

## SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO ESTRATÉGIA DE COMPETITIVIDADE: ESTUDO DE CASO

Breno Jose Dos Santos Silva  
Flavia Cristina Freitas Pereira  
Juliana De Souza Salviano  
Juliele Cristina Alcantara Silva  
Lara Graziela Duarte Pimenta  
Daniela Bonifácio Scaleão

**RESUMO:** A energia fotovoltaica, ao converter diretamente a radiação solar em eletricidade por meio de materiais semicondutores, destaca-se como uma fonte limpa, renovável e de baixa exigência operacional. Em um contexto de crescente demanda por soluções sustentáveis, redução de custos e aumento da competitividade, sua adoção no setor industrial tem se mostrado cada vez mais relevante. Este estudo analisa a viabilidade e os impactos estratégicos da implementação de um sistema fotovoltaico como fator de vantagem competitiva na empresa Estival Calçados de Segurança, sediada em Franca (SP). De natureza aplicada e abordagem quali-quantitativa, a pesquisa utilizou dados primários obtidos por meio de questionários direcionados à gestão da empresa, complementados pela análise de indicadores econômicos, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback. Os resultados indicam que, apesar do elevado investimento inicial, o sistema proporcionou economia anual significativa e retorno financeiro atrativo ao longo de sua vida útil, evidenciando sua viabilidade econômica. Conclui-se que a adoção de tecnologias fotovoltaicas constitui uma estratégia eficaz para promover a competitividade sustentável, ao aliar eficiência econômica à responsabilidade socioambiental. O caso da Estival pode servir de modelo para outras empresas do setor industrial interessadas em integrar desempenho financeiro e compromisso ambiental, contribuindo para um padrão de desenvolvimento mais equilibrado e duradouro.

**Palavras-chave:** sustentabilidade empresarial; energia fotovoltaica; indústria calçadista; análise econômica.

### **Abstract**

*Photovoltaic energy, which directly converts solar radiation into electricity through semiconductor materials, stands out as a clean, renewable, and low-maintenance energy source. Given the growing demand for sustainable solutions, cost efficiency, and increased competitiveness, its adoption in the industrial sector has become increasingly prominent. This study examines the feasibility and strategic impact of implementing a photovoltaic system as a competitive advantage at Estival Safety Footwear, located in Franca, São Paulo, Brazil. Employing an applied methodology with a mixed qualitative and quantitative approach, the research is based on primary*

*data collected via questionnaires administered to the company's management, along with the analysis of key financial indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Payback Period. The findings reveal that, despite the substantial upfront investment, the system has yielded significant annual savings and favorable long-term financial returns, confirming its economic viability. The study concludes that adopting photovoltaic technologies constitutes an effective strategy for achieving sustainable competitiveness by integrating economic efficiency with social and environmental responsibility. The Estival case may serve as a model for other industrial companies aiming to align financial performance with environmental stewardship, thus fostering a more balanced and sustainable development path.*

**Keywords:** *corporate sustainability; photovoltaic energy; footwear industry; economic analysis.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Em 2022, o setor industrial foi responsável por mais de um terço do consumo de eletricidade no Brasil, cuja matriz energética ainda é altamente dependente das hidrelétricas. Essa dependência torna o sistema vulnerável em períodos de seca prolongada, elevando os custos de ativação de usinas termelétricas e afetando negativamente a competitividade das indústrias.

Diante disso, a energia solar fotovoltaica surge como alternativa estratégica, por ser uma fonte energética limpa, renovável e compatível com a infraestrutura de diversas empresas. Apesar do elevado custo inicial de implementação, suas vantagens operacionais e a crescente valorização de práticas sustentáveis têm incentivado sua adoção para reduzir despesas e aumentar sua eficiência no mercado.

Nessa esfera, este estudo tem como objetivo analisar de que forma a energia solar pode contribuir para a vantagem competitiva de uma empresa industrial de médio porte, a partir do estudo de caso da Estival Calçados de Segurança, localizada na cidade de Franca (SP). A pesquisa contempla uma breve revisão sobre a evolução da energia solar no Brasil, uma análise comparativa do desempenho econômico da empresa antes e depois da implantação do sistema fotovoltaico, e a identificação dos principais desafios enfrentados nesse processo.

