa com as saídas projetadas. Em termos simples, a TIR representa a taxa anual de retorno que um empreendedor obtém sobre o capital investido no projeto, à medida que o investimento inicial é recuperado gradualmente. Com isso obtém-se a equação 3 abaixo:

$$I_0 - \sum_{i=1}^{n} \frac{FC_i}{[1+TIR]^i} = 0 \qquad (3)$$

- Onde:
  - TIR: Taxa Interna de Retorno (decimal);
  - I_0: Investimento inicial (R$);
  - n: Vida útil do projeto (anos);
  - FC: Fluxo de caixa por período.

Assim, a Taxa Interna de Retorno (TIR) evidencia o rendimento anual com a usina em operação, permitindo que a avaliação se dê de acordo com as expectativas do investidor. Isso

torna possível calcular o Valor Presente Líquido (VPL), que reflete completamente o valor do investimento, indicando as alterações no fluxo de caixa ao longo dos anos até o momento atual.

Uma forma de analisar um investimento é comparar a TIR com a TMA do investidor. Se a TIR for maior do que o custo de capital, o investimento pode ser considerado economicamente viável (CASAROTTO; KOPITTKE, 2010).

Outra abordagem é a utilização da Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM). De acordo com a definição de Weston e Brigham (2000), a TIRM é a taxa de desconto na qual o valor presente do projeto é igual ao valor presente de seu terminal de valor. O valor terminal é definido como a soma dos valores futuros das entradas de caixa, descontados os custos de capital da empresa. A metodologia da TIRM envolve a capitalização, usando a TMA, dos fluxos de caixa gerados pelo investimento até o seu fim. A TIRM é uma taxa que torna o investimento inicial equivalente a esse valor futuro calculado.

Ao contrário da TIR, a TIRM não assume reinvestimentos dos fluxos à própria taxa interna de retorno do projeto. Em vez disso, parte do pressuposto de que os fluxos gerados serão reinvestidos à TMA, semelhante ao método do Valor Presente Líquido (VPL). Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999) apresentam uma Taxa Interna de Retorno Integrada (TIRI), uma abordagem semelhante à TIRM, mas que permite o uso de uma taxa de reinvestimento diferente da taxa mínima de atratividade, semelhante à TIRM.

Além disso, para determinar o período necessário para recuperar o investimento, empregamos a métrica do *payback*, a qual, de maneira sucinta, indica o intervalo de tempo no qual começamos a registrar lucros provenientes do investimento realizado.

3.5 *PAYBACK* DESCONTADO (PBD)

Para uma análise precisa do retorno do investimento, o presente trabalho utilizou o *payback* descontado com uma forma de avaliação do retorno.

Segundo Gitman (2010), os períodos de *payback* são comumente utilizados para analisar propostas de investimento de capital. O *payback* representa o período de tempo necessário para que uma empresa recupere o valor do investimento inicial em um projeto, sendo calculado a partir das entradas de caixa, ou seja, complementar ao VPL e à TIR.

No mais o *payback* representa a duração necessária para que as receitas líquidas igualem o investimento inicial, ou seja, é o período de recuperação de um investimento. O *payback* descontado guarda semelhanças com o *payback* convencional, divergindo no cálculo do tempo

de retorno do capital investido a partir do valor presente dos fluxos de caixa, levando em consideração o custo de capital (FONSECA & BRUNI, 2010).

O projeto é considerado viável economicamente se o PBD for menor que a vida útil do equipamento (HOJI, 2010), então pode-se calcular através da equação 4.

$$PBD = \text{ mínimo } j, tal\ que \sum_{j=1}^{N} \frac{B_j}{(1+i)^j} \geq -FC_0 \quad (4)$$

- Onde:
  - PBD = Payback Descontado;
  - B_J= Benefícios futuros (R$);
  - FC_0= Fluxo de caixa inicial ou investimento inicial (R$);
  - i = Taxa mínima de atratividade (decimal);
  - j = Período de 1 até N, sendo N dado em anos.

Após mencionar o payback, a TIR, o CAPM e o VPL, podemos abordar a discussão sobre o risco e o retorno de um investimento.

3.6 RISCO E RETORNO

A literatura oferece diversas interpretações para os conceitos de risco e retorno de investimento. Uma delas considera o risco como um elemento adverso que, por conseguinte, pode complicar ou até mesmo obstruir a concretização de um planejamento financeiro. Outra definição caracteriza o risco como a chance de não alcançar o retorno previsto em um investimento específico, ou de obter ganhos inferiores às expectativas (ROTELA JUNIOR; PAMPLONA; SALOMON, 2014).

O risco pode ser dividido conceitualmente em duas categorias: sistemático, relacionado a ameaças que podem afetar as empresas de maneira geral e que, portanto, não podem ser mitigadas por meio da diversificação; e não sistemático (ou específico), que impacta uma empresa individual ou até mesmo um conjunto delas. Assim, a diversificação tem a capacidade de mitigar parte do risco não sistemático. Isso permite que os investidores construam uma carteira de ativos que possa gerenciar tanto o risco quanto a possibilidade de retornos inadequados, os quais podem ser compensados por retornos mais altos de outros investimentos (ASSAF NETO; LIMA, 2014).

Assaf Neto (2014) cita que é importante considerar que não se pode esperar retornos substanciais de ativos considerados de baixo risco. O aumento do grau de risco deve

proporcionar maiores retornos ao investidor, como forma de compensação pelo empreendimento mais arriscado. Ao buscar ganhos mais expressivos, o investidor irá assumir um maior nível de risco. A relação entre risco e retorno é, portanto, proporcional, exigindo sempre uma compensação adicional pelo aumento do risco envolvido.

Para aprofundar a compreensão sobre ativos, é imperativo abordar igualmente o tema das carteiras de investimento e suas diversificações, bem como determinar quais ativos serão contemplados neste estudo.

3.7 CARTEIRA DE INVESTIMENTOS

Em uma carteira de investimentos planejada, é imperativo distribuir os recursos financeiros entre diferentes categorias de ativos. Essa estratégia visa mitigar os riscos associados às aplicações e, simultaneamente, potencializar a rentabilidade a médio e longo prazo.

