REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO EM UMA MICROEMPRESA DO RAMO DE REFRIGERAÇÃO

ECONOMIC-FINANCIAL FEASIBILITY ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC GENERATION: A CASE STUDY IN A SMALL ICE CREAM BUSINESS

ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICO-FINANCIERA DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA: ESTUDIO DE CASO EM UNA MICROEMPRESA DEL RAMO DE LA REFRIGERACIÓN

Marcus Vinicius Dias Mendes[1]

e747622
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7622

PUBLICADO: 04/2026

RESUMO

O Brasil apresenta elevado potencial para geração de energia solar fotovoltaica, consolidando-se como alternativa estratégica frente a fontes de alto custo e impacto ambiental. Considerando a relevância das microempresas na economia nacional, este trabalho analisa a viabilidade econômico-financeira da implementação de um sistema de energia solar em uma sorveteria de pequeno porte, localizada no Rio de Janeiro-RJ. A metodologia caracteriza-se como uma pesquisa aplicada e exploratória, utilizando o procedimento de estudo de caso com abordagem quantitativa. Foram coletados dados reais de consumo e orçamentos de instalação para o cálculo de indicadores de investimento. Os resultados revelaram que o projeto é economicamente viável, apresentando indicadores positivos como VPL de R$ 193.044,50, TIR de 31,53% a.a e um *payback* estimado em 3,64 anos. Conclui-se que a adoção da tecnologia fotovoltaica, além de reduzir custos operacionais fixos, promove o empreendedorismo sustentável e a competitividade no setor de serviços em regiões de alta incidência solar.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar Fotovoltaica. Viabilidade Econômica. Microempresas. Sustentabilidade. Estudo de Caso.

ABSTRACT

Brazil presents a high potential for photovoltaic solar energy generation, establishing itself as a strategic alternative to high-cost and high-environmental impact energy sources. Considering the relevance of micro-enterprises in the national economy, this study analyzes the economic-financial viability of implementing a solar energy system in a small-scale ice cream shop located in Rio de Janeiro, RJ. The methodology is characterized as applied and exploratory research, utilizing a case study procedure with a quantitative approach. Real consumption data and installation quotes were collected to calculate investment indicators. The results revealed that the project is economically viable, presenting positive indicators such as a Net Present Value (NPV) of R$ 193,044.50, an Internal Rate of Return (IRR) of 31.53% p.a., and an estimated payback of 3.64 years. It is concluded that the adoption of photovoltaic technology not only reduces fixed operational costs but also promotes sustainable entrepreneurship and competitiveness in the service sector in regions with high solar incidence.

KEYWORDS: *Photovoltaic Solar Energy. Economic Viability. Micro-enterprises. Sustainability. Case Study.*

[1] Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RESUMEN
Brasil presenta un alto potencial para la generación de energía solar fotovoltaica, consolidándose como una alternativa estratégica frente a fuentes de energía de alto costo e impacto ambiental. Considerando la relevancia de las microempresas en la economía nacional, este trabajo analiza la viabilidad económico-financiera de la implementación de un sistema de energía solar en una heladería de pequeña escala, ubicada en Río de Janeiro, RJ. La metodología se caracteriza como una investigación aplicada y exploratoria, utilizando el procedimiento de estudio de caso con un enfoque cuantitativo. Se recolectaron datos reales de consumo y presupuestos de instalación para el cálculo de indicadores de inversión. Los resultados revelaron que el proyecto es económicamente viable, presentando indicadores positivos como un VPL de R$ 193.044,50, una TIR del 31,53% a.a. y un payback estimado de 3,64 años. Se concluye que la adopción de tecnología fotovoltaica, además de reducir los costos operativos fijos, promueve el emprendimiento sostenible y la competitividad en el sector de servicios en regiones de alta incidencia solar.

PALABRAS CLAVE*: Energía Solar Fotovoltaica. Viabilidad Económica. Microempresas. Sostenibilidad. Estudio de Caso.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o custo da energia hidrelétrica no Brasil tem crescido desproporcionalmente. De acordo com a Associação Brasileira de Comercializadores de Energia (ABRACEEL, 2022), no período de 2015 a 2021, a tarifa de energia elétrica residencial subiu acima da inflação, enquanto o Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA) variou em média 6,7% anualmente, a tarifa de energia elétrica variou em média 16,3% por ano, gerando uma variação na comparação entre os índices como visto na figura 1. O cálculo do IPCA é composto pela variação de preços em diversos setores, incluindo o setor de energia.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2026c), a energia hidrelétrica ainda é responsável por 42,4% da produção da matriz elétrica brasileira, porém devido ao seu atual alto custo final e seus impactos ambientais, tem crescido a busca por alternativas energéticas.

A matriz hidrelétrica, embora classificada como renovável por sua dependência do recurso hídrico, apresenta implicações socioambientais significativas. Guitarrara (2023) lista como principais desvantagens da energia hidrelétrica a remoção de comunidades tradicionais de suas terras, o desmatamento de amplas superfícies, a transformação dos ecossistemas e da biodiversidade local. Ainda, segundo Guitarrara (2023) existem aproximadamente 62.500 usinas hidrelétricas no mundo.

Embora a ascensão da energia solar no Brasil seja consolidada por dados da ABSOLAR (2026b) — que a posiciona como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional, com 24,5% de participação — subsiste uma lacuna de análise técnica voltada especificamente para o segmento de microempresas (ME). O setor de sorvetes, por exemplo, é extremamente sensível ao custo da energia devido à necessidade de armazenamento ininterrupto, mas muitas dessas dez mil

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

empresas (ABIS, 2022) carecem de estudos de viabilidade que validem o retorno real do investimento frente a fluxos de caixa enxutos. O problema de pesquisa, portanto, reside na necessidade de mensurar se o elevado aporte inicial em sistemas fotovoltaicos é compensado pela redução de custos operacionais no curto e médio prazo dentro da realidade financeira de uma microempresa do setor de serviços.

O setor de sorvetes é composto, em sua maioria, por microempresas. As microempresas são uma parcela relevante da economia brasileira e, de acordo com o SEBRAE (2022), são aproximadamente 9 milhões e geram 27% do PIB brasileiro.

A palavra sustentabilidade tem ao longo dos anos ganhado um grande destaque no cenário nacional e internacional, devido à eclosão de grandes problemas ambientais no planeta Terra (Iaquinto, 2018). Sobre o significado do termo sustentabilidade, podemos definir que sustentabilidade é o processo que tem por finalidade atingir o desenvolvimento sustentável (Sartori; Latrônico; Campos, 2012, *apud* Iaquinto, 2018, p. 161).