A empresa Estival foi escolhida devido à sua relevância no cenário local e à falta de estudos que apontem para a adoção de energias renováveis em empresas de médio porte no setor industrial. Os resultados desta pesquisa poderão servir de parâmetro para outras companhias que buscam a melhoria da sustentabilidade e competitividade, além de contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem o uso de energias renováveis.

A importância deste trabalho reside na possibilidade de contribuir para a disseminação de práticas sustentáveis no setor produtivo, incentivando a transição energética e a adoção de fontes renováveis. Os resultados poderão auxiliar outras organizações em decisões estratégicas e subsidiar políticas públicas voltadas à

expansão da energia solar como instrumento de competitividade industrial e responsabilidade ambiental.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste item, busca-se compreender os principais conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, à vantagem competitiva e à adoção de práticas sustentáveis por empresas. O embasamento teórico permitirá identificar as estratégias utilizadas pelas organizações para integrar a sustentabilidade às suas operações, contribuindo para a obtenção de diferencial competitivo.

### **2.1 Energia fotovoltaica: história, conceito e aplicações**

A origem dos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico remonta ao século XIX, quando se iniciou o estudo da interação entre luz e materiais. Em 1839, Alexandre Edmond Becquerel identificou a geração de eletricidade a partir da exposição de certos materiais à luz, fenômeno que viria a ser denominado efeito fotovoltaico, marcando o início das pesquisas sobre conversão de energia solar em eletricidade.

No entanto, foi Albert Einstein, em 1905, quem aprofundou a compreensão desse processo ao descrever o efeito fotoelétrico com base na teoria quântica, propondo que a luz é formada por fótons que transferem energia aos elétrons, possibilitando sua emissão. Tal contribuição, considerada revolucionária por confrontar a teoria ondulatória vigente, lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 (Rodrigues; Biscaro, 2015).

Com os avanços da física quântica e da engenharia de materiais, as tecnologias fotovoltaicas evoluíram (Vallêra; Brito, 2006). Em 1953, Calvin Fuller desenvolveu a primeira célula solar de silício funcional, posteriormente aprimorada por Gerald Pearson, viabilizando seu uso prático. O ponto de inflexão, todavia, ocorreu na década de 1960, durante a corrida espacial, quando as células solares foram utilizadas com sucesso em satélites, demonstrando sua eficácia e incentivando sua aplicação também em contextos terrestres (Rodrigues; Biscaro, 2015).

Embora parte da história tenha sido concisa nos parágrafos anteriores, é pertinente destacar a análise de Barros e Soares (2017), que observa que as informações presentes em materiais e livros de história da área frequentemente apresentam características como simplificação excessiva, matematização e ausência de contexto, resultando em uma abordagem inadequada e desatualizada sobre o efeito fotoelétrico.

Dessa forma, embora a cronologia seja objeto de questionamentos por parte dos pesquisadores, a terminologia utilizada para designar os fenômenos permanecem incontestadas. Segundo Ben-Dov (1996), o efeito fotoelétrico ocorre quando elétrons são emitidos de metais ao serem atingidos por um feixe de luz. Em contrapartida, o fenômeno denominado "efeito fotovoltaico" refere-se à conversão da energia contida na radiação luminosa em energia elétrica, sendo esta uma

propriedade física intrínseca ao material utilizado em dispositivos de conversão fotovoltaica (Zilles *et al.*, 2012).

De acordo com Barros (2011), o efeito fotovoltaico manifesta-se em materiais semicondutores, os quais possuem uma banda de energia onde a presença de elétrons é permitida, além de uma banda de condução que permanece vazia. Entre os materiais utilizados, o silício destaca-se como o mais comumente empregado na fabricação de módulos fotovoltaicos.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três principais categorias: isolados, híbridos e interligados à rede. Os sistemas isolados são utilizados em locais remotos, sem acesso à rede elétrica convencional. Já os híbridos combinam diferentes fontes de geração, como solar e diesel, oferecendo maior confiabilidade em períodos de baixa produção solar. Há ainda configurações que integram energia solar com outras fontes renováveis, como eólica e hídrica (Santos, 2014).

Entre as vantagens da energia solar fotovoltaica destacam-se a durabilidade, a baixa necessidade de manutenção, a resistência a condições climáticas adversas e a ausência de impactos ambientais significativos. Contudo, a tecnologia também apresenta limitações, como o alto custo de implantação e a dependência de fatores climáticos e tecnológicos para seu pleno funcionamento (Braga, 2008).