Segundo o Instituto de Educação Financeira (2022) a diversificação de investimentos pode ser realizada tanto dentro de uma única classe de ativos, como exemplificado no caso do Tesouro Direto, que oferece diferentes modalidades:

- Tesouro Selic (curto prazo – adequado para constituição de uma reserva de emergência);
- Tesouro Prefixado (médio prazo – indicado para objetivos como viagens); e
- Tesouro IPCA+ (longo prazo – proteção para complementar a aposentadoria ou aquisição de um imóvel)

Além disso, é possível diversificar investimentos alocando parte dos recursos em renda fixa (por meio de instrumentos como Tesouro, CDB (Certificado de Depósito Bancário), LCA (Letra de Crédito de Agronegócio), entre outros) e parte em renda variável (como ações, fundos de investimentos, criptomoedas, etc.), ajustando a renda variável composição de acordo com o perfil individual do investidor.

Portanto, ao compreendermos as características das diferentes formas de fixação de renda, podemos determinar quais delas utilizaremos para calcular nosso CAPM.

> O modelo tradicional do CAPM é unifatorial, trabalha somente com um fator de risco, e seu aspecto crítico revela-se no retorno da carteira de mercado (R_M). Este portfólio integrante do CAPM é representativo de todos os ativos negociados no mercado, sendo calculado pelas proporções de cada ativo precificados a valor

> de mercado. É uma representação teórica da realidade da economia, supondo considerar todo o mercado. O índice de bolsa de valores é a aproximação tradicional da carteira de mercado; no Brasil é selecionado geralmente o IBOVESPA para exprimir a carteira de mercado. (ASSAF NETO, 2014. p. 193)

Assim, o presente trabalho optou por utilizar a carteira de mercado do Ibovespa para calcular o CAPM.

Segundo a B3 (2023), o Ibovespa representa o principal indicador de desempenho das ações transacionadas na bolsa, abrangendo as empresas mais significativas do mercado de capitais do Brasil. Sua origem remonta a 1968 e, ao longo de cinco décadas, consolidou-se como uma referência global para investidores.

Revisado a cada quatro meses, o índice é derivado de uma carteira teórica de ativos, abarcando ações e unidades de empresas constituídas na B3 que atendem aos critérios estabelecidos em sua metodologia. Essa composição representa aproximadamente 80% tanto do número de transações quanto do volume financeiro do mercado de capitais brasileiro.

A B3 destaca-se como uma das principais empresas de infraestrutura no mercado financeiro global, operando tanto em ambiente de bolsa quanto de balcão. Como uma sociedade de capital aberto, suas ações (B3SA3) são negociadas no Novo Mercado. A empresa é parte integrante de diversos índices, incluindo o Ibovespa. (B3,2023).

Além desses aspectos econômicos-financeiros, há considerações técnicas a serem abordadas, como a seleção do local para a implementação da usina, a orientação sobre a média de irradiação solar, todos essenciais para avaliar o desempenho dos módulos solares, entre outros aspectos a serem considerados nos capítulos subsequentes.

4. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA RESIDENCIAL

Este capítulo aborda a aplicação da metodologia empregada na pesquisa, delineando os elementos essenciais para alcançar o objetivo proposto neste estudo.

4.1 ASPECTOS DA ANÁLISE TÉCNICA PARA A POSSIBILIDADE DA INSTALAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA

O trabalho atual consiste na análise da implementação de uma usina fotovoltaica em uma residência situada na cidade de Piau-MG, na zona da mata mineira. Esta usina fornecerá energia para duas residências, tanto aquela localizada na cidade onde a usina está instalada quanto na cidade de Juiz de Fora - MG.

Através da determinação da localização, foram adquiridas informações geográficas sobre o ponto de estudo, conforme Figura 4, incluindo sua latitude e longitude: -21.503922, -43.31706.

Figura 4: Local da implementação da usina solar

Fonte:Google, Maps (2023)

Dada a localização da residência na qual foi feito o estudo, de acordo com Cresesb (2018), verficou-se os seguintes dados de irradiação para o local determinado (Figura 5).

Figura 5: Irradiação solar diária média [Kwh/m². dia] da cidade de Piau-MG

Latitude: 21,503922° S
Longitude: 43,31706° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Piau	Piau	MG	BRASIL	21,5° S	43,349° O	3,3	5,43	5,86	4,84	4,22	3,58	3,39	3,56	4,34	4,63	4,85	4,65	5,46	4,57	2,48
☑	Piau	Piau	MG	BRASIL	21,5° S	43,249° O	7,1	5,54	5,93	4,92	4,26	3,60	3,41	3,58	4,36	4,66	4,91	4,72	5,55	4,62	2,51
☑	Coronel Pacheco	Coronel Pacheco	MG	BRASIL	21,601° S	43,349° O	11,3	5,52	5,89	4,85	4,21	3,56	3,37	3,57	4,32	4,63	4,86	4,72	5,45	4,58	2,52

Fonte: Cresesb[2] (2018)

De acordo com os dados fornecidos pela figura acima, a região de pesquisa terá uma média de irradiação solar diária de 4,62 Kwh/m² dia.