Para o avanço no desenvolvimento sustentável, diversos autores concordam que somente a conscientização dos seres humanos é capaz de produzir melhorias no assunto. Segundo Carvalho (2019, p. 780), “A sociedade se encontra em evolução e precisa ter uma consciência em relação às questões ambientais, como também questões que movem a sociedade, como por exemplo, o uso de recursos naturais e o reflexo na ocasião do desenvolvimento econômico”. Portanto, a sustentabilidade se mostra como uma alternativa para a amenização da destruição ambiental e recuperação do meio ambiente, bem como uma nova forma de conscientização das pessoas com relação ao modo que devem agir (Iaquinto, 2018, p. 158).

A justificativa do trabalho foi a retomada da pauta ambiental no contexto nacional, ampliada pelo debate em torno da economia verde que trata de um modelo de economia que considere bem-estar da humanidade e igualdade social, mas que reduza os riscos ambientais e a escassez ecológica. Nesse contexto mais geral, o setor de sorvete se insere como uma atividade econômica que poderia utilizar fonte de energia limpa e sustentável. A escolha específica da empresa se deu pela proximidade que possibilitou o acesso aos dados para o estudo de viabilidade do investimento.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo geral analisar a viabilidade econômica da implementação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em uma microempresa do setor de sorveteria. Para alcançar tal propósito, realizou-se inicialmente a cotação do investimento necessário junto a fornecedores do mercado atual, servindo de base para a projeção do fluxo de caixa, incluindo as variantes descontada e acumulada. A análise técnica prosseguiu com a aplicação de indicadores de rentabilidade e risco, especificamente o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*, culminando na mensuração

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

do Retorno sobre o Investimento (ROI) para determinar a atratividade do projeto frente ao cenário econômico local.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Empreendedorismo sustentável

Como o foco do estudo tangencia o universo do microempreendedor, faz-se necessário abordar o tema do empreendedorismo. Primeiramente, destaca-se que o empreendedorismo não é definido de forma uníssona. Baggio, A. e Baggio, D., (2015) referem-se ao empreendedorismo como um campo de estudo, devido à inexistência de um consenso científico sobre sua forma. No entanto, Baggio, A. e Baggio, D., (2015) ressaltam que as definições de empreendedorismo convergem ao destacar que um empreendedor deve possuir iniciativa, criatividade e ponderação sobre os riscos do negócio.

Para Dornelas (2008 *apud* Baggio, 2015) “empreendedor é aquele que detecta uma oportunidade e cria um negócio para capitalizar sobre ele, assumindo riscos calculados”. Hisrich & Peter (2004, *apud* Baggio, 2015) definem o empreendedorismo de maneira similar a Dornelas (2008) ao declarar que o empreendedorismo é o “processo de criar algo diferente e com valor, dedicando o tempo e o esforço necessário, assumindo os riscos financeiros, psicológicos e sociais correspondentes”.

Com relação ao sucesso empresarial, ao longo do tempo o desempenho econômico passa a dividir o protagonismo do sucesso com o desempenho social e ambiental da organização. Esse movimento é explicado por Júnior (2021, p. 30) ao esclarecer que “o modelo baseado na visão do *Triple Bottom Line* passa a considerar, no tocante à sustentabilidade empresarial, tanto o desempenho econômico quanto as performances social e ambiental da organização”. Júnior (2021) resume que o desenvolvimento social, ambiental e econômico empresarial, quando aplicado corretamente, é capaz de promover a inclusão social, a melhoria da qualidade de vida, a responsabilidade ambiental e a saudável competitividade empresarial.

A geração de energia solar pode ser definida como um avanço no desenvolvimento ambiental devido ao seu menor impacto na natureza frente a outros tipos de geração de energia. Romeiro (2004, p. 28, *apud* Júnior, 2021) afirma que “capital e recursos naturais são essencialmente complementares” e “no longo prazo não é possível obter a sustentabilidade econômica sem a estabilização dos níveis de consumo per capita vis-à-vis a capacidade de carga do planeta”.

Machado (2006, *apud* Júnior, 2021) alerta que o desbalanceamento no uso dos recursos naturais poderá causar consequências sérias no meio ambiente e na economia. Podemos resumir as boas práticas acerca da sustentabilidade ambiental empresarial da seguinte maneira:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

> "Toda empresa que trabalha de maneira ambientalmente responsável preza para que seus processos e práticas sejam sempre pautados pela ética e pelo respeito ao meio ambiente, de modo que os mercados nos quais ela atua se otimizem por meio do desenvolvimento de ações ambientais conscientes e positivas." (Júnior, 2021, p. 34).

Com isso, é possível perceber que o desenvolvimento ambiental empresarial se trata de uma melhoria contínua, como um ciclo renovável orientado para ações capazes de otimizar o aspecto ambiental.

A inovação empresarial é capaz de elevar os ganhos de uma empresa por meio da diminuição de custos e aumento de eficiência. Segundo Junior (2021, p. 86), "a empresa inovadora colocar-se-á em posição de antecipadora e, consequentemente, aumentará sua eficiência e reduzirá seus custos, enquanto processo e produto". Júnior (2021, p. 86) destaca os impactos negativos das empresas estáticas no que quesito inovação ao alertar que "as demais empresas que continuarem a utilizar a tecnologia convencional permanecerão com o nível de produtividade e custos anterior."

Importante destacar que no cenário brasileiro de geração de energia, a energia solar não é maioria entre as empresas, logo decidir por essa alternativa é um meio de acompanhar as inovações no tema energia. Sobre o futuro das empresas inovadoras, Júnior (2021, p. 87) afirma que os ganhos são progressivos ao dizer que "quanto mais longo o tempo durante o qual a empresa conseguir manter essa posição vantajosa em relação aos seus concorrentes, mais se expandirá e conquistará novas parcelas do mercado".

A inovação também é benéfica para a concorrência não perder espaço no mercado, pois com isso se faz necessário a busca pela atualização por meio de inovações sustentáveis, como por exemplo, a geração em energia solar. Drucker (1986 *apud* Júnior, 2021, p. 89) concorda a afirmação anterior ao dizer que a "a inovação estabelece, ainda, novos rumos para toda a concorrência, clientela e fornecedores em geral".