Conforme observado, a energia solar pode ser aplicada de diferentes formas, conforme a disponibilidade solar da região e as necessidades da instalação. No capítulo seguinte, é ressaltada a relevância da energia solar fotovoltaica no Brasil, suas possibilidades e obstáculos, seu papel no desenvolvimento sustentável e na segurança energética do país.

## **2.2 Energia solar no Brasil**

O Brasil possui grande potencial para geração de energia fotovoltaica devido à sua localização predominantemente na zona tropical, que garante altos níveis de radiação solar, uniformemente distribuídos em boa parte do território nacional. Essa condição favorece a instalação de projetos solares em diferentes regiões, promovendo o desenvolvimento dessa fonte de energia renovável e sustentável (EPE, 2020).

Um dos principais modelos energéticos propostos para o Brasil é o fotovoltaico, especialmente devido aos elevados índices de irradiação solar no país. O Plano Nacional de Energia 2030, ao reproduzir dados do Atlas Solarimétrico do Brasil, registra que essa radiação varia de 8 a 22 MJ (megajoules) por metro quadrado ( $m^2$ ) ao longo do dia (Pereira, 2022).

Apesar do grande potencial, o mercado de energia solar no Brasil tem problemas que impedem o seu crescimento. Rella (2017) destaca que os principais desafios para o desenvolvimento desse sistema no Brasil envolvem incentivos fiscais e desoneração monetária, estímulo à pesquisa e inovação tecnológica, fomento ao mercado consumidor, apoio à indústria de células solares e módulos

fotovoltaicos, e aproveitamento das matérias-primas disponíveis, com o estabelecimento de indústrias no setor.

Com o intuito de superar essas adversidades e promover a economia financeira, a conscientização socioambiental e a sustentabilidade, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) estabeleceu, em 2012, a Resolução Normativa nº 482, que representou um marco ao regulamentar a micro e minigeração distribuída, permitindo aos consumidores gerar sua própria energia e conectá-la à rede elétrica. Esta normativa foi posteriormente atualizada pela Resolução nº 1.059, publicada em 7 de fevereiro de 2023.

Outra medida para incentivar o uso de sistemas fotovoltaicos foi a criação do Marco Legal da Geração Distribuída, estabelecido pela Lei 14.300/2022. Esta lei institui regras para a compensação da energia gerada por sistemas fotovoltaicos até o ano de 2045, garantindo previsibilidade e isenção de algumas tarifas, o que beneficia tanto consumidores residenciais quanto empresas. Além disso, a regulamentação oferece estabilidade ao setor, estimulando investimentos em energia solar e contribuindo para a expansão da geração distribuída no Brasil (Brasil, 2022).

Nesse contexto de ampliação dos incentivos governamentais, o mercado de energia solar fotovoltaica apresenta oportunidades significativas para o empreendedorismo sustentável, particularmente para pequenas e médias empresas (PMEs). Essas organizações podem se beneficiar de políticas públicas, condições de financiamento facilitadas e um ambiente regulatório favorável (Teixeira *et al.*, 2024), especialmente em períodos de crise.

As grandes crises ao longo da história estão ligadas à exploração excessiva de recursos, especulação, inflação e escassez, gerando perdas humanas, guerras, recessão e desemprego. Algumas sociedades colapsaram, como na Ilha da Páscoa e no Império Romano, enquanto outras prosperaram ao investir em inovação e eficiência, especialmente no pós-guerra. O Brasil, com abundância de recursos naturais, precisa definir estratégias para preservar suas vantagens comparativas (Lucon; Goldemberg, 2009).

Dessa maneira, o próximo capítulo examinará de que forma a energia fotovoltaica contribui para o alcance dos objetivos organizacionais, alinhados às novas demandas sócio econômicas de âmbito global.

### **2.3 Sustentabilidade empresarial sob a ótica energética**

As questões energéticas relacionadas à sustentabilidade adquiriram maior relevância após as crises do petróleo ocorridas em 1973 e 1979. Apesar de a energia ser indispensável para atender às demandas sociais de produção e consumo, os impactos associados às formas de geração, armazenamento, distribuição e uso demandam uma atenção mais apurada às questões ambientais (Campos, 2005).

Pereira Neto e Cândido (2020) acresce que o modelo de desenvolvimento contemporâneo está fundamentado na expansão das relações de produção e

consumo, acarretando o aumento da degradação dos recursos naturais, da poluição, da desigualdade social e da concentração de riqueza em uma parcela limitada da sociedade. Nesse contexto, emerge o conceito de sustentabilidade, que visa mitigar esses impactos por meio de uma abordagem de desenvolvimento pautada no equilíbrio e na equidade.

