



25 a 28
setembro
2024
Campus Central UEPG
Ponta Grossa | PR

Explorando as Interseções das Inteligências
Artificiais na Sociedade Atual

Realização:



Apoio:



COMTURPG
COMITÊ MUNICIPAL DE TURISMO DE PONTA GROSSA



ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA- UM ESTUDO DE CASO

INVESTMENT ANALYSIS IN SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY - A CASE STUDY

ÁREA TEMÁTICA: FINANÇAS

Roberto Costa Moraes, IFSP, Brasil, robertocosta@ifsp.edu.br

Maycon Ferreira da Silva, IFSP, Brasil, maycon.ferreira@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo realizar uma análise da viabilidade financeira de um investimento em energia solar fotovoltaico realizado na empresa localizada na cidade de Rio Verde – Go, em outubro de 2021. O trabalho desenvolvido partiu da seguinte pergunta: Quais os retornos financeiros de um sistema de energia solar fotovoltaico? Tratou-se de um estudo de caso, de natureza aplicada, descritivo, com abordagem essencialmente qualitativa com recortes quantitativos e com coleta de dados primários. A análise e o tratamento dos dados foram conduzidos utilizando ferramentas matemáticas financeiras mais comumente utilizadas, sendo elas: *payback* simples e descontado, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Índice de lucratividade (IL). Os resultados apontaram que o investimento se mostrou efetivo, por estimar uma Taxa Mínima de Atratividade de 7,75%, o retorno do investimento inicial de R\$ 97.425,24 a partir do décimo ano, um VPL superior ao capital investido, a TIR maior que a taxa mínima requerida pela empresa e um IL acima do mínimo aceitável para projetos.

Palavras-chave: Energia Solar; Análise Econômico-financeiro; Investimento; Retornos Financeiros.

Abstract

This research aimed to carry out an analysis of the financial viability of an investment in photovoltaic solar energy carried out in the company located in the city of Rio Verde – Go, in October 2021. The work developed started from the following question: What are the financial returns of a system of photovoltaic solar energy? It was a case study, of an applied, descriptive nature, with an essentially qualitative approach with quantitative sections and primary data collection. Data analysis and processing were conducted using the most commonly used financial mathematical tools, namely: simple and discounted payback, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Profitability Index (IL). The results showed that the investment proved to be effective, as it estimated a Minimum Attractive Rate of 7.75%, a return on the initial investment of R\$ 97,425.24 from the tenth year onwards, an NPV higher than the invested capital, a higher IRR than the minimum rate required by the company and an IL above the minimum acceptable for projects.

Keywords: Solar energy; Economic-financial analysis; Investment; Financial Returns.

Introdução

A energia elétrica tem um destaque importante na qualidade de vida das pessoas e no desenvolvimento de um país. Com o uso da energia elétrica pode-se iluminar locais, criar conforto térmico, produzir insumos, produtos, serviços etc. A principal fonte de produção de energia no Brasil é proveniente das hidrelétricas, setor que vem sofrendo nos últimos anos com as grandes crises de escassez hídrica e os altos custos de produção.

Diante disso, a diversificação da matriz energética brasileira é um dos grandes desafios do país. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética EPE (2022), a matriz energética é uma representação dos conjuntos de fontes que produzem energia elétrica em um determinado território. A geração de energia por meio de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, vem sendo um protagonista para mudar a matriz energética nacional, com aumento entre os anos de 2020 e 2021 de 70%.

A produção de energia por meio de painéis fotovoltaicos gera energia de maneira sustentável, limpa, que não produz ruídos e gases que aumentam o efeito estufa (EPE, 2022). O sol é uma fonte de energia inesgotável, que faz com que o Brasil tenha um grande potencial de produção através desta fonte.

O grande destaque dessa modalidade de produção de energia no país, pode ser atribuído a Resolução da Agência Nacional Energia Elétrica ANEEL N° 482/2012, que permitiu que os próprios consumidores gerassem sua energia e que o excedente produzido poderia ser distribuído pela rede elétrica local, diminuindo assim os custos com energia elétrica (RUIZ et al., 2021). Além disso, o custo de produção de energia solar por painéis fotovoltaicos caiu significativamente. No período de 2012 a 2019 o custo médio dos módulos fotovoltaicos diminuiu 72%, saindo de US\$0,89 para US\$0,25 por Wp (RUIZ et al., 2021 apud ETENE BNB, 2022).

Nesse contexto foi formulado o seguinte problema da pesquisa : Quais os retornos financeiros de um sistema de energia solar fotovoltaico? Para responder à pergunta desta investigação, fixou-se como objetivo geral realizar uma análise econômico-financeira de um investimento em energia solar fotovoltaica.

Esta pesquisa teve como objetivos específicos analisar o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Mínima de Atratividade (TMA), custo de capital (CAPM), *payback* simples e descontado ,utilizando-se dos fluxos de caixas gerados pelo referido projeto.