Manãs (1993, *apud* Júnior, 2021) define inovação tecnológica como qualquer modificação no processo produtivo, incluindo maquinário, instalações, método de trabalho. E ainda, ressalta que neste caso, inovação tecnológica ocorre provocada pelo incentivo relacionado à redução de custos, à melhoria da qualidade, ou aumento do volume de produção.

A questão da gestão da inovação tecnológica é primordial no meio empresarial, pois através de seu aprimoramento as empresas podem se tornar mais competitivas e diferenciadas, ou com a inexistência dos ganhos tecnológicos podem acelerar seu insucesso e possível retirada do mercado. (Júnior, 2021). Júnior (2021) resume o valor da inovação tecnológica da seguinte forma "ativo capaz de tornar a empresa mais eficiente ou produtiva e mais eficaz, permitindo-lhe, à luz da(s) estratégia(s) competitiva(s) por ela definida(s), reduzir custos e melhorar a qualidade de seus produtos ou serviços."

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Depreende-se das perspectivas de Júnior (2021) e Machado (2006) que a sustentabilidade no microempreendedorismo não deve ser vista apenas como um ativo ético, mas como um imperativo de eficiência. A convergência entre o *Triple Bottom Line* e a inovação tecnológica sugere que a viabilidade econômica é o pilar que sustenta as ações ambientais; sem o retorno financeiro (lucratividade), a adoção de fontes limpas torna-se um custo proibitivo para a microempresa, perdendo sua função de vetor de competitividade.

Energia solar fotovoltaica

Historicamente, a produção de eletricidade através da energia solar teve início em 1839, com Edmond Becquerel, um físico francês que observou que era possível obter eletricidade através de duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido expostas à luz solar, posteriormente, nomeando o fato de efeito fotovoltaico. As células solares a base de silício começaram a ser desenvolvidas, em 1954, com 6% de eficiência, tendo seu aproveitamento sendo aprimorado até os dias de hoje (Machado; Miranda, 2015).

Com relação a dimensão da produção de energia elétrica, é possível dizer que a revolução industrial foi um marco, pois a partir deste período tornou-se necessário um aumento na geração de energia elétrica com a geração de energia através de combustíveis fósseis (Matavelli, 2013).

Convém observar que os combustíveis fósseis são prejudiciais pois são recursos finitos, poluentes e agressivos ao meio ambiente (Torres, 2012). Matavelli (2013, p. 12) detalha os malefícios da geração de energia através de combustíveis fósseis “a queima destes tem gerado diversos problemas ambientais como, por exemplo, o agravamento do efeito estufa, o derretimento das geleiras, a poluição do ar e, consequentemente, prejuízo à vida dos organismos.”

Outro ponto negativo dos combustíveis fósseis são sua disponibilidade, pois são recursos não renováveis. Rosa e Gasparin (2016) alertam que o atual crescimento econômico resulta em uma enorme demanda de energia elétrica e consequentemente gera uma escassez dos recursos naturais voltados para geração de energia. Segundo Torres (2016, p. 40) “O aproveitamento da energia solar, seja como fonte de calor, seja como fonte de luz é uma das alternativas energéticas mais promissoras para solucionar parte dos problemas de escassez de energia enfrentados pela população mundial”.

Com relação ao Brasil, o território possui amplo potencial para o desenvolvimento de energia sustentável, como por exemplo, a energia solar fotovoltaica. De acordo com Dassi (2015, p. 4) “o Brasil possui um vasto território com incidência de sol e ventos que propiciam investimentos nestas fontes de energias renováveis”. O potencial brasileiro de geração através da energia solar fotovoltaica é ressaltado também por Jardim (2007 *apud* Dassi, 2015) ao afirmar que

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

"além de grande potencial para o aproveitamento solar o país também apresenta um enorme potencial para a utilização da energia solar em sistemas solares fotovoltaicos isolados ou interligados à rede elétrica". Esse potencial para a produção de energia solar já vem sendo explorado, com aumentos progressivos ao longo dos anos. Esse crescimento é impulsionado por políticas públicas de incentivo, como a Lei 14.300/2022 (Marco Legal da GD), que estabelece as diretrizes para a compensação de energia e a redução de encargos para o microgerador, fomentando a viabilidade em escala nacional.

Torres (2012) explica que o potencial brasileiro para geração de energia fotovoltaica advém da particularidade geográfica de estar localizado na zona intertropical, a qual registra elevados índices de radiação o ano inteiro. De acordo com Rosa e Gasparin (2016, p. 143), a média de irradiação solar no Brasil varia de 4,1 a 6,5 kWh/m^2, enquanto a Alemanha possui de 2,5 a 3,5 kWh/m^2 e a Espanha varia de 2,5 e 3,5 kWh/m^2, atestando numericamente o potencial energético brasileiro.

De acordo com Torres (2016), Machado e Miranda (2015), e Matavelli (2013), o principal obstáculo para a predominância da energia solar fotovoltaica é o seu custo, ainda que ele tenha sido diminuído em um passado recente. Com a ampliação dos mercados, empresas e concorrência voltada para a produção de células fotovoltaicas, o preço médio de um módulo fotovoltaico em Euro, em 2011, já era cerca de 70% menor do que em 2000. (Torres, 2016)

Machado e Miranda (2015) e Torres (2016) estimam em 25 anos, em média, a vida útil de um sistema fotovoltaico. Um dos caminhos apontados para que a energia fotovoltaica se torne peça principal da matriz energética brasileira é o aumento de políticas de incentivos fiscais (Rosa; Gasparin, 2016).

Acredita-se em uma maior eficiência tecnológica no futuro, fato que possivelmente ampliará o uso das células fotovoltaicas, conforme apontado por Matavelli (2013, p. 30) "em alguns anos, com tecnologias mais avançadas, a eficiência das células fotovoltaicas será muito superior às encontradas atualmente, devido a estudos e possíveis elementos que podem ser adicionados na célula fotovoltaica". Esse aumento da eficiência e aperfeiçoamento da tecnologia é comum em outros setores e este fato acarretará uma maior utilização das células fotovoltaicas para geração de energia elétrica (Matavelli, 2013).

Sobre o seu funcionamento, o sistema fotovoltaico realiza a transformação direta da energia solar em eletricidade (Rosa, 2007). Segundo Rosa (2007), esse sistema é composto por um agrupamento de painéis (ou módulos) fotovoltaicos, um regulador de tensão, um sistema de armazenamento (ou acumuladores) e um inversor que realiza a conversão de corrente contínua em alternada.