O termo sustentabilidade refere-se à capacidade de manter-se ao longo do tempo sem esgotar os recursos necessários para sua continuidade, mesmo diante de imprevistos. Uma atividade sustentável é aquela que pode perdurar indefinidamente. O conceito também se aplica a uma sociedade sustentável, que preserva os recursos naturais essenciais, como ar, água, solo, e a vida vegetal e animal, fundamentais para sua sobrevivência (Philippi, 2001).

No contexto empresarial, a preocupação com a sustentabilidade tem se ampliado, e para que uma empresa seja considerada sustentável, é fundamental que atenda às três dimensões: econômica, social e ambiental (Araújo *et al.*, 2006).

Assim, a energia fotovoltaica se destaca por proporcionar benefícios substanciais para o desenvolvimento sustentável a longo prazo no contexto global. Isso ocorre porque a adoção da energia solar oferece vantagens ambientais, uma vez que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (Tsoutsos; Frantzeskaki; Gekas, 2005).

Complementarmente, apresenta benefícios no campo da segurança econômica, ao reduzir a vulnerabilidade à escassez de oferta e à volatilidade dos preços nos mercados de combustíveis convencionais. No âmbito do desenvolvimento social, a energia fotovoltaica possibilita a instalação de sistemas em áreas rurais, além de gerar oportunidades de emprego nessas regiões (Fapesp, 2007).

Nessa esfera, a energia solar tem se consolidado como uma importante vantagem competitiva para as empresas, especialmente no setor industrial, que ocupa a terceira posição no consumo de energia elétrica no Brasil (Balanço Energético Nacional, 2023).

A vantagem competitiva surge fundamentalmente do valor que uma empresa consegue criar para seus compradores e que ultrapassa o custo de fabricação pela empresa (Porter, 1985, p.3).

A metodologia *Resource-Based Theory* (RBT), desenvolvida por Barney (1991), define os recursos organizacionais como ativos, capacidades, processos, atributos, informações e conhecimentos que contribuem para a eficiência e eficácia de uma empresa. Um recurso é considerado valioso quando possibilita à organização a concepção e implementação de estratégias que melhorem seu desempenho. Por sua vez, Peteraf (1993) argumenta que um recurso é valioso quando permite à empresa atender às necessidades do mercado a um custo inferior ao de seus concorrentes.

De acordo com a perspectiva de Barney, Neto (2011) destaca que a implementação de sistemas fotovoltaicos configura-se como uma estratégia inovadora para as organizações, uma vez que busca romper com o fluxo circular

tradicional, inaugurando um novo ciclo e desafiando paradigmas consolidados no mercado. Essa iniciativa estratégica promove uma vantagem competitiva ao viabilizar a redução dos custos operacionais, ao mesmo tempo em que oferece benefícios adicionais, como o fortalecimento da percepção positiva de consumidores e colaboradores em relação ao uso de uma fonte de energia ambientalmente sustentável pelas empresas do setor industrial.

Destarte, destaca-se a necessidade de validar as afirmações por meio de uma pesquisa exploratória, com o propósito de analisar a vantagem competitiva proporcionada pela energia fotovoltaica às organizações.

### **3 METODOLOGIA**

Para o cumprimento dos objetivos deste estudo, faz-se necessário definir os procedimentos metodológicos que orientaram a condução da pesquisa. Este capítulo apresenta o delineamento do tipo de investigação adotado, os instrumentos de coleta de dados, os métodos de análise utilizados e a caracterização do universo pesquisado, com ênfase na realidade empresarial do município de Franca-SP.

#### **3.1 Método de Pesquisa**

Esta pesquisa tem como objetivo proporcionar uma compreensão mais aprofundada sobre o tema em estudo. No que se refere aos procedimentos metodológicos, este trabalho caracteriza-se como estudo de caso. O objetivo de um estudo de caso é coletar informações detalhadas e sistemáticas acerca de um fenômeno (Patton, 2002). Segundo Yin (2005, p. 32), "o estudo de caso é uma investigação empírica que examina um fenômeno contemporâneo em seu contexto real". A escolha desse tipo de abordagem fundamenta-se na busca por uma compreensão aprofundada acerca do impacto do sistema fotovoltaico no contexto socioeconômico industrial.