Para realizar o projeto da potência dos módulos, é necessário levar em consideração diversos fatores, tais como a potência desejada, a taxa de perda e a irradiação do local. Neste contexto, a placa selecionada para o presente projeto possui uma potência de 450W, equivalente a 0,450 kW. A taxa de perda considerada é de 20%, conforme detalhado na seção 2.4, e a irradiação média diária é estabelecida em 4,62 kWh/m².dia, conforme indicado na Figura 5. Como Energia corresponde a potência do módulo solar, multiplicado pela irradiação, multiplicado pelo rendimento. Para o presente trabalho a Energia calculada foi de "0,45x4,62x(1-0,20)". Assim, cada módulo gera 1,66 kwh/dia. Em horizonte de 30 dias (mês) a geração será de 49,8 Kwh/mês. Então, para determinar o número de placas solares que serão implementadas no projeto, é necessário conhecer o consumo mensal de eletricidade das duas residências e calcular a média dos valores obtidos. Para isso, foram registrados os consumos de eletricidade ao longo do ano de 2021, e os resultados estão apresentados na Tabela 1 abaixo. Dessa forma, obteve-se um consumo mensal de 714,5 kWh/mês. Com base nesse valor e na capacidade dos módulos, que é de 49,8 kWh/mês, calculou-se que serão necessários 14,34 módulos, aproximadamente equivalente a 15 módulos. No entanto, como objetiva-se aumentar o consumo de energia elétrica nos próximos anos, em 845,0 kWh/mês, foram incluídos 17 módulos no projeto, garantindo uma capacidade adicional para que a usina gere energia extra, caso seja necessária a compensação de energia.

[2] http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&. Acesso em 2023.

Tabela 1: Consumo mensal de energia elétrica no ano de 2021

Ano 2021	Consumo kwh
Janeiro	720
Fevereiro	650
Março	725
Abril	822
Maio	689
Junho	723
Julho	784
Agosto	682
Setembro	609
Outubro	662
Novembro	720
Dezembro	709
MÉDIA ANUAL	**714,5**

Fonte: Elaboração própria do autor

Assim, ao escolhermos o inversor de 8500W, torna possível a utilização de 17 placas, cada uma com 450W, o que resulta em uma potência total de 7650W. Isso nos permite considerar a possibilidade de aumentar o número de placas e o consumo no futuro, conforme desejado pelo proprietário da residência.

Os demais elementos necessários para a execução da usina não serão examinados, pois não possuem uma relevância significativa para o projeto atual. Contudo, na tabela 2 abaixo, encontra-se a relação dos materiais empregados na instalação da usina fotovoltaica. A nota fiscal de aquisição da usina, excluindo os custos relativos à mão de obra e manutenção, está disponível no anexo 3.

Tabela 2: Materiais utilizados na implementação da usina fotovoltaica

PRODUTOS	UN. MED	QTD
MODULOS (Placas solares)		
MODULOS DAH DHM72L9-450W/BF	UNID	17
INVERSORES		
INVERSOR GOODWE GW8500-MS	UNID	1
SISTEMAS DE PROTEÇÃO		
STRING BOX CLAMPER/SMILAR 2/2	UNID	1
STRING BOX CLAMPER/SMILAR 2/1	UNID	1
ESTRUTURAS		
GRAMPO INTERMEDIARIO 35/40MM	UNID	32
GRAMPO FINAL 35/40MM	UNID	8
FITA ESPUMA ADESIVA EPDM 30X2MM	M	6
PARAFUSO BROCANTE COSTURA P/PERFIL PLANO	UNID	152
CONECTORES		
CONECTOR FÊMEA	UNID	3
CONECTOR MACHO	UNID	3
CABOS		
CABO 6MM PRETO	M	51
CABO 6MM VERMEHO	M	51
PERFIS		
PERFIL PLANO 55 CM SOAE GROUP	UND	38

Fonte: Elaboração do autor.

4.2 ANÁLISE FINANCEIRA

É importante destacar que os dados coletados em 2021, sobre o consumo de energia, são referentes ao período da pandemia, no qual todos os membros das residências estavam em suas casas, realizando atividades laborais e educacionais em ambiente domiciliar. Embora não tenha sido considerada a possibilidade de redução no consumo de energia pós-pandemia, a análise dos anexos 1 e 2 revela uma redução no consumo em comparação ao ano da coleta de dados.

Outro aspecto relevante é a ausência de identificação da tarifa energética para o ano de 2021. Portanto, adotamos a tarifa do ano de estudo, incluída em R$0,95, a qual já incorpora os

impostos, diferentemente da imagem 3 apresentada na seção 2.6, que exibe apenas a tarifa antes dos impostos no valor de R$0,74. Também foi considerada a Contribuição de Iluminação Pública (Cosip) correspondente ao ano do presente trabalho, no valor de R$53,13. Esse valor foi obtido pela soma das duas contribuições apresentadas nos anexos 1 e 2, sendo considerado constante tanto para a tarifa energética quanto para a Cosip ao longo dos meses. Levando em conta o início da implementação em 2022, a Tabela 3 apresenta o valor que seria pago em 2022, caso a usina solar não fosse implementada. A partir dessa tabela, será possível calcular a economia decorrente da implementação da usina solar.

Tabela 3: Gastos com energia elétrica e economia com a implementação da usina solar

MÊS	CONSUMO ANUAL EM KWH	TARIFA	CONTRUBUIÇÃO COM ILUMINAÇÃO PÚPLICA	GATOS MENSAL COM ENERGIA ELETRICA	VALOR MÍNIMO A SER PAGO POR MES COM A IMPLEMENTAÇÃO DA USINA	VALOR QUE DEIXARÁ DE SER PAGO PARA A CONCESSIONARIA DE ENERGIA
Janeiro	720	0,95	53,13	R$ 737,13	R$ 196,00	R$ 541,13
Fevereiro	650	0,95	53,13	R$ 670,63	R$ 196,00	R$ 474,63
Março	725	0,95	53,13	R$ 741,88	R$ 196,00	R$ 545,88
Abril	822	0,95	53,13	R$ 834,03	R$ 196,00	R$ 638,03
Maio	689	0,95	53,13	R$ 707,68	R$ 196,00	R$ 511,68
Junho	723	0,95	53,13	R$ 739,98	R$ 196,00	R$ 543,98
Julho	784	0,95	53,13	R$ 797,93	R$ 196,00	R$ 601,93
Agosto	682	0,95	53,13	R$ 701,03	R$ 196,00	R$ 505,03
Setembro	609	0,95	53,13	R$ 631,68	R$ 196,00	R$ 435,68
Outubro	662	0,95	53,13	R$ 682,03	R$ 196,00	R$ 486,03
Novembro	720	0,95	53,13	R$ 737,13	R$ 196,00	R$ 541,13
Dezembro	709	0,95	53,13	R$ 726,68	R$ 196,00	R$ 530,68

Fonte: Elaboração própria do autor

O cálculo do custo da energia elétrica é feito da seguinte maneira: cada quilowatt-hora (kWh) de energia tem um custo de 0,95. Para obter o valor total, basta multiplicar o consumo mensal de energia pela tarifa definida pela especificação. Em seguida, esse resultado é somado ao valor da COSIP, resultando no montante final da conta de energia.