Diferente da energia eólica, que exige velocidades de vento constantes e maior espaço físico, ou da biomassa, que depende de uma cadeia logística de resíduos, a fonte fotovoltaica

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

apresenta maior escalabilidade e facilidade de instalação em ambientes urbanos e microempresas.

Engenharia econômica

Para validar a transição sustentável discutida anteriormente, a Engenharia Econômica surge como a ferramenta analítica indispensável. Conforme preconizado pela ABEPRO (2025) e reforçado por Motta e Calôba (2012), a tomada de decisão não se baseia apenas na intuição do empreendedor, mas na mensuração rigorosa de fluxos de caixa que transformam o benefício ambiental em valor monetário tangível.

Acerca das competências da engenharia de produção, podemos afirmar que:

> "Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia." (ABEPRO, 2025)

Nesse contexto, a análise de sensibilidade destaca-se como ferramenta de gestão de riscos, permitindo antever o impacto de variáveis externas sobre a rentabilidade do projeto.

A Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) divide o curso em diferentes áreas de conhecimento. De acordo com a ABEPRO (2025), a área de conhecimento chamada de engenharia econômica se define como a "formulação, estimação e avaliação de resultados econômicos para avaliar alternativas para a tomada de decisão, consistindo em um conjunto de técnicas matemáticas que simplificam a comparação econômica".

Motta e Calôba (2012) colocam como desafio da engenharia econômica definir com certa precisão as alternativas de investimentos e prever suas consequências monetárias, de acordo com sua referência temporal.

Sobre a motivação do uso da análise de viabilidade econômica, temos que:

> "a implementação de uma determinada inovação tecnológica, assim como de qualquer outro ativo, projeto ou investimento, deve ser analisada tanto do ponto de vista estratégico quanto sob a ótica de sua viabilidade econômico-financeira, sendo essa última verificada por meio das ferramentas e métodos disponibilizados pelo processo de análise de investimentos." (Júnior, 2021)

Análise de investimentos

Sobre investimento, temos por definição que:

> "Considera-se investimento a situação na qual ocorre inversão de capital de alguma forma, podendo ser em um projeto novo, na compra de uma empresa existente, buscando com isso criação de valor, ou seja, recuperação do valor

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

> investido, mais uma rentabilidade do investimento, em determinado prazo." (Motta; Calôba, 2012, p. 21)

Motta e Calôba (2012, p. 21) explicam que "a análise de Investimentos busca, por meio de técnicas avançadas, utilizando estatística, matemática financeira e informática, uma solução eficiente para uma decisão compensadora". Samanez (2009, p. 36) pondera que "a análise de investimentos de capital requer um grau justo de raciocínio econômico e projeção das condições futuras".

Podemos também enumerar os componentes necessários para a utilização dos métodos de análise de investimentos da seguinte forma:

> "as decisões de investimentos envolvem a coleta de dados relevantes do empreendimento, a montagem do fluxo de caixa incremental ou renda econômica, a definição da taxa de remuneração do capital em função do custo de oportunidade e do risco envolvido e, finalmente, avaliação e escolha de propostas." (Samanez, 2009, p. 83)

O valor de um projeto decorre do seu potencial de gerar fluxos de caixas futuros, logo, da sua capacidade de gerar benefícios financeiros. Com isso, se faz necessário que as comparações de alternativas de investimento sejam, necessariamente, comparadas apenas se as consequências monetárias forem medidas em um período em comum no tempo. (Samanez, 2009, p. 36)

Valor Presente Líquido

De acordo com Samanez (2009, p. 36; 37) "o método do valor presente líquido (VPL) tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento". Já Motta e Calôba (2012, p. 106) definem o valor presente líquido como "a soma algébrica de todos os fluxos de caixa descontados para o instante presente (t=0) a uma dada taxa de juros i".

Samanez (2009, p. 37) ainda complementa que "o VPL mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil".

Segundo Samanez (2009), a seguinte expressão define o VPL:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Onde:

FCt representa o fluxo de caixa no t-ésimo período

I é o investimento inicial

K é o custo do capital

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

$\sum_{t=1}^{n}$ indica a soma da data 1 até a data n dos fluxos de caixa descontados ao período inicial

Motta (2012) determina que:
Se VPL > 0, a alternativa é viável economicamente.
Se VPL < 0, a alternativa é inviável economicamente.
Se VPL = 0, a opção por investir é indiferente.

Taxa Interna de Retorno

Para Motta e Calôba (2012, p. 116) “a taxa interna de retorno (TIR) é um índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo”. O método da taxa interna de retorno (TIR), diferente de outros métodos de análise de investimento, não tem como objetivo a busca pela rentabilidade absoluta e custo de capital, mas sim encontrar uma taxa intrínseca de rendimento (Samanez, 2009). Em outras palavras, a TIR é uma taxa hipotética que anula o VPL, ou seja, é o valor de uma variável que satisfaz sua equação. (Samanez, 2009).

De acordo com Samanez (2009, p. 38), o cálculo da taxa interna de retorno é dado pela seguinte fórmula:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+i^*)^t} = 0$$

Onde:
Se i* > K, o projeto é economicamente viável

Sobre o cálculo da TIR, Motta e Calôba (2012) afirmam que se a taxa de retorno for maior que a taxa mínima de atratividade, a alternativa de investimento deve ser considerada.

Payback

O método do *payback* determina o prazo para recuperação de um investimento, em outras palavras, em quanto tempo o valor presente dos fluxos de caixas previstos se iguala ao investimento inicial (Samanez, 2009).

Motta e Calôba (2012) apontam *payback* como uma métrica de referência para avaliação de atratividade das opções de investimento. Porém, Motta e Calôba (2012) também ressaltam que o *payback* deve atuar como indicador e não como fator único de seleção.

De acordo com Motta e Calôba (2012, p. 99), o “período de repagamento (*payback*) será calculado pela razão entre investimentos e receitas anuais.”

Segundo Samanez (2009), o método do *payback* descontado consiste em determinar o valor de T na seguinte equação:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

$$I = \sum_{t=1}^{T} \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Onde:

I é o investimento inicial

FC_t simboliza o fluxo de caixa no período t

K representa o custo do capital

Fluxo de Caixa

De acordo com Samanez (2009), o fluxo de caixa é composto pelas entradas e saídas de valores financeiros ao longo do tempo, possibilitando a percepção da rentabilidade e viabilidade econômica do projeto.