A fim de atingir os objetivos estabelecidos, a metodologia empregada neste trabalho delinea-se em uma pesquisa de natureza aplicada com caráter descritivo, mediante a uma metodologia qualitativa com recortes quantitativos no que se referia à coleta e análise de dados. Os procedimentos adotados referiam-se a um estudo de caso, com coleta de dados por meio análise de documentos relevantes. O estudo possuía relevância na área de gestão, por oferecer uma análise acerca de orientar tomadas de decisões baseadas em racionalização de investimentos, redução de custos a longo prazo e contribuir para objetivos de sustentabilidade.

Neste artigo tem-se a introdução, na sequência o referencial teórico, procedimentos metodológicos , apresentação dos resultados e as considerações finais.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Aumentar a disponibilidade de energia elétrica é um fator estratégico importante para o desenvolvimento de um país. Conforme o Plano Nacional de Energia, o PNE 2050 (2022), a

expansão do sistema de transmissão de eletricidade pode possibilitar que os agentes de mercado tenham acesso livre à rede, permitindo um ambiente favorável para a competição na geração e comercialização de energia na matriz elétrica brasileira.

De acordo com Oliveira e Haikal, 2020 essa expansão traz segurança e aumento na flexibilidade operacional da rede, assim como garante limites adequados na interligação entre os micromercados de energia, minimizando restrições de escoamento entre eles, ocasionando na melhor alocação de geração de energia elétrica por todo o Brasil.

Um dos grandes desafios dessa expansão é gerar energia de forma sustentável, com menor agressão possível ao meio ambiente e com planejamento a longo prazo. Conforme Zilles et al. (2012), empregar tecnologias limpas e sustentáveis, garantem o aumento da oferta de energia com menor agressão ao meio ambiente, diminuindo a dependência por meio de recursos energéticos não renováveis como a energia nuclear, provenientes de derivados de petróleo, carvão e outros derivados.

A energia produzida por sistemas de geração fotovoltaica é uma energia limpa e sustentável, de acordo com Zilles et al. (2012) e Pereira et al. (2017) a produção de energia através de sistemas fotovoltaicos não emite poluentes, ruídos, é uma fonte natural, gera energia de uma forma limpa e com uma fonte inesgotável, o sol.

A conversão da energia contida na radiação luminosa em energia elétrica é um fenômeno chamado de efeito fotoelétrico, evidenciado pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1939 (RUIZ, et al., 2021). O efeito fotoelétrico acontece em alguns semicondutores com capacidade de absorver a energia contida nos fótons presentes na radiação luminosa, convertendo-a em eletricidade. A energia absorvida quebra as ligações químicas presentes em sua estrutura, liberando cargas elétricas que realizam o trabalho (ZILLES et al., 2012).

Os primeiros sistemas de produção de energia por meio de sistemas fotovoltaicos foram utilizados em aplicações espaciais e ,posteriormente, para consumo terrestre, possibilitando abastecer locais isolados da rede convencional de distribuição e energia elétrica.

Porém, a partir da década de 90 os sistemas fotovoltaicos ligados à rede começam a crescer (RUIZ, et al., 2021). Essa ligação de sistemas de produção de energia ligada a rede elétrica é chamada de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), também conhecidos como sistemas *ON GRID* (ZILLES, 2012; ROSA; GASPARG, 2016). A figura 1 apresenta um exemplo de um sistema SFCR.

Figura 1 - Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede



Fonte: Jornal do Síndico (2022)

A energia produzida próximo ao local de consumo via fontes renováveis é chamada de Geração Distribuída (GD) (ZILLES, 2012; ROSA; GASPAR, 2016; RUIZ, et al., 2021). Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica a ANEEL (2022), o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras”.

Existem três principais modalidades de produção de energia através do aproveitamento da energia solar através de sistemas fotovoltaicos: geração centralizada, geração isolada e a geração distribuída (RUIZ, et al., 2021).

Na geração centralizada, grandes usinas concentram a produção de energia em larga escala e essa energia é transmitida para os consumidores, gerando lucro para essas empresas (ZILLES, 2012; ROSA; GASPAR, 2016; RUIZ et al., 2021).

A geração isolada ou sistema isolado, o sistema trabalha em conjunto com baterias (*OFF GRID*), que um modelo que permite armazenar a energia elétrica, dispensando outra forma de energia quando os painéis não estão produzindo (ZILLES, 2012; ROSA; GASPAR, 2016; RUIZ, et al., 2021). Segundo Zilles (2012), esse os sistemas *OFF GRID* são comumente utilizados em locais onde não há disponibilidade de redes elétricas locais.

Por fim, o sistema de geração distribuída (*ON GRID*) demonstrado na figura 1, a energia gerada e o excedente de energia são transformados em créditos que podem ser utilizados em até 60 meses. Vale ressaltar que, no sistema *ON GRID* o consumidor deverá arcar com as taxas de disponibilidade que variam de acordo com as tarifas das concessionárias locais ANEEL (2022).