Então a partir dos dados da tabela 3 podemos analisar que, o gasto médio mensal com energia elétrica foi de R$731,91, caso seja implementado a usina o valor a ser pago para a

concessionária de energia será de somente R$196,00 como mostra os anexos 1 e 2. Com isso temos uma economia mensal média de R$535,91.

A partir desse valor obtido de R$535,91 mensal iremos multiplicar por 12 (meses no ano) e teremos uma economia anual de R$6355,81 que fará parte do nosso fluxo de caixa ao longo dos 20 anos de análise. É importante frisar que não foram considerados os impactos da inflação ao longo dos anos.

A construção da usina fotovoltaica considerando somente os materiais da tabela 2 teve um valor final de R$24.310,70, conforme demonstrado na nota fiscal em anexo 3. Além disso, foram incluídos os custos de mão de obra, manutenção e assistência na instalação, totalizando R$7.358,95. Dessa forma, o investimento total na usina solar atingiu a marca de R$31.669,65 que será o inicial do ano zero no nosso fluxo de caixa.

Então para sabermos qual a TMA do investimento foi calculado o CAPM. O Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM) é amplamente empregado como uma ferramenta fundamental na avaliação de investimentos financeiros, fornecendo uma estrutura teórica para estimar o retorno exigido de um investimento com base em seu risco sistemático. Este estudo foca a metodologia específica usada para calcular o CAPM, destacando a escolha da taxa média anual do Ibovespa, como taxa relacionada ao ativo de risco, a Taxa SELIC, como taxa livre de risco, e o valor de Beta (β) como elementos essenciais nesse processo.

A média anual do Ibovespa, que é um indicador-chave de desempenho médio das ações relacionadas na Bolsa de Valores brasileira, é utilizada como uma medida representativa do retorno do mercado de ações, registrando atualmente um retorno de 14,97%[3]. A Taxa SELIC, sendo a taxa básica de juros no Brasil, é incorporada como um indicador do custo de oportunidade de investimento em investimentos de risco em comparação com investimentos isentos de risco, e encontra-se atualmente em 12,25%[4]. O valor de Beta (β), por sua vez, é considerado uma constante adicional que captura elementos específicos da empresa ou ativos

[3] https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/indice-ibovespa-ibovespa-estatisticas-historicas.htm

[4] https://www.infomoney.com.br/economia/copom-bc-reduz-novamente-a-selic-em-050-p-p-para-1225/

em análise. Para esta análise, utilizou-se o beta de 0,6[5]8, correspondente à energia verde renovável.

Na tabela 4 apresentada, são exibidas as informações obtidas referentes ao índice Ibovespa médio, taxa Selic e coeficiente beta. Além disso, os resultados do Modelo de Avaliação de Ativos Financeiros (CAPM) foram obtidos a partir dessas informações.

Tabela 4: Taxa CAPM

IBOVESPA MÉDIA	14,97%
SELIC	12,25%
BETA	0,6800
CAPM	14,10%

Fonte: Elaboração própria do autor

Após a determinação do nosso CAPM, que é de 14,10%, procedemos à análise do nosso fluxo de caixa, identificando uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 19,5%. Isso nos permite dar continuidade à avaliação, uma vez que o TIR é superior ao CAPM, determinando as previsões do investimento. Na etapa seguinte de nossa análise, verificamos se o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo ou negativo, encontrando um VPL positivo de R$10.185,14.

Agora, avançamos para a próxima fase de análise, que consiste em determinar quando o investimento deve gerar retorno. Para isso, realizamos os cálculos do *payback* simples e do *payback* descontado. O *payback* simples é calculado de maneira direta, sem considerar a descapitalização da taxa do CAPM, ou seja, sem trazer os valores para o presente. Concluímos que, no quinto ano, começaremos a obter retorno do investimento.

No entanto, ao efetuarmos o *payback* descontado, levando em conta a descapitalização do dinheiro ao longo do tempo com a taxa encontrada do CAPM, que seria nosso fluxo de caixa descontado, identificamos um retorno do investimento no décimo ano. Isso representa um período de cinco anos superior ao retorno simples. Essas análises estão na tabela 5 abaixo. Avaliaremos agora uma projeção de reinvestimento em um título do Tesouro IPCA, especificamente o título público Tesouro IPCA + 2045[6], que possui uma taxa de juros de 10,62%. O retorno resultante é de R$390.678,05, conforme indicado na tabela 6 a seguir. Para

[5] https://www.startuphero.com.br/beta-desalavancado-e-endividamento-medio-por-setor-indices-setoriais/

[6] https://www.tesourodireto.com.br/titulos/precos-e-taxas.htm

analisar as perspectivas dessa taxa, é essencial conduzir uma avaliação da Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) e do Valor Presente Líquido Integrado (VPLI).