Samanez (2009, p. 83) ressalta a importância primordial do fluxo de caixa incremental para o ponto de vista estratégico ao afirmar que “o fluxo de caixa é a principal matéria-prima para estimar o valor de uma empresa, medir rentabilidade de um projeto de investimentos, planejar operações ou estabelecer a capacidade de pagamento de uma dívida”.

O fluxo de caixa incremental é a projeção positiva ou negativa no caixa causada pela decisão de investir, ou seja, a contabilização de receitas e despesas afetados pela ação do projeto. Samanez (2009) reafirma que o essencial para a montagem do fluxo de caixa incremental são as receitas e despesas modificadas pela decisão do projeto, sendo qualquer outra receita, custo, que permaneça constante independentemente da existência do projeto, irrelevante para a montagem do fluxo de caixa.

Retorno sobre investimento

Lopes de Sá (1993 *apud* Paduam, 2015, p. 21) define Retorno sobre Investimento (ROI) como “uma medida percentual obtida através de cálculos, que evidencia a recuperação dos investimentos realizados por uma empresa”.

Segundo Santos (2012 *apud* Paduam, 2015), o retorno sobre investimento se determina como um valor que mensura a relação entre o benefício esperado sobre o investimento realizado, em outros termos, o retorno sobre investimento permite avaliar a capacidade de eficiência do investimento realizado.

Graeml (2003 *apud* Paduam, 2015) aponta que, no ambiente empresarial, o ROI é um dos principais indicadores para auxílio na tomada de decisão de investimentos. Paduam (2015, p. 22) ressalta a importância do ROI para as empresas ao dizer que “a medição do ROI pode ser uma ferramenta valiosa para comunicar o impacto positivo de um projeto na organização”.

Paduam (2015) define a equação simples para cálculo do ROI da seguinte forma:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

$$ROI = \frac{(Retorno\ obtido - Custo\ do\ investimento)}{Custo\ do\ investimento}\ x\ 100$$

Onde:

Retorno obtido representa o valor financeiro ganho com o investimento.

Custo do Investimento como a despesa designada pela escolha do investimento.

3. MÉTODOS

Segundo Da Silva e Menezes (2005, p.20), “Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos”. A pesquisa deve ser classificada de acordo com sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos.

Quanto a natureza de uma pesquisa, pode ser definida como pesquisa aplicada. De acordo com Da Silva e Menezes (2005), a pesquisa aplicada se dirige a problemas específicos e interesses locais. Portanto, podemos dizer que o presente trabalho se enquadra como pesquisa aplicada, visto que existe uma aplicação prática das ferramentas de engenharia econômica-financeira para solução do problema do alto custo da energia elétrica tradicional.

A abordagem da pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa. Temos por definição que:

“Pesquisa Quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão etc. (Da Silva; Menezes, 2005, p. 20).

A abordagem do trabalho é quantitativa, uma vez que utiliza a conversão de parâmetros operacionais em indicadores quantitativos para a análise de viabilidade financeira do investimento. Os dados utilizados para o estudo foram o valor da conta de energia da empresa Sorvetes BC e o valor inicial para o investimento.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa. Podemos assumir que:

“A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso.” (Da Silva; Menezes, 2005, p. 21)

O trabalho se enquadra como pesquisa exploratória, visto que busca uma maior aproximação com o problema do custo da energia de alto impacto ambiental em uma empresa do setor de sorvetes e propõe como alternativa o uso de energia solar. A forma de estudo de caso ocorre pela análise de dados para o estudo de viabilidade de investimento em energia solar para empresa estudada. Sobre o estudo de caso, Da Silva e Menezes (2005) resumem que o estudo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

tem como objetivo ter um extenso e aprofundado conhecimento sobre limitados objetos, obtido após uma análise intensa.

A pesquisa bibliográfica tratou dos temas da sustentabilidade, empreendedorismo sustentável, energia solar fotovoltaica e engenharia econômica presentes no referencial teórico. A pesquisa bibliográfica foi pautada em trabalhos acadêmicos como trabalhos de conclusão de curso, teses, dissertações, livros físicos e digitais.

O estudo de caso fundamentou-se na coleta de dados primários de consumo da microempresa e em orçamentos técnicos de instalação fotovoltaica. A análise de viabilidade foi estruturada sobre três pilares da engenharia econômica: o Valor Presente Líquido (VPL), que desconta os fluxos de caixa futuros para mensurar a criação de valor absoluto do projeto; a Taxa Interna de Retorno (TIR), utilizada para determinar a rentabilidade intrínseca do investimento; e o *Payback* Descontado, que estabelece o horizonte temporal para recuperação do capital considerando o valor do dinheiro no tempo. Como parâmetro de comparação, adotou-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) baseada no rendimento da poupança, servindo como benchmark conservador de custo de oportunidade para o microempreendedor.

Adicionalmente, aplicou-se uma análise de sensibilidade para mensurar a resiliência dos indicadores frente a variações na economia anual, garantindo maior previsibilidade aos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O setor de sorvetes

O setor de sorvetes é representado pela Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS), fundada em 2002, a associação tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento contínuo das empresas do setor. Dentro do seu escopo está a defesa do setor, a divulgação de informações, associados, parceiros, e o desenvolvimento profissional através de workshops, feiras e congressos.

Segundo a ABIS (2022), no Brasil temos mais de 10 mil empresas ligadas ao setor de sorvetes e gelatos, gerando um faturamento total de R$ 13 bilhões por ano e fomentando o mercado de trabalho com 300 mil empregos diretos ou indireto. Deste universo de empresas, temos que 92% são micro e pequenas empresas.

Sobre o universo consumidor do produto, de acordo com a ABIS (2022), 52% do consumo provém da região Sudeste; 19% da região Nordeste; 15% da região Sul; 9% da região do Centro-Oeste; e 5% da região Norte. Em 2021, a ABIS estimou o consumo no mercado nacional em 4,73L per capita em Litros/ano.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A empresa

A empresa, a qual vamos nos referir como Sorvetes BC, foi fundada em 2016 como um negócio familiar, sendo composto por dois sócios. Historicamente, o negócio evoluiu da atuação em eventos corporativos, feiras gastronômicas e *delivery* até a criação de uma loja física própria da marca, em setembro de 2020. A única loja da marca fica localizada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro.