Quanto à natureza de pesquisa, se classifica como aplicada. A pesquisa aplicada foca nos problemas das atividades de instituições, organizações, grupos ou atores sociais, visando diagnosticar, identificar desafios e encontrar soluções. Atende a demandas específicas de "clientes, atores sociais ou instituições" (Thiollent, 2009, p.36).

A presente pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem quali-quantitativa, a qual permite que o pesquisador realize cruzamentos entre as suas conclusões, de forma a ter mais certeza de que os dados coletados são de fato satisfatórios, corroborando a hipótese levantada. Em uma pesquisa científica, os tratamentos quantitativos e qualitativos dos resultados podem se complementar, enriquecendo a análise e as discussões finais (Minayo, 1997).

A coleta de dados foi realizada por meio de dois questionários estruturados direcionados ao gestor da organização: o primeiro, composto por questões discursivas, visou analisar o potencial de geração de energia, custos, taxa de retorno e prazo de recuperação do investimento, com foco na viabilidade

econômica; o segundo com seis questões de múltiplas escolhas, abordou motivações, desafios e benefícios. Por fim, realizou-se a análise dos dados fornecidos pela empresa, referentes ao período subsequente à implantação do sistema fotovoltaico.

### 3.2 Cenário

O estudo foi realizado na empresa Estival Calçados de Segurança, situada em Franca (SP), cidade com cerca de 352 mil habitantes e PIB per capita de R\$ 31 mil (IBGE, 2021). Franca, atendida pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), possui clima tropical de altitude e alta incidência solar média anual de 5,4 kWh/m<sup>2</sup> por dia (CRESESB, 2025), fatores que favorecem a eficiência de sistemas fotovoltaicos. Essas condições contribuem para o rápido retorno do investimento, redução de custos energéticos e incentivo à sustentabilidade, tornando a cidade um polo estratégico para a expansão de fontes renováveis nos setores comercial e industrial.

### 3.3 Dimensionamento Econômico

A viabilidade financeira dos sistemas fotovoltaicos será avaliada por meio dos indicadores econômicos: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*). O VPL corresponde ao somatório dos fluxos de caixa descontados a uma taxa de juros fixa, sendo o projeto considerado viável quando este valor for positivo. A TIR representa a taxa de retorno esperada, sendo o investimento economicamente atrativo quando supera o custo de capital. Caso contrário, exigirá aportes adicionais. Já o *Payback* indica o período necessário para que o capital investido seja recuperado (Fragueira; Moeda, 2023).

A Tabela 1 apresenta as fórmulas determinísticas que serão empregadas para demonstrar a análise de viabilidade econômica, cujos resultados estão dispostos na Tabela 3, na seção de resultados e discussão.

**Tabela 1** - Principais indicadores de viabilidade econômica

Indicador	Fórmula Matemática	Descrição
VPL (Valor Presente Líquido)	$V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$	<p>Onde:</p> <p><math>FC_t</math> = fluxo de caixa no período <math>t</math></p> <p><math>i</math> = taxa de desconto (TMA)</p> <p><math>n</math> = número de períodos</p> <p><math>I</math> = investimento inicial</p>
TIR (Taxa Interna de Retorno)	$VP = capital + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+i)^t}$	A TIR é a taxa $r$ que zera o VPL. É calculada iterativamente ou por métodos numéricos.

Payback (Tempo de Retorno do Investimento)

$$PB = \frac{\text{investimento inicial}}{\text{resultado do fl. de cx. com o ganho do investimento}}$$

$$, \sum_{i=0}^t FC_i \geq I$$

Fonte: os autores (2025).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, faz-se necessário apresentar o perfil do respondente e da empresa em análise. O respondente é do sexo masculino e exerce a função de encarregado de compras. A empresa integra o setor calçadista, possui uma estrutura física com área de 5.000m<sup>2</sup> e conta com um quadro funcional superior a 300 colaboradores. Além disso, dispõe de 220 painéis fotovoltaicos e apresenta um consumo médio mensal de aproximadamente 7.000 kWh de energia elétrica.

A Tabela 2 apresenta a comparação dos valores mensais referentes ao consumo de energia elétrica nos períodos anterior e posterior à implementação do sistema fotovoltaico.