Tabela 5: Análise do fluxo de caixa e *payback*

ANO	FLUXO DE CAIXA SIMPLES	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	PAYBACK DESCONTADO	PAYBACK SIMPLES
0	-31669,65	-R$ 31.669,65	-R$ 31.669,65	-R$ 31.669,65
1	R$ 6.355,81	R$ 5.570,41	-R$ 26.099,24	-R$ 25.313,84
2	R$ 6.355,81	R$ 4.882,05	-R$ 21.217,19	-R$ 18.958,03
3	R$ 6.355,81	R$ 4.278,77	-R$ 16.938,42	-R$ 12.602,22
4	R$ 6.355,81	R$ 3.750,03	-R$ 13.188,40	-R$ 6.246,41
5	R$ 6.355,81	R$ 3.286,63	-R$ 9.901,77	R$ 109,40
6	R$ 6.355,81	R$ 2.880,49	-R$ 7.021,28	R$ 6.465,21
7	R$ 6.355,81	R$ 2.524,54	-R$ 4.496,74	R$ 12.821,02
8	R$ 6.355,81	R$ 2.212,57	-R$ 2.284,17	R$ 19.176,83
9	R$ 6.355,81	R$ 1.939,16	-R$ 345,01	R$ 25.532,64
10	R$ 6.355,81	R$ 1.699,53	R$ 1.354,53	R$ 31.888,45
11	R$ 6.355,81	R$ 1.489,52	R$ 2.844,04	R$ 38.244,26
12	R$ 6.355,81	R$ 1.305,45	R$ 4.149,50	R$ 44.600,07
13	R$ 6.355,81	R$ 1.144,14	R$ 5.293,63	R$ 50.955,88
14	R$ 6.355,81	R$ 1.002,75	R$ 6.296,38	R$ 57.311,69
15	R$ 6.355,81	R$ 878,84	R$ 7.175,22	R$ 63.667,50
16	R$ 6.355,81	R$ 770,24	R$ 7.945,46	R$ 70.023,31
17	R$ 6.355,81	R$ 675,06	R$ 8.620,52	R$ 76.379,12
18	R$ 6.355,81	R$ 591,64	R$ 9.212,16	R$ 82.734,93
19	R$ 6.355,81	R$ 518,53	R$ 9.730,68	R$ 89.090,74
20	R$ 6.355,81	R$ 454,45	R$ 10.185,14	R$ 95.446,55

Fonte: Elaboração própria do autor

A TIRM fornecerá uma taxa de retorno do reinvestimento, considerando tanto a taxa do CAPM quanto a taxa de reinvestimento, neste caso representada pelo Tesouro IPCA + 2045. Isso resulta em uma TIR de reinvestimento de 13,89%, uma taxa inferior à do CAPM, fornecer assim que não é uma opção viável. Por precaução, calcularemos também o VPLI, o que compara

o valor total do reinvestimento (R$390.678,05) com a taxa do CAPM. O resultado é um VPLI negativo de R$3.735,43, confirmando a inviabilidade do reinvestimento a uma taxa de 10,62%.

Tabela 6: Análise do reinvestimento

ANO	FLUXO DE CAIXA SIMPLES	VALOR FUTURO DO REINVESTIMENTO NO TESOURO IPCA+45 (10,62%)
0	-31669,65	R$ 390.678,05*
1	R$ 6.355,81	R$ 43.252,41
2	R$ 6.355,81	R$ 39.099,99
3	R$ 6.355,81	R$ 35.346,22
4	R$ 6.355,81	R$ 31.952,83
5	R$ 6.355,81	R$ 28.885,22
6	R$ 6.355,81	R$ 26.112,12
7	R$ 6.355,81	R$ 23.605,24
8	R$ 6.355,81	R$ 21.339,03
9	R$ 6.355,81	R$ 19.290,39
10	R$ 6.355,81	R$ 17.438,43
11	R$ 6.355,81	R$ 15.764,27
12	R$ 6.355,81	R$ 14.250,83
13	R$ 6.355,81	R$ 12.882,69
14	R$ 6.355,81	R$ 11.645,89
15	R$ 6.355,81	R$ 10.527,84
16	R$ 6.355,81	R$ 9.517,12
17	R$ 6.355,81	R$ 8.603,43
18	R$ 6.355,81	R$ 7.777,47
19	R$ 6.355,81	R$ 7.030,80
20	R$ 6.355,81	R$ 6.355,81

* valor acumulado.

Fonte: Elaboração própria do autor

Assim, concluímos nossa análise abordando todos os resultados alcançados na área financeira na próxima seção.

5. RESULTADOS

Após realizar uma análise técnica e financeira abrangente, obtivemos os seguintes resultados. No aspecto técnico, determinamos a quantidade ideal de módulos, priorizando o aumento do consumo. O mesmo foi aplicado ao inversor, extrapolando a potência das placas para garantir a eficiência durante o inverno. Concluímos que a quantidade ótima de placas fotovoltaicas é de 17, cada uma com uma potência de 450W, totalizando 7650W (desconsiderando perdas). Quanto ao inversor, optamos por um modelo de 8500W, permitindo a implementação de mais módulos no futuro.

Na esfera financeira, identificamos um gasto anual de R$8.782,8 com a comissão de energia, sem a implementação da usina. Ao incorporar uma usina, o custo anual diminui para R$2.352, considerando um investimento à vista. Dessa forma, obtemos uma economia anual de R$6.430,86, refletida no fluxo de caixa ao longo de 20 anos. Com base nesses dados, calculamos uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 19,30%, comparada com o CAPM de 14,10%, mostrando-se uma opção viável, juntamente com um Valor Presente Líquido (VPL) de R$10185, 14.

Contudo, esta análise indica que, para tornar o investimento realmente vantajoso, o montante anual de R$6430,86 deveria ser aplicado em um investimento com uma taxa de juros igual ou superior ao CAPM, ou seja, à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) . Ao reinvestir esse valor anual no Tesouro IPCA+2045, com uma taxa de 10,62%, obtemos um Valor Presente Líquido Integrado (VPLI) negativo de R$3.735,43 e uma Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) de 13,89%, ambos inferiores à TMA, proporcionando a inviabilidade do investimento em uma taxa livre de risco.

6. CONCLUSÕES

Diante da análise da estratégia financeira para a implantação da usina fotovoltaica e o reinvestimento do fluxo de caixa no Tesouro IPCA + 2045, chegamos à conclusão de que o projeto não se mostra inicialmente viável. No entanto, há uma possibilidade de torná-lo viável caso o investidor opte por reinvestir seus recursos em uma carteira de investimentos capaz de proporcionar uma taxa de retorno superior a 14,10%.