A cidade do Rio de Janeiro tem grande relevância no panorama de energia solar Brasileiro. Segundo dados da ABSOLAR (2022a), a cidade do Rio de Janeiro é a sétima cidade no Brasil com maior potência instalada de energia solar, enquanto a cidade de Florianópolis (SC) lidera no cenário nacional.

O segmento “comercial”, o qual se enquadra a empresa, é o segundo tipo de estabelecimento com maior potência instalada de energia solar no país, compondo 27,2% das unidades instaladas no Brasil, perdendo apenas para o setor residencial com 50,6%.

A loja realiza a venda de sacolés gourmet, sorvetes, gelatos, *brownies* e picolé, contudo, os sacolés são responsáveis por 70% do faturamento da marca. Os atuais canais de venda da loja são o balcão e *delivery*, com 75% do total de vendas realizadas por balcão e 25% por *delivery*. Segundo os sócios, a empresa possui histórico de fluxo de caixa positivo e controlado, contudo, a diminuição de despesas poderia maximizar o resultado positivo.

Análise e discussão dos dados

Devido ao armazenamento do produto e de utilização de maquinário semi-industrial, uma parcela significante das despesas é composta pela despesa com energia elétrica. A partir das contas de luz no ano de 2023, foi constatado um gasto anual de R$ 21.592,84 com energia elétrica. A tabela 1 apresenta, no ano de 2023, os valores de despesas da empresa com energia elétrica frente com o total de despesas da empresa:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

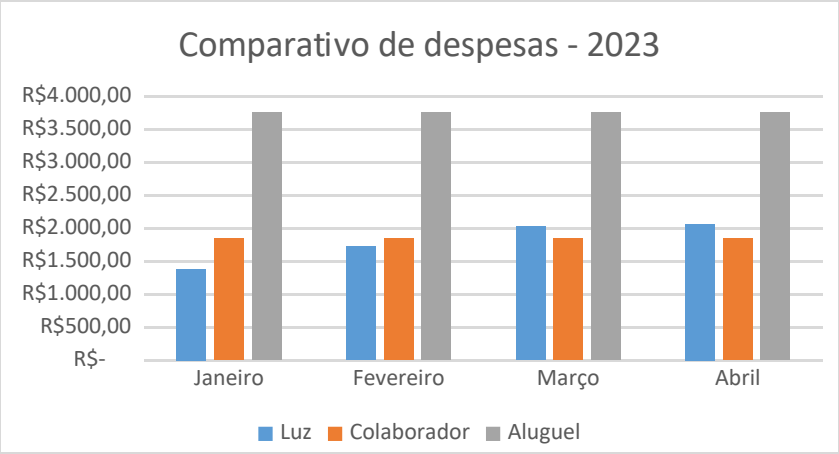
Tabela 1. Custo da energia elétrica e comparação com despesa total

	Energia elétrica	% Despesa total com energia
Janeiro	R$1.381,26	5,37%
Fevereiro	R$1.722,97	6,40%
Março	R$2.025,00	8,88%
Abril	R$2.067,61	8,86%
Maio	R$1.689,98	6,72%
Junho	R$1.946,12	7,98%
Julho	R$1.673,95	6,79%
Agosto	R$1.860,60	7,69%
Setembro	R$1.767,05	7,37%
Outubro	R$1.742,88	7,10%
Novembro	R$1.845,40	7,29%
Dezembro	R$1.870,02	7,61%
Ano	R$21.592,84	7,31%

Fonte: Autoria própria (2023).

Para efeito comparativo entre despesas, no ano de 2023, a despesa com energia elétrica é equiparável a despesa com um colaborador da empresa conforme gráfico 1:

Gráfico 1. Relação entre despesas no ano de 2023



Fonte: Autoria própria (2023).

Para o orçamento do sistema de energia solar compatível com o gasto médio da loja, foi realizado o contato de uma empresa sediada na cidade do Rio de Janeiro-RJ, a qual vamos nos referir como Energia Verde, a empresa ofertou os seguintes dados para o caso:

- 95% de economia na despesa com energia elétrica.
- Vida útil do equipamento de 25 anos.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

- Investimento estimado em R$ 65.000,00, de acordo com a energia média utilizada pela empresa.

Segundo a empresa consultada de energia solar, o seguinte sistema foi indicado para o caso:

Tabela 2. Informações estruturais do projeto

Estrutura do projeto	
Tamanho do sistema	13,88 kWp
Número de módulos	50 módulos
Área necessária	97,14 m^2

Fonte: Autoria própria (2023).

No cálculo do Valor Presente Líquido VPL, a taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada foi de 6,17% a.a, correspondente ao rendimento da poupança atualmente. Considerando que não existe previsão de receita no projeto, no cálculo do VPL a economia gerada pela implementação do sistema de energia solar foi utilizada como receita. Como a empresa tem o gasto com energia elétrica estimado em R$ 21.592.84, conforme tabela 1, considerando uma economia de 95% proposta pelo fornecedor do sistema, logo temos uma economia gerada de R$ 20.513,20.

$$VPL = -R\$\ 65.000 + \frac{R\$\ 20.513,20}{(1+0,0617)^{1}} + \ldots + \frac{R\$\ 20.513,20}{(1+0,0617)^{25}} = R\$\ 193.044,50$$

Considera-se o VPL como a soma dos termos de fluxo de caixa descontados presentes na Tabela 3. Na fórmula acima, o primeiro termo (R$ 65.000,00), refere-se ao investimento inicial do projeto no ano 0. No segundo termo, o valor de R$ 20.513,20 representa a economia proporcionada pelo sistema de energia solar no ano 1, com a TMA representada pela taxa de rendimento atual da poupança (6,17% a.a). O terceiro termo representa a economia proporcionada pelo sistema de energia solar no ano 2, e assim por diante até o último termo que é a economia proporcionada pelo sistema de energia solar no ano 25. O VPL apurado de R$ 193.044,50, por situar-se acima de zero, atesta a capacidade do projeto em gerar valor econômico, ratificando tecnicamente a recomendação de investimento.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 3. Fluxo de caixa, fluxo de caixa descontado, e fluxo de caixa acumulado do projeto