**Tabela 2** - Análise comparativa de valor gasto em energia elétrica pré e pós FV.

Comparativo do valor da conta de energia elétrica antes e após a implementação do FV.	
Valor médio em R\$ da conta de luz <b>antes</b> do Sistema FV.	R\$ 6.500,00
Valor médio em R\$ da conta de luz <b>após</b> do Sistema FV.	R\$ 1.600,00

Fonte: os autores (2025).

A instalação do sistema fotovoltaico, realizada em 2023, demandou um investimento de R\$500.000,00. A vida útil dos painéis foi estimada em 25 anos. Com base nos dados obtidos, a economia mensal foi de R\$ 4.900,00, totalizando R\$ 58.800,00 anuais, o que corrobora com a afirmação de Scherer *et al.* (2015), de que, embora o investimento inicial seja elevado, ele é recuperado pela redução nas despesas com energia. Dessa forma, evidencia-se a atratividade financeira deste investimento ao longo do tempo.

A Tabela 3 apresenta o resultado dos cálculos referentes à viabilidade econômica efetuados por meio da aplicação de indicadores econômicos, conforme demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 3:** Investimento & Economia

Indicador	Resultado
Payback	8,5 anos
ROI (Retorno sobre Invest.)	194%

---

VPL (25 anos, 8%)	R\$ 127.676,84
TIR (Taxa Interna de Retorno)	10,87% ao ano

---

**Fonte:** os autores (2025).

Os resultados confirmam que o investimento em energia fotovoltaica é financeiramente viável para a empresa. O *Payback*, embora relativamente longo, ocorre dentro da vida útil do sistema, assegurando a recuperação do investimento antes de seu término. O ROI de 194% evidencia o significativo potencial de ganho ao longo dos 25 anos de operação, enquanto o VPL positivo de R\$127.676,84 demonstra que, mesmo com o desconto da taxa de juros, o investimento gera valor adicional.

A TIR de 10,87%, superior à taxa de desconto de 8%, usada como referência, posiciona o projeto como altamente atrativo, oferecendo um retorno acima do custo de capital. Esse desempenho também é mais favorável do que outras alternativas de investimento, evidenciando a rentabilidade da energia fotovoltaica.

Subsequentemente, a pesquisa examinou as motivações, desafios e benefícios associados a esse investimento. De acordo com a opinião do gestor, a principal motivação para a implementação do sistema está relacionada à redução de custos, de acordo com os dados apresentados na Tabela 3 e com a perspectiva de Cidade (2024), que afirma que a motivação predominante para o investimento está centrada na economia financeira, ao ponto de, diversas vezes, dissociá-la de aspectos relacionados à sustentabilidade.

A redução de custos foi, igualmente, o principal benefício destacado pelo inquirido quando questionado sobre as vantagens da utilização da energia fotovoltaica. Essa percepção é amplamente legitimada pela literatura. Segundo Silva *et al.* (2021), a redução dos custos com energia elétrica constitui a motivação mais relevante e de impacto imediato para as companhias, reforçando a racionalidade econômica presente nas decisões relacionadas à transição energética.

No que tange aos desafios, o respondente indicou que a principal dificuldade reside no tempo de retorno do investimento, sendo este aspecto considerado mais significativo do que o próprio valor elevado do aporte inicial. Nesse sentido, Spinato (2016) observou que o tempo de retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos pode variar significativamente, dependendo de fatores como o perfil de autoconsumo e a tarifa de energia elétrica, influenciando diretamente a viabilidade econômica do projeto.

Portanto, os resultados indicam que, além dos benefícios ambientais, a adoção de um sistema fotovoltaico proporciona um retorno significativo sobre o investimento, contribuindo para a competitividade e sustentabilidade a longo prazo da organização.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste estudo foi analisar como a energia solar pode contribuir para a vantagem competitiva de uma empresa industrial de médio porte, utilizando como exemplo a empresa Estival Calçados de Segurança, situada em Franca-SP. A revisão bibliográfica permitiu entender sobre a evolução da energia fotovoltaica, seu cenário no Brasil e sua contribuição para a sustentabilidade e a competitividade empresarial.

A análise de viabilidade econômica realizada demonstra que a implementação de sistemas fotovoltaicos, além de promover uma significativa redução nos custos com energia elétrica, contribui para o reposicionamento estratégico das empresas no mercado, ao incorporar práticas sustentáveis à sua operação. No caso da empresa Estival Calçados de Segurança, os dados empíricos revelam que, mesmo diante de um elevado investimento inicial, os indicadores financeiros – como um ROI de 194% e uma TIR de 10,87% – comprovam a