Esta alternativa, no entanto, implica em assumir um nível mais elevado de risco. Cabe ao investidor avaliar sua disposição a enfrentar essa volatilidade em busca de retornos mais significativos. Aqueles que são avessos ao risco tenderão a evitar a opção de uma carteira de alto risco, ou que, portanto, os levarão a não implementar uma usina fotovoltaica em sua residência.

Portanto, a conclusão final é que a decisão de investir em energia solar não se resume apenas à análise da previsão financeira, mas também à tolerância individual ao risco por parte do investidor. Este equilíbrio entre retorno e risco desempenha um papel crucial na determinação do sucesso e da adequação do projeto às metas financeiras e aos objetivos do investidor.

REFERÊNCIAS

ADAMS, W.G. e DAY, R.E. **The action of light on selenium. Proceedings of the Royal Society**, A25, v. 113, 1877.

ANEEL. **Custo da energia que chega aos consumidores**. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/custo-da-energia-que-chega-aos-consumidores. Acesso em novembro de 2023.

ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída**. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida. Acesso em: junho de 2023.

ANEEL. **ANEEL Regulamenta marco legal da Micro e Minigeração Distribuída**. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida. Acesso em novembro de 2023.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

B3. **Índice Bovespa (Ibovespa B3**). Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/ibovespa.htm. Acesso em novembro de 2023.

Black, Fischer. 1972. **Capital market equilibrium with restricted borrowing. Journal of Business** 45 (July): 444–55. 1993. Beta and return. Journal of Portfolio Management 20 (Fall): 8–18

BLASZCZAK, V. **Análise de Eficiência de Painel Fotovoltaico com Sistema Tracker Seguidor Solar**; UFFS. Erechim; 2017 Disponível em: https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1695/1/BLASZCZAK.pdf. Acesso em maio de 2023.

BLUESOL. **OS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. Livro digital de introdução aos sistemas solares. Acesso em julho, 2023

CANAL SOLAR. Disponível em: https://canalsolar.com.br/o-que-e-o-lcoe-e-comoutilizar-nos-projetos-fotovoltaicos/. Acesso em junho de 2023

CGEE**. Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica**: Documento executivo. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017. v.1.
CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 432p. 2010.

CEMIG. **Esclareça as suas dúvidas sobre o reajuste tarifário da CEMIG**. Disponível em: https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/Acesso em novembro de 2023

CRESEB. **Potencial Solar** - SunData v 3.0 - Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&. Acesso em novembro de 2023.

CRUZ, D. T.**Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: propostas para desenvolvimento do setor**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04082015-153708/publico/Dissertacao_Daniel_Cruz.pdf. Acesso em maio de 2023.

EDUCAÇÃO FINANCEIRA. **Tesouro direto**. Disponível em: https://www.tesourodireto.com.br/blog/voce-sabe-o-que-e-diversificacao-de-investimento.htm#:~:text=Em%20uma%20carteira%20de%20investimentos,m%C3%A9dio%20e%20no%20longo%20prazo. Acesso em novembro de 2023.

ENDLER, L. **Avaliação de empresas pelo método de fluxo de caixa descontado e os desvios causados pela utilização de taxas de descontos inadequadas**. Disponível em: file:///C:/Users/Maria%20Marta/Downloads/00220155,+art5.pdf. Acesso em outubro de 2023
.
EPE. **Empresa de Pesquisa Energética.Balanço energético Nacional**. 2017. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf. Acesso em maio de 2023.

EPE. **Eficiência Energética e Geração Distribuída**. Disponível em:https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2026%20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20e%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADda%20para%20os%20pr%C3%B3ximos%2010%20anos%5B1%5D.pdf. Acesso em junho 2023.

Finanças corporativas e valor. Alexandre Assaf Neto. - 8. ed. - São Paulo : Atlas, 2021.

FONSECA, Y. D.; BRUNI, A. L. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. Portal de Desenvolvimento da Bahia < http://www.desenbahia.ba.gov.br/uploads/2308201122384375Artigo_05.pdf > Acesso em: 25 nov. 2023.

GALESNE, A.; FENTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas,1999.

GERRING,John. **The case study; what it is and what it does**. In: Booix, Carlese Stokes, Suzan C. The Oxford Handbook of Comparative Politics. Oxford e Nova York: Oxford University Press, 2007.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira e Orçamentária**. São Paulo: Atlas, 2010.

IEA, 2002. **Distributed generation in liberalized electricity markets.** Disponível em: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=142d5725d8acc90be44db464ddeefa9e2c23fef4#page=26. Acesso em junho de 2023.

EIA, 2017. **International Energy Outlook 2017**. Disponível em: https://www.eia.gov/ outlooks/ieo/ pdf/0484(2017).pdf. Acesso em junho de 2023.

IRENA, 2016. **Renewable Energy and Jobs** - Annual Review 2016. Disponivel em: http://www.irena. org/- /media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_RE_Jobs_Annual_ Review_2016.pdf. Acesso em junho de 2023.

LOPES, M.; ALBINO, A**. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET).** Disponível em: https://www.scielo.br/j/rarv/a/7jJ8FVfdNrBwBq9kSdP4sBg/?format=pdf&lang=pt. Acesso em setembro de 2023.

MAIA, R. S**. Energia Solar: O desenvolvimento de um novo mercado**; Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. 18, 71 p.: il.; 29,7 cm. Disponível em: http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024980.pdf. Acesso em junho de 2023

MITSCHER, M.; RÜTHER, R. **Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil. Energy Policy, Amsterdam**, v. 49, p. 688–694, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.009. Acesso em: junho. 2023.

NASCIMENTO, R. L**. Energia solar no brasil: situação e perspectivas**. Disponível em: file:///C:/Users/Maria%20Marta/Downloads/energia_solar_limp%20(1).pdf. Acesso em junho de 2023.

PEREIRA, N. X. **DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA VS GERAÇÃO CENTRALIZADA**. 2019. Dissertação. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181288/pereira_nx_me_soro.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em maio de 2023.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. **Manual de engenheiro para o sistemas fotovoltaicos**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em agosto de 2023.