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado	Fluxo de caixa acumulado
0	-R$65.000	-R$65.000	-R$65.000
1	R$20.513	R$19.321	-R$45.679
2	R$20.513	R$18.198	-R$27.481
3	R$20.513	R$17.141	-R$10.340
4	R$20.513	R$16.145	R$5.805
5	R$20.513	R$15.206	R$21.011
6	R$20.513	R$14.323	R$35.334
7	R$20.513	R$13.490	R$48.824
8	R$20.513	R$12.706	R$61.530
9	R$20.513	R$11.968	R$73.498
10	R$20.513	R$11.272	R$84.770
11	R$20.513	R$10.617	R$95.388
12	R$20.513	R$10.000	R$105.388
13	R$20.513	R$9.419	R$114.807
14	R$20.513	R$8.872	R$123.679
15	R$20.513	R$8.356	R$132.035
16	R$20.513	R$7.871	R$139.905
17	R$20.513	R$7.413	R$147.319
18	R$20.513	R$6.982	R$154.301
19	R$20.513	R$6.577	R$160.877
20	R$20.513	R$6.194	R$167.072
21	R$20.513	R$5.834	R$172.906
22	R$20.513	R$5.495	R$178.402
23	R$20.513	R$5.176	R$183.577
24	R$20.513	R$4.875	R$188.453
25	R$20.513	R$4.592	R$193.044
Total	R$447.830	R$193.044	

Fonte: Autoria própria (2023).

A taxa interna de retorno (TIR) encontrada para o projeto foi de 31,53%, ou seja, taxa maior que a TMA em 25,36%. Como a TIR encontrada é superior que a TMA em 25,36 p.p, o investimento deve ser considerado. Sob a ótica da análise de risco, a elevada margem da TIR em relação à TMA (25,36 p.p.) indica que o projeto possui uma robusta zona de segurança financeira, suportando eventuais aumentos nos custos de manutenção ou variações na irradiação solar sem comprometer a viabilidade.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

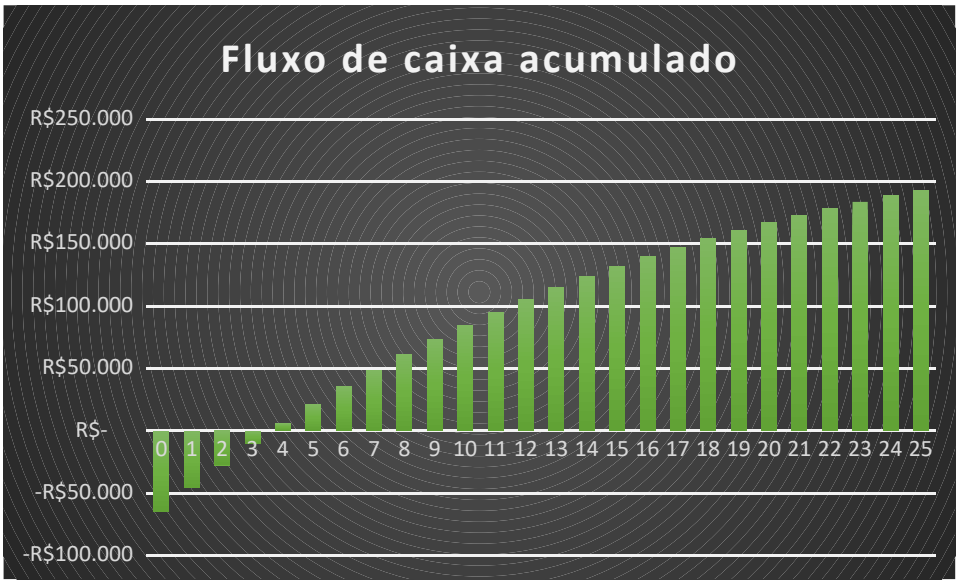
$$VPL = -R\$\ 65.000 + \frac{R\$\ 20.513,20}{(1+TIR)^{1}} + \ldots + \frac{R\$\ 20.513,20}{(1+TIR)^{25}} = 0 \ = TIR = 31,53\%\ a.a$$

Para o *payback* descontado, temos que:

$$Payback\ \ descontado = 3 - \left(\frac{-R\$\ 10.340}{R\$\ 16.145}\right) = 3,64\ \ anos$$

Conforme tabela 3 e gráfico 2, o ano 3 representa o último ano de valor negativo para o fluxo de caixa acumulado, sendo R$ 10.340 o fluxo de caixa negativo. O valor de R$ 16.145 representa o valor do fluxo de caixa descontado no ano 4, ou seja, o primeiro ano em que o fluxo de caixa acumulado se torna positivo. Com isso, é possível dizer que o projeto traz seu retorno a partir de 3,64 anos.

Gráfico 2. Fluxo acumulado em toda vida útil do projeto



Fonte: Autoria própria (2023).

Para cálculo do retorno sobre o investimento (ROI), foi utilizado no numerador o valor de economia gerado pelo projeto ao longo da sua vida útil subtraindo o custo do investimento, e no denominador o custo do investimento representado pelo valor de investimento único do projeto. O ROI corresponde a 2,97 vezes o valor do investimento, demonstrando a viabilidade do investimento.

$$ROI = \frac{(Retorno\ \ obtido - Custo\ \ do\ \ investimento)}{Custo\ \ do\ \ investimento} = \frac{R\$\ 193.044,50}{R\$\ 65.000,00} \cong 297\%$$

Para conferir robustez à análise e mitigar incertezas de longo prazo, procedeu-se à análise de sensibilidade (Tabela 4). Foram simuladas variações de ±10% na economia anual gerada, considerando possíveis oscilações na irradiação solar ou ajustes na estrutura tarifária (Lei

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

14.300/2022). Observa-se que, mesmo no cenário pessimista, o projeto mantém-se resiliente, com VPL positivo e *payback* inferior a 4,1 anos, o que ratifica a segurança do aporte frente a variáveis externas.

Tabela 4. Análise de Sensibilidade do Investimento

Cenário	Variação na Economia	VPL (R$)	TIR (% a.a.)	*Payback* (Anos)
Pessimista	-10%	162.450,00	27,80%	4,1
Base (Real)	0%	193.044,50	31,53%	3,64
Otimista	+10%	223.630,00	35,20%	3,15

Fonte: Autoria própria (2026).

Com o projeto, a empresa produzirá aproximadamente 19.400 KWh anuais de maneira sustentável, aliando benefícios econômicos e ambientais.