A geração de energia elétrica por meio de sistemas geradores fotovoltaicos apresenta diversos benefícios:

- Energia renovável, com uma fonte de energia inesgotável ;
- A instalação pode ser realizada nas próprias residências ou comércio, reduzindo em até 95% o valor da conta de energia;
- O Brasil apresenta excelentes condições de incidência solar;
- Estimativa de vida útil dos painéis solares convencionais de até 25 anos;
- Contribui para a diminuição da emissão de gases poluentes;
- Alta durabilidade e segurança;
- Diversas linhas de créditos específicas para investimento em energia solar com taxas de juros atrativas;
- Fácil instalação e necessita de pouca manutenção;
- Evita a emissão de gases poluentes no decorrer de seu uso;
- Possibilita a instalação do equipamento em locais onde não a rede de distribuição elétrica;
- Não gera ruídos;
- Valorização do imóvel;
- Diversificação da matriz energética nacional.

O investimento é percebido como o fluxo de caixa que modifica o estoque de capital, chamado de ativo nos balanços financeiros (DIAS, 2014). A decisão de investimento circunda todo o processo de avaliação, e seleção das alternativas de aplicação de recursos na espera de se obter benefícios econômicos no futuro (DAMORAN, 2005).

A decisão de investimento deve-se preocupar principalmente com a escolha das melhores estruturas de financiamento da empresa, de maneira a conservar sua capacidade de pagamento e dispor de custos reduzidos em relação ao retorno que se espera de suas aplicações (ASSAF NETO, 2016).

Para, Ruiz et al. (2021), a análise de investimento envolve avaliação, tanto qualitativa quanto quantitativa, da alocação de recursos financeiros em projetos produtivos, considerando a relação entre os níveis de risco e retorno.

Já para Maroni (2023) a avaliação de investimentos é descrita como um conjunto de ferramentas derivadas da Matemática Financeira e da Engenharias Econômica, possibilitando a tomada de decisão acerca das opções de alocação de recursos.

Dentre as ferramentas disponíveis estão, a análise de Fluxo de Caixa, os Custos de capital, os Períodos de *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Índice de Lucratividade (IL). Essas ferramentas serão discutidas a seguir.

As Demonstrações de Fluxos de Caixa, sintetizam as entradas e saídas de caixa durante um período e podem ser classificadas em três grupos grandes grupos de atividades, detectados em função de sua natureza: atividades operacionais, atividades de Investimento e atividades de financiamento (DIAS,2014; ASSAF NETO 2016);

O Fluxo de Caixa antecipa a geração de receitas provenientes do investimento. Seu propósito é apresentar de forma clara tanto as entradas quanto as saídas de recursos financeiros de um projeto, viabilizando a análise da atratividade do investimento.

Para DIAS (2014) os fluxos de caixa de investimentos compreendem as entradas e saídas referente à compra e venda de ativos imobilizados e as participações societárias em outras empresas. As transações de compra ocasionam as saídas e as transações de venda ocasionam as entradas. Os fluxos de caixa das atividades financeiras compreendem as operações de financiamento com capitais de terceiros e capital próprio (GITMAN; ZUTTER, 2017).

A demonstração de fluxos de caixa de um período, que deseja ser analisado, usa dados da demonstração de resultados do período, em conjunto com o balanço patrimonial do início e do fim do período (GITMAN; ZUTTER, 2017). Este modelo de aferição sugere, que os fluxos de dados a considerar contenham apenas a estrutura eminente operacional dos fluxos de caixa. Portanto, deve ser ignorado os fluxos financeiros provenientes das amortizações dos empréstimos e financiamentos e os respectivos encargos de juros (ASSAF NETO 2016).

Assim obtém-se o fluxo de caixa operacional, que é aquele que a empresa gera em suas operações normais, a produção e venda de seus bens ou serviços. O fluxo de caixa operacional pode ser dado a partir da fórmula a seguir:

$$\Delta FCO = \Delta LL + \Delta DND + [(1 - IR) * (\Delta DF)]$$

Onde:

ΔFCO = Fluxo de Caixa Operacional Incremental;

ΔLL = Lucro Líquido Incremental;

ΔDND = Despesas não Desembolsáveis Incrementais (depreciação, amortização e exaustão);

IR = Imposto de Renda (alíquota) calculado sobre o lucro líquido incremental;

ΔDF = despesas incrementais consideradas no cálculo do ΔLL .

A partir do Fluxo de Caixa Operacional podemos calcular o Fluxo de Caixa Livre, que é aquele que retrata o caixa disponível para os investidores, fornecedores de capital de terceiros e/ou de capital próprio, após a empresa ter atendido todas as necessidades operacionais e realizado o pagamento de investimentos em ativo imobilizado líquido e em ativo circulante líquido. O fluxo de caixa livre pode ser dado a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta FCL = \Delta FCO - IAIL - IACL$$

Onde:

$\Delta FCL = \text{Fluxo de caixa livre incremental};$

$IAIL = \text{Investimento em Ativo Imobilizado Líquido};$

$IACL = \text{Investimento em Ativo Circulante Líquido}.$

Para a avaliação de um investimento utiliza-se os Fluxos de Caixa Descontado, que segundo DIAS (2014), representa uma abordagem convencional para avaliação de projetos, no qual se calcula o valor previsto dos fluxos de caixa futuros, aplica-se uma taxa de desconto adaptada ao nível de risco do projeto para trazer esses fluxos de caixa previstos ao seu valor presente.

A partir desses fluxos de caixas descontados é possível gerar indicadores, tais como tempo de retorno (*payback*), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). Assim será viável fazer uma estimativa dos lucros que os investimentos podem gerar e determinar se esses lucros estão alinhados com as políticas de rentabilidade da empresa, ou seja, verificar se eles atendem os requisitos de remuneração exigidos pelos investidores em relação aos custos de capital. Assunto esse, que será estudado na próxima seção deste trabalho.

2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise econômica deste estudo foi dividida em duas partes. A primeira parte era referente à estruturação dos fluxos de caixa livre. E a segunda parte, analisou os indicadores econômicos *payback* simples e descontado, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Índice de Lucratividade.

De acordo com Ruiz et al. (2021), para a análise econômico-financeira de um projeto é essencial utilizar-se do modelo econômico-financeiro, uma vez que envolve a avaliação do fluxo de caixa do empreendimento, seus desempenhos e indicadores financeiros. Os fluxos de caixa possibilitaram a avaliação dos retornos que o projeto pode gerar até sua conclusão.

A fim de, calcular os fluxos de caixa anual do projeto, considerou-se os valores de produção do mês e multiplicou-se pelo valor cobrado pela concessionária de energia elétrica. Realizou-se essa operação nos períodos que compreendem os meses de outubro de 2021 a agosto de 2023, determinou-se que esse é o valor economizado por mês.

Posteriormente, calculou-se a média ponderada dos valores economizados dos períodos de novembro de 2021 a agosto de 2023, dando um peso 20% maior para os períodos da primavera e verão. Enfim, para o cálculo do ganho anual com energia elétrica produzida, multiplicou-se a média ponderada por 12.

O uso da média ponderada se justifica, pois conforme já relatado neste trabalho, o clima e o tempo interferem diretamente na produção de energia. Diante disso, para os meses do intervalo de outubro a março utilizou-se peso 1,2. A tabela 1 demonstra os valores calculados para a determinação do valor com ganho com energia produzida anualmente e o gráfico 1 demonstra a evolução dos totais economizados no período analisado.

Tabela 1: Cálculos de economia outubro 2021- agosto 2023

Mês/ano	Tarifa CELG	kWh mês produzido	Peso	Total
ago/23	R\$ 0,84	1812	1,00	R\$ 1.514,77
jul/23	R\$ 0,84	2644	1,00	R\$ 2.208,00
jun/23	R\$ 0,82	2386	1,00	R\$ 1.967,46
mai/23	R\$ 0,86	2598	1,00	R\$ 2.244,78
abr/23	R\$ 0,86	2728	1,00	R\$ 2.347,83
mar/23	R\$ 0,87	3044	1,20	R\$ 2.635,71
fev/23	R\$ 0,83	2792	1,20	R\$ 2.323,47
jan/23	R\$ 0,83	3243	1,20	R\$ 2.701,00

dez/22	R\$ 0,83	3242	1,20	R\$ 2.700,16
nov/22	R\$ 0,85	3138	1,20	R\$ 2.681,48
out/22	R\$ 0,80	3319	1,20	R\$ 2.669,39
set/22	R\$ 0,81	2997	1,00	R\$ 2.419,41
ago/22	R\$ 0,81	3227	1,00	R\$ 2.602,61
jul/22	R\$ 0,80	2990	1,00	R\$ 2.381,83
jun/22	R\$ 0,95	2445	1,00	R\$ 2.331,10
mai/22	R\$ 0,93	3051	1,00	R\$ 2.850,43
abr/22	R\$ 1,06	3581	1,00	R\$ 3.807,72
mar/22	R\$ 1,18	3864	1,20	R\$ 4.561,91
fev/22	R\$ 1,14	3443	1,20	R\$ 3.918,11
jan/22	R\$ 1,12	3821	1,20	R\$ 4.281,17
dez/21	R\$ 1,12	3774	1,20	R\$ 4.224,35
nov/21	R\$ 1,15	3234	1,20	R\$ 3.703,78
out/21	R\$ 1,00	1532	1,20	R\$ 1.539,54
Média		3122		R\$ 2809,39
Média Ponderada				R\$ 2.907,30
Economia anual de energia				R\$ 34.887,57
TOTAL		68906		R\$ 64.616,02

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Gráfico 1: Ganhos com energia gerada - outubro de 2021 a agosto de 2023



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os ganhos com energia elétrica estão diretamente relacionados com a quantidade de energia produzida e com o valor da tarifa cobrada pela CELG SA. Como é possível verificar através da tabela 1 e do gráfico 1, é notável uma queda nos montantes economizados mensalmente a partir de março de 2022.

Esta queda decorreu em razão da diminuição da tarifa cobrada pela concessionária CELG SA a partir de abril de 2022. A queda está relacionada com a alteração na bandeira tarifária, de acordo com Governo Federal (2022), foi anunciado no dia 06 de abril de 2022 pelo então Presidente da República, Jair Bolsonaro que, a partir do dia 16 de abril daquele ano, a bandeira tarifária seria a verde, gerando expectativa de uma redução de 20% na conta e energia para os meses seguintes.

Ainda conforme a tabela 1, a média ponderada dos ganhos com energia elétrica é R\$ 2.907,30 e os ganhos anuais são de R\$ 34.887,47. Esses dados foram utilizados para o cálculo do Fluxo de caixa livre.

Para os cálculos do fluxo de caixa livre, iniciou-se com os ganhos anuais de R\$ 34.887,47 e subtraiu-se o custo anual referente ao financiamento, manutenção e depreciação. Isso resultou no ganho líquido tributável.

Em seguida, aplicou-se uma alíquota de 27,5% sobre o ganho tributável para obter o ganho líquido após impostos. Posteriormente, somou-se a depreciação ao ganho líquido após impostos, obtendo-se assim o Fluxo de caixa livre.

Além disso, para calcular o valor residual, dividiu-se o fluxo de caixa do ano 25, pela taxa mínima de atratividade, para obter-se a perpetuidade do projeto (valor residual).

Por fim, o valor residual foi somado ao fluxo de caixa do ano 25. Esse valor representa a quantia disponível para a empresa descontar todos os custos e impostos, para ser utilizado ou reinvestir em suas operações. A mecânica dos cálculos dos fluxos de caixa consta no quadro 1.

Quadro 1: Mecânica dos cálculos de fluxo de caixa

Ganho com produção de energia
(-) Financiamento das placas
(-) Manutenção
(-) Depreciação
(=) Ganho Líquido Tributável
(-) Imposto de renda
(=) Ganho Líquido
(+) Depreciação
(+/-) INVEST. DESINVEST.
(=) Fluxo de caixa livre

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Assim, na tabela 2 a seguir estão os fluxos de caixa livre projetados de forma resumida.

Tabela 2: Fluxo de Caixa Resumido

Ano	Ganhos anuais (R\$)	Custos (R\$)	(=) FCL (R\$)	Ano	Ganhos anuais (R\$)	Custos (R\$)	(=) FCL (R\$)
0			-97.425,24	13	34.887,47	10.464,05	24.423,42
1	34.887,47	30.863,36	4.024,11	14	34.887,47	10.464,05	24.423,42
2	34.887,47	29.193,93	5.693,54	15	34.887,47	10.464,05	24.423,42
3	34.887,47	28.263,71	6.623,76	16	34.887,47	10.464,05	24.423,42
4	34.887,47	27.218,65	7.668,82	17	34.887,47	10.464,05	24.423,42
5	34.887,47	26.095,63	8.791,84	18	34.887,47	10.464,05	24.423,42
6	34.887,47	7.784,86	27.102,61	19	34.887,47	10.464,05	24.423,42
7	34.887,47	7.784,86	27.102,61	20	34.887,47	10.464,05	24.423,42
8	34.887,47	7.784,86	27.102,61	21	34.887,47	10.464,05	24.423,42

9	34.887,47	7.784,86	27.102,61	22	34.887,47	10.464,05	24.423,42
10	34.887,47	7.784,86	27.102,61	23	34.887,47	10.464,05	24.423,42
11	34.887,47	10.464,05	24.423,42	24	34.887,47	10.464,05	24.423,42
12	34.887,47	10.464,05	24.423,42	25	34.887,47	10.464,05	339.564,26

TOTAL FCL: R\$ 752.381,96

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O custo associado ao financiamento no ano 0 totalizou R\$ 97.424,24. Além disso, foi perceptível que os primeiros 5 anos do projeto apresentaram custos mais elevados, devido aos pagamentos do financiamento do projeto. Durante esse período inicial, não houve ocorrência de imposto de renda, uma vez que o lucro tributável foi negativo. A depreciação proporcionava uma economia de imposto ao longo dos 10 anos iniciais do projeto. Por fim, a soma dos fluxos de caixa totalizou um montante de R\$ 752.381,96 para o projeto.

No gráfico 2, pode-se observar o fluxo de caixa e como ocorre seu desenvolvimento ao longo do tempo, considerando-se o período de 25 anos.

Gráfico 2: Fluxo de caixa livre



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

4.4.2 Análise de indicadores

A partir dos dados dos fluxos de caixa projetados foi possível derivar indicadores que facilitaram a verificação do desempenho do projeto, assim como, a avaliação econômico-financeira dele.

Com os valores de fluxo de caixa livre e aplicando uma Taxa Mínima de Atratividade de 7,75%, definida a partir da taxa Selic no ano de implementação do projeto, utilizou-se das técnicas de *payback* simples e descontado, Valor Presente líquido (VPL), Taxa Mínima de atratividade (TIR) o Índice de Lucratividade a (IL), para determinar os ganhos, o tempo de retorno e a lucratividade do projeto. Os cálculos deste trabalho foram realizados no Excel e na calculadora HP 12C.

A fim de estimar o tempo de retorno do projeto foi calculado o *payback* simples e o *payback* descontado. A tabela 3 demonstra os resultados do tempo de retorno do projeto.

Tabela 3: *Payback* Simples e *Payback* Descontado

Ano	FCL anual	<i>Payback</i> simples	FCL ajustado	<i>Payback</i> descontado
0	-R\$ 97.425,24		-R\$ 97.425,24	
1	R\$ 4.024,11	-R\$ 93.401,13	R\$ 3.734,67	-R\$ 93.690,57
2	R\$ 5.693,54	-R\$ 87.707,59	R\$ 4.903,97	-R\$ 88.786,60
3	R\$ 6.623,76	-R\$ 81.083,83	R\$ 5.294,84	-R\$ 83.491,76
4	R\$ 7.668,82	-R\$ 73.415,01	R\$ 5.689,31	-R\$ 77.802,45
5	R\$ 8.791,84	-R\$ 64.623,17	R\$ 6.053,32	-R\$ 71.749,13
6	R\$ 27.102,61	-R\$ 37.520,56	R\$ 17.318,39	-R\$ 54.430,75
7	R\$ 27.102,61	-R\$ 10.417,95	R\$ 16.072,77	-R\$ 38.357,97
8	R\$ 27.102,61	R\$ 16.684,66	R\$ 14.916,70	-R\$ 23.441,27
9	R\$ 27.102,61	R\$ 43.787,27	R\$ 13.843,81	-R\$ 9.597,46
10	R\$ 27.102,61	R\$ 70.889,88	R\$ 12.848,05	R\$ 3.250,60
11	R\$ 24.423,42	R\$ 95.313,30	R\$ 10.745,25	R\$ 13.995,84
12	R\$ 24.423,42	R\$ 119.736,71	R\$ 9.972,39	R\$ 23.968,23
13	R\$ 24.423,42	R\$ 144.160,13	R\$ 9.255,12	R\$ 33.223,35
14	R\$ 24.423,42	R\$ 168.583,54	R\$ 8.589,43	R\$ 41.812,78
15	R\$ 24.423,42	R\$ 193.006,96	R\$ 7.971,63	R\$ 49.784,41
16	R\$ 24.423,42	R\$ 217.430,37	R\$ 7.398,27	R\$ 57.182,68
17	R\$ 24.423,42	R\$ 241.853,79	R\$ 6.866,14	R\$ 64.048,82
18	R\$ 24.423,42	R\$ 266.277,21	R\$ 6.372,29	R\$ 70.421,11
19	R\$ 24.423,42	R\$ 290.700,62	R\$ 5.913,96	R\$ 76.335,06
20	R\$ 24.423,42	R\$ 315.124,04	R\$ 5.488,59	R\$ 81.823,66
21	R\$ 24.423,42	R\$ 339.547,45	R\$ 5.093,82	R\$ 86.917,48
22	R\$ 24.423,42	R\$ 363.970,87	R\$ 4.727,44	R\$ 91.644,92
23	R\$ 24.423,42	R\$ 388.394,28	R\$ 4.387,42	R\$ 96.032,34
24	R\$ 24.423,42	R\$ 412.817,70	R\$ 4.071,85	R\$ 100.104,19
25	R\$ 339.564,26	R\$ 752.381,96	R\$ 52.539,99	R\$ 152.644,18
		Ano	Meses	Dias
	<i>Payback</i> Simples	8	4	19
	<i>Payback</i> Descontado	10	8	29

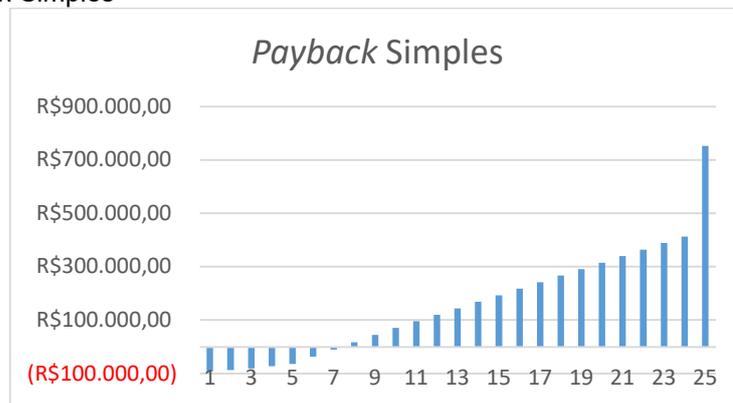
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A tabela 3 evidencia que, para os períodos de *payback* simples, são necessários 8 anos, 4 meses e 29 dias para recuperar o investimento inicial de R\$ 97.425,24. Nesse caso, já para o final do oitavo ano há um retorno de R\$ 6.266,71 e para o período total do projeto estima-se um retorno de R\$ 752.381,96.

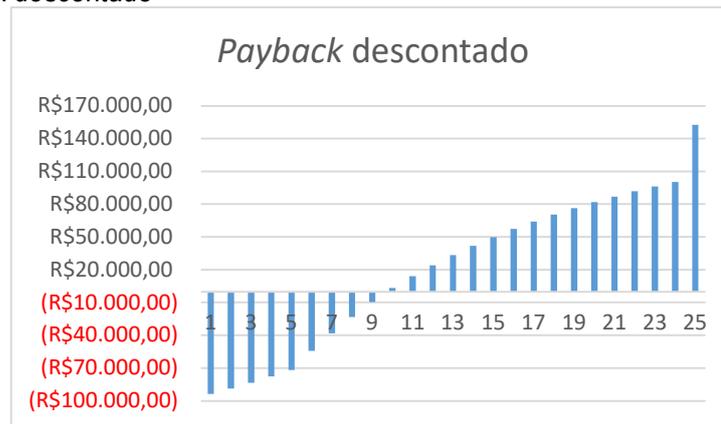
A tabela 3 também demonstra que, quando se considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, calcula-se o *payback* descontado, são necessários 10 anos, 8 meses e 29 dias para recuperar o mesmo valor inicial do projeto.

Diante disso, no décimo ano há um retorno de R\$ 3250,60 no final do décimo ano e um retorno para o período analisado de R\$ 152.644,18.

O gráfico 3 ilustra os períodos de *payback* simples e o gráfico 4 ilustra os períodos de *payback* descontados ao longo do período de 25 anos.

Gráfico 3: Payback Simples

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Gráfico 4: Payback descontado

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com o intuito de estimar os lucros e a lucratividade foram calculados o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Valor e o Índice de lucratividade. Foi possível verificar os resultados a partir da tabela 4.

Tabela 4: VPL, TIR e IL

VPL EXCEL	R\$ 141.665,12	VPL HP 12C	R\$ 152.644,18
TIR EXCEL	16,43%	TIR HP 12C	16,43%
IL EXCEL	2,45	IL HP 12C	2,47

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Conforme tabela 4, o retorno do projeto apurado trazendo a Valor Presente Líquido calculado no Excel foi de R\$ 141.665,12 e na calculadora HP 12C foi de R\$ 152.644,18. Já na Taxa Interna de Retorno, o valor calculado foi de 16,43% no Excel e o valor se repetiu na calculadora HP 12C. Por fim, o Índice de Lucratividade aferida foi de 2,45 no Excel e 2,47 na calculadora HP 12C.

É importante ressaltar que um VPL positivo sinaliza uma viabilidade financeira do projeto e o índice de lucratividade maior que 1,0 (um) também indica que o projeto é viável. A taxa interna de retorno (TIR) precisa ser maior que a taxa mínima de atratividade (TMA), o que ocorreu no presente avaliação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo realizar a análise econômico-financeira de um investimento de energia solar fotovoltaica instalado em uma empresa de usinagem, situada na

cidade de Rio Verde – GO, através de indicadores econômicos de viabilidade como *Payback*, VPL, TIR e Índice de Lucratividade.

A pesquisa foi motivada pela relevância de tomar decisões baseadas na racionalização de investimentos, na redução de despesas a longo prazo e na promoção de metas de sustentabilidade. Além disso, por se tratar de um empreendimento já em andamento, foi possível verificar diferenças entre o que foi projetado e o realmente se concretizou nos primeiros anos.

Ao analisar as projeções de fluxos de caixa, ficou evidente que o investimento se mostrou efetivo por se estimar que o tempo de retorno do Sistema Solar Fotovoltaico a partir do décimo ano. Isso significa que o investimento resultará em fluxos de caixa positivos apenas em aproximadamente 40% da vida útil estimada do bem.

Porém, ao analisar a demanda de energia da empresa, pode-se verificar que a demanda da empresa por energia é maior e/ou passou a ser maior do que o dimensionamento do projeto. Isso implica que os fluxos de caixa incrementais poderiam ser maiores, o que poderia trazer indicadores de desempenho ainda melhores.

Outro indicador que favoreceu o desempenho do projeto foi o Valor Presente Líquido. Este apresentou no vigésimo quinto ano um retorno no valor de R\$ 141.665,12 no cálculo pelo Excel e de R\$ 152.644,18 no cálculo pela calculadora HP 12C. Isso quer dizer que a totalidade dos fluxos de caixa após trazer a valor presente líquido, superou consideravelmente o investimento inicial.

Outro aspecto importante deste estudo, foi a Taxa Interna de Retorno que apresentou um resultado de 16,46%, esse valor é nitidamente maior que o valor da Taxa Mínima de Atratividade. Além disso, a análise projetou um Índice de lucratividade de 2,45 no cálculo com Excel e 2,47 na HP 12C, esse valor é notoriamente maior que o mínimo para aceitação de projetos (1,0).

Por fim, a análise permitiu verificar que o clima, o tempo e valor da energia cobrada, tem grande influência no desempenho geral do projeto.

Diante das apurações apresentadas na análise econômico-financeira deste trabalho, pode-se afirmar que está sendo vantajoso para a empresa analisada a instalação do Sistema Solar Fotovoltaico em sua sede. Além disso, esse projeto abrange um aspecto social e ambiental importante, ele entrega resultados operacionais importantes de maneira sustentável.

Cabe ressaltar que a presente análise não considerou o fator risco, devido às incertezas decorrentes de aspectos econômicos, sociais, ambientais e mercadológicos.

Como sugestão para pesquisas futuras seria interessante, realizar uma análise do impacto da Lei 14.300 irá trazer a novos projetos e na readequação de projetos em andamento. Isso permitirá verificar se esta lei causará impactos significativos nos empreendimentos de sistemas solar fotovoltaico.

Ademais, outra sugestão para pesquisas futuras seria realizar uma comparação com outros estudos de análise econômico-financeiro em energia solar fotovoltaica, a fim de, comparar os indicadores de VPL, TIR e IL. Assim seria possível ter uma estimativa sobre o desempenho médio desses indicadores em sistemas de energia solar fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Valores das bandeiras tarifárias são atualizados para o período 2022-2023**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/valores-das-bandeiras-tarifarias-sao-atualizados-para-o-periodo-2022-2023>>. Acesso em: 18 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Geração Distribuída**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. gov.br. **Brasil ultrapassa marca de 10 GW em micro e minigeração distribuída**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/brasil-ultrapassa-marca-de-10-gw-em-micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. ANEEL regulamenta marco legal da Micro e Minigeração Distribuída. **Gov.br**, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2010.

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Atlas, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA - ABRACEEL. **Conta de luz sobe mais que o dobro da inflação no mercado cativo**, 2022. Disponível em: <<https://abraceel.com.br/blog/2022/01/conta-de-luz-sobe-mais-que-o-dobro-da-inflacao-no-mercado-cativo/>>. Acesso em: 18 out. 2022.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Taxas de juros básicas - Histórico. **gov.br**, 2023. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 13 set. 2023.

BRASIL. Lei 14.300, de 6 DE JANEIRO DE 2022. 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), Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm>.

COZBY, P. C. **Métodos de Pesquisa em Ciência do Comportamento**. São Paulo: ATLAS, 2003.

DAMORAN, A. **Finanças Corporativas**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

DIAS, M. A. G. **Análise de Investimentos com Opções Reais Teoria e Prática com Aplicação em Petróleo e Outros Setores**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

E-INVESTIDOR. “Taxação do sol” em vigor: ainda vale a pena instalar painéis solares? **Estadão**, 2023. Disponível em: <<https://einvestidor.estadao.com.br/educacao-financeira/energia-solar-taxacao-vale-a-pena/>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**, 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 14 out. 2022.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como Elaborar projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. **Princípios da Administração Financeira**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2017. 821 p.

HAIR, J. F. et al. **Fundamentos de Pesquisa de Marketing**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

JORNAL DO SÍNDICO. **Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede**, 2022. Disponível em: <jornaldosindicobsb.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede>. Acesso em: 20 out. 2022.

KRIPKA, R. M. L.; SCHELER, M.; BONOTTO, D. D. L. **Pesquisa Documental: considerações sobre conceitos e características na pesquisa qualitativa**. Investigação Qualitativa em educação. Aracajú: [s.n.]. 2015.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

OLIVEIRA, A.; HAIKAL, M. A. L. **O sol vai voltar amanhã**: um espectro de análises sobre a energia fotovoltaica. Rio de Janeiro: Lexikon, 2020.

PEREIRA, Ê. B. et al. **Atlas de Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017.

ROSA, A. R. O. D.; GASPAR, F. P. Panorama da Energia Fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Dezembro 2016.

RS USINAGEM. Quem somos. **RS Usinagem**, 2023. Disponível em: <<http://www.rsusinagem.com.br/5-page-quem-somos-rs-usinagem-rio-verde-go>>. Acesso em: 08 set. 2023.

RUIZ, E. T. N. F. et al. **Análise de Investimento em Projetos de Energia Solar Fotovoltaica**. 2. ed. Campinas: Alínea, 2021.

SHAUGHNESSY, J. J.; ZECHMEISTER, E. B.; ZECHMEISTER, J. S. **Metodologia da Pesquisa em Psicologia**. São Paulo: McGraw, 2012.

SILVA, B. L. F. et al. Dimensionamento e Viabilidade de um Sistema Fotovoltaico: Um estudo de caso na UFRA/Parauapebas. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. XXI, 2021.

TOMASQUIN, M. T. **Energia Renovável - Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: Empresa de Energia Elétrica - EPE, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZILLES, ET AL. SISTEMAS FOTOVOLTA