PROGD. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica**. Disponível em : https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/document-0-34828637166924636-pdf.7621110649499785. Acesso em junho de 2023

PORTAL SOLAR - Usina solar: o que é, tipos, como funciona, vantagens e desvantagens. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html. Acesso em maio de 2023

PORTAL SOLAR. **Módulo Fotovoltaico**. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/modulo-fotovoltaico. Acesso em novembro de 2023.

POMILIO. J.A. **Eletrônica de potência. Campinas**: UNICVAMP, 1998.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** São Paulo: Atlas,1989.

ROTELA JUNIOR, P.; PAMPLONA, E. O.; SALOMON, F. L. R. **Otimização de portfólios: análise de eficiência**. Revista de Administração de Empresas, v. 54, n. 4, p. 405-413, 2014.

SOLARFY, 2021.**Perda de eficiência de um sistema fotovoltaico: como calcular.** Disponível em: https://solarfy.com.br/blog/perda-de-eficiencia-de-um-sistema-fotovoltaico-como-calcular/. Acesso em novembro de 2023.

STRANGUETO, K. M. **Estimativa do Potencial Brasileiro de Produção de Energia Elétrica através de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Hidroelétricas**.; UNICAMP.; Campinas-SP.; 2016. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/304920/1/Strangueto_KarinaMaretti_D.pdf. Acesso em maio de 2023.

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

.

ANEXO A – CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA BIFÁSICO

CEMIG

DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA
CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / INSC. ESTADUAL 062.322136.0087.
AV. BARBACENA, 1200 - 17° ANDAR - ALA 1 - BAIRRO SANTO AGOSTINHO
CEP: 30190-131 - BELO HORIZONTE - MG.

SEGUNDA VIA

TARIFA SOCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA - TSEE FOI CRIADA PELA LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002

CENTRO
PIAU, MG
CPF 045.2**.***-**

Nº DO CLIENTE	Nº DA INSTALAÇÃO

Referente a	Vencimento	Valor a pagar (R$)
NOV/2023	22/11/2023	70,27

NOTA FISCAL Nº 087451886 - SÉRIE 000
Data de emissão: 06/11/2023
Consulte pela chave de acesso em:
http://www.sped.fazenda.mg.gov.br/spedmg/nf3e
chave de acesso:
31231106981180000116660000874518861050194876
Protocolo de autorização: 1312300096578982
07.11.2023 às 00:54:04

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Datas de Leitura			
			Anterior	Atual	Nº de dias	Próxima
Residencial Bifásico	Residencial	Convencional B1	05/10	06/11	32	05/12

Valores Faturados

Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço Unit	Valor (R$)	PIS/COFINS	Base Calc. ICMS	Aliq. ICMS	ICMS	Tarifa Unit.
Energia Elétrica	kWh	50	0,95274072	47,62					0,74906000
Energia SCEE ISENTA	kWh	161	0,48733000	78,46					0,48733000
Energia compensada GD I	kWh	161	0,48733000	-78,46					0,48733000
Contrib Ilum Publica Municipal				22,65					
TOTAL				**70,27**					

Informações Técnicas

Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	ARL229103930	2.970	3.181	1	211
Energia Injetada	ARL229103930	14.714	15.448	1	734

Informações Gerais

SALDO ATUAL DE GERAÇÃO: 957,55 kWh. Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 3.202, de 23/05/2023. Redução aliquota ICMS conforme Lei Complementar 194/22. Unidade faz parte de sistema de compensação de energia. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros)baseadas no vencimento das mesmas. Leitura realizada conforme calendário de faturamento. É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br. OUT/23 Band. Verde - NOV/23 Band. Verde.

Histórico de Consumo

MÊS/ANO	Cons. kWh	Média kWh/Dia	Dias
NOV/23	211	6,59	32
OUT/23	190	6,12	31
SET/23	162	5,22	31
AGO/23	186	6,20	30
JUL/23	163	5,09	32
JUN/23	141	4,54	31
MAI/23	142	4,73	30
ABR/23	142	4,58	31
MAR/23	164	5,46	30
FEV/23	112	3,86	29
JAN/23	161	5,03	32
DEZ/22	136	4,38	31
NOV/22	112	3,86	29

Reservado ao Fisco
SEM VALOR FISCAL

Base de cálculo (R$)	Alíquota (%)	Valor (R$)

Fale com CEMIG: 116 - CEMIG Torpedo 29810 - Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis.

CEMIG Distribuição S.A.

Código de Débito Automático	Instalação	Vencimento	Total a pagar
008106890539	3000758817	22/11/2023	R$70,27

Novembro/2023
Comprovante de Pagamento

ANEXO B – CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA TRIFÁSICO

CEMIG

DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA
CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / INSC. ESTADUAL 062.322136.0087.
AV. BARBACENA, 1200 - 17° ANDAR - ALA 1 - BAIRRO SANTO AGOSTINHO
CEP: 30190-131 - BELO HORIZONTE - MG.

SEGUNDA VIA

TARIFA SOCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA - TSEE FOI CRIADA PELA LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002

BOM PASTOR
_____JUIZ DE FORA, MG
CPF 045.2**.***-**

Nº DO CLIENTE	Nº DA INSTALAÇÃO

Referente a	Vencimento	Valor a pagar (R$)
OUT/2023	11/11/2023	125,72

NOTA FISCAL Nº 078795437 - SÉRIE 000
Data de emissão: 09/10/2023
Consulte pela chave de acesso em:
http://www.sped.fazenda.mg.gov.br/spedmg/nf3e
chave de acesso:
31231006981180000116660000787954371069726428
Protocolo de autorização: 1312300087262903
10.10.2023 às 05:04:30

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Datas de Leitura			
			Anterior	Atual	Nº de dias	Próxima
Residencial Trifásico	Residencial	Convencional B1	04/09	05/10	31	06/11

Valores Faturados

Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço Unit	Valor (R$)	PIS/COFINS	Base Calc. ICMS	Aliq. ICMS	ICMS	Tarifa Unit.
Energia Elétrica	kWh	100	0,95254203	95,24					0,74906000
Energia SCEE ISENTA	kWh	175	0,48733000	85,28					0,48733000
Energia compensada GD I	kWh	175	0,48733000	-85,28					0,48733000
Contrib Ilum Publica Municipal				30,48					
TOTAL				**125,72**					

Informações Técnicas

Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	ARC123032826	33.571	33.846	1	275

Informações Gerais

SALDO ATUAL DE GERAÇÃO: 5.380,10 kWh. Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 3.202, de 23/05/2023. Redução aliquota ICMS conforme Lei Complementar 194/22. Unidade faz parte de sistema de compensação de energia. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros)baseadas no vencimento das mesmas. Leitura realizada conforme calendário de faturamento. É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local. SET/23 Band. Verde - OUT/23 Band. Verde.

Histórico de Consumo

MÊS/ANO	Cons. kWh	Média kWh/Dia	Dias
OUT/23	275	8,87	31
SET/23	242	7,80	31
AGO/23	192	6,40	30
JUL/23	221	6,90	32
JUN/23	233	7,51	31
MAI/23	252	8,40	30
ABR/23	399	12,87	31
MAR/23	366	12,20	30
FEV/23	270	9,31	29
JAN/23	273	8,53	32
DEZ/22	270	8,70	31
NOV/22	224	7,72	29
OUT/22	226	7,06	32

Reservado ao Fisco
SEM VALOR FISCAL

Base de cálculo (R$)	Alíquota (%)	Valor (R$)

Fale com CEMIG: 116 - CEMIG Torpedo 29810 - Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis.

Código de Débito Automático	Instalação	Vencimento	Total a pagar
008107536933	3011604538	11/11/2023	R$125,72

CEMIG Distribuição S.A.

Outubro/2023
Comprovante de Pagamento

ANEXO C – NOTA FISCAL DA USINA FOTOVOLTAICA

[redacted] MIAU - MG

DATA DO RECEBIMENTO | IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBEDOR

NF-e
Nº 39711
Série 1

[redacted]

ROD BR 163, KM 284 Nº 0 - AREA INDUSTRIAL
MARECHAL CANDIDO RONDON - PR
CEP 85960000
FONE (45)2032-0090
ADMINISTRATIVO@HELTE.COM.BR

DANFE
Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica
0 - ENTRADA
1 - SAÍDA
1
Nº 39711
Série 1
Folha 1/18

Chave de Acesso
4122 0131 0885 6900 0184 5500 1000 0397 1114 9210 7200

Consulta de autenticidade no portal da NF-e
www.nfe.fazenda.gov.br/portal ou no site da SEFAZ Autenticadora

NATUREZA DA OPERAÇÃO: VENDA DE PRODUÇÃO DO ESTABELECIMENTO
Protocolo de Autorização de uso: 141220004121096 07/01/2022 10:43:30

INSCRIÇÃO ESTADUAL: 9078781634
INSCRIÇÃO ESTADUAL DO SUBSTITUTO TRIBUTÁRIO:
CNPJ: 31.088.569/0001-84

DESTINATÁRIO / REMETENTE

NOME / RAZÃO SOCIAL: [redacted]
CNPJ / CPF: [redacted]
DATA DA EMISSÃO: 07/01/2022
ENDEREÇO: [redacted]
BAIRRO / DISTRITO: CENTRO
CEP: 3615[redacted]
DATA DA SAÍDA: 07/01/2022
MUNICÍPIO: PIAU
UF: MG
TELEFONE / FAX: (32)98811-0885
INSCRIÇÃO ESTADUAL:
HORA DA SAÍDA: 10:42:34

CÁLCULO DO IMPOSTO

BASE DE CÁLCULO DO ICMS	VALOR DO ICMS	BASE DE CÁLCULO DO ICMS DO SUBSTITUIÇÃO	VALOR DO ICMS SUBSTITUIÇÃO	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS
0,00	0,00	0,00	0,00	24.310,70

VALOR FRETE	VALOR SEGURO	DESCONTO	OUTRAS DESPESAS ACESSÓRIAS	VALOR DO IPI	VALOR TOTAL DA NOTA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**24.310,70**

TRANSPORTADOR / VOLUMES TRANSPORTADOS

NOME / RAZÃO SOCIAL: LINE LTDA
MODALIDADE DO FRETE: Por Conta do Remetente
CÓDIGO ANTT:
PLACA DO VEÍCULO:
UF:
CNPJ / CPF: 36.492.518/0001-37
ENDEREÇO: RODOVIA BR 163
MUNICÍPIO: MARECHAL CANDIDO RONDON
UF: PR
INSCRIÇÃO ESTADUAL: 9090609316
QUANTIDADE: 8
ESPÉCIE:
MARCA:
NUMERAÇÃO:
PESO BRUTO (KG): 453,81
PESO LÍQUIDO (KG): 453,81

DADOS DOS PRODUTOS / SERVIÇOS

CÓDIGO PRODUTO	DESCRIÇÃO DO PRODUTO / SERVIÇO	NCM/SH	CST	CFOP	UNID.	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR DESCONTO	VALOR TOTAL	BASE DE CÁLC. ICMS	VALOR ICMS	VALOR IPI	ALÍQUOTA % ICMS	ALÍQUOTA % IPI
2461	GERADOR FOTOVOLTAICO SUPERIOR A 750 W E INFERIOR A 75 KW POTENCIA 7,650 KWP NUMERO DE SERIE - 1121D329157G - xPed: 329157, nItemPed: 1	85013220	040	6101	UNID	1,00	24.310,70	0,00	24.310,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ADICIONAIS

DADOS ADICIONAIS
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES
[redacted]

RESERVADO AO FISCO

DATA DA IMPRESSÃO: 11/01/2022 09:57:38

Desenvolvido por [illegible]

ANEXO D – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, audiovisual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 18 de dezembro de 2023.

Maria Marta Luiz Vieira — 201849041
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A) — Matrícula

Maria Marta Luiz Vieira — 111 165 226 08
ASSINATURA — CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.