Essa viabilidade econômica observada, com uma TIR de 31,53% a.a., corrobora a perspectiva de Júnior (2021) sobre a importância da inovação tecnológica como vetor de redução de custos e aumento de eficiência competitiva. Comparativamente aos dados da ABSOLAR (2026b), que demonstram a consolidação da fonte solar na matriz brasileira, o *payback* de 3,64 anos obtido no estudo de caso valida a atratividade do investimento em regiões de alta incidência solar. Essa performance demonstra que a transição energética, para microempresas com alto custo fixo de refrigeração, deixa de ser apenas uma ação de responsabilidade ambiental e passa a ser uma ferramenta estratégica de sustentabilidade econômica, conforme discutido no referencial teórico.

5. CONSIDERAÇÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto de energia solar em uma microempresa de sorvetes localizada na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

Por meio de referências bibliográficas, foi destacada a importância da sustentabilidade na questão ambiental, sendo primordial a utilização do pensamento sustentável na produção de energia elétrica. Seguindo, foi abordada a questão do empreendedorismo sustentável, visto que o empreendedor tem grande potencial para o desenvolvimento de práticas sustentáveis em seus negócios. Após, foi apresentado como alternativa sustentável a produção de energia solar fotovoltaica, modalidade com grande potencial para ser explorada no Brasil devido a sua geografia.

A aplicação do instrumental da Engenharia Econômica ratificou a atratividade do investimento fotovoltaico para o objeto de estudo, cujos indicadores demonstraram solidez

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

financeira. Sob a ótica dos indicadores financeiros, o Valor Presente Líquido (VPL) apurado foi de R$ 193.044,50, sendo maior que zero. Em consonância, a Taxa Interna de Retorno (TIR) estabeleceu-se em 31,53% a.a, maior que a TMA em 25,36 p.p. O *payback* descontado de 3,64 anos evidencia a rápida recuperação do capital aportado, mitigando riscos de liquidez para o empreendedor. O cálculo do retorno sobre o investimento (ROI) foi de 297%, indicando o retorno de 2,97 do valor do investimento. Logo, o projeto se mostra viável economicamente em todas as ferramentas da engenharia econômica-financeira utilizadas.

Sob uma perspectiva prática, o estudo evidencia que a autogeração fotovoltaica transcende a economia imediata, configurando-se como uma blindagem estratégica contra a volatilidade tarifária e a inflação energética, o que permite ao pequeno empreendedor transformar incertezas operacionais em decisões de investimento seguras, fortalecendo a sustentabilidade competitiva defendida por Júnior (2021).

Entretanto, o trabalho apresenta limitações, como o foco em um estudo de caso único e a não consideração de variações drásticas na carga térmica da microempresa ao longo de ciclos plurianuais. Para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da amostra para diferentes regiões geográficas e a análise do impacto de linhas de crédito específicas para energia limpa na composição da TMA, visando uma compreensão ainda mais robusta da viabilidade em diferentes cenários de financiamento.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Profissão da Engenharia de Produção**. São José dos Campos: ABEPRO, 2025. Disponível em: https://portal.abepro.org.br/abepro2025/profissao/. Acesso em: 09 mar. 2026.

ABIS. **O setor de sorvetes**. [S. l.]: ABIS, 2022. Disponível em: https://www.abis.com.br/mercado/. Acesso em: 09 mar. 2026.

ABRACEEL. **Conta de luz sobe mais que o dobro da inflação no mercado cativo.** Brasilia: ABRACEEL, 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: 09 mar. 2026.

ABSOLAR. **Energia solar amplia participação na matriz elétrica enquanto outras fontes recuam**. São Paulo: ABSOLAR, 2026c. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-amplia-participacao-na-matriz-eletrica-enquanto-outras-fontes-recuam/. Acesso em: 09 mar. 2026.

ABSOLAR. **Energia solar avança no Brasil e adiciona 10,6 GW em 2025, com mais de R$ 32,9 bi em investimentos.** São Paulo: ABSOLAR, 23 fev. 2026b. Disponível em: https://www.absolar.org.br/home/energia-solar-avanca-no-brasil-e-adiciona-106-gw-em-2025-com-mais-de-r-329-bi-em-investimentos/. Acesso em: 09 mar. 2026.

ABSOLAR. I**nfográfico:** a força da energia solar no Brasil. São Paulo: ABSOLAR, 2026a. Disponível em: https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/. Acesso em: 09 mar. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. São Paulo: ABSOLAR, 2022. Disponível em: https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/. Acesso em: 09 mar. 2026.

BAGGIO, Adelar Francisco; BAGGIO, Daniel Knebel. Empreendedorismo: conceitos e definições. **Revista de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 25-38, 2015. Disponível em: https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistasi/article/view/612. Acesso em: 09 mar. 2026.

BRASIL. **Lei nº 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, DF: Diário Oficial da União, 2022.

CARVALHO, Gláucia Oliveira. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma visão contemporânea. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 789-792, 2019.

DA SILVA, Edna Lucia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

DASSI, Jonatan Antonio et al. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. *In:* **ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS**, 2015. Disponível em: https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3924/3925. Acesso em: 09 mar. 2026.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023: ano base 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 09 mar. 2026.

GUITARRARA, Paloma. Energia hidrelétrica. **Brasil Escola UOL**, 2023. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-hidreletrica.htm. Acesso em: 09 mar. 2026.

IAQUINTO, Beatriz Oliveira. A sustentabilidade e suas dimensões. **Revista da ESMESC**, v. 25, n. 31, p. 157-178, 2018.

JÚNIOR, Izidro Soares Barreiro. **Análise de investimentos:** uma abordagem sobre a ótica de sustentabilidade empresarial. Curitiba: Appris, 2021.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. **Energia Solar Fotovoltaica:** uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MATAVELLI, Augusto Cesar. **Energia solar:** geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2013.

MOTTA, Regis da Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos:** tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2012.

PADUAM, Taisa Cordeiro. **Método para retorno sobre investimento após a implantação de software.** 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2549/1/CP_PPGI_M_Paduam,%20Ta%C3%ADsa%20Cordeiro_2015.pdf. Acesso em: 09 mar. 2026.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, p. 140-147, 2016.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ROSA, Victor Hugo da Silva. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil:** em busca de um modelo sustentável. Brasília: [s. n.], 2007.

SAMANEZ, Carlos Patricio. **Engenharia Econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SEBRAE. **Micro e pequenas empresas geram 27% do PIB do Brasil.** [S. l.]: Sebrae, 2022. Disponível em: https://www.google.com/search?q=https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mt/noticias/micro-e-pequenas-empresas-geram-27-do-pib-do-brasil. Acesso em: 09 mar. 2026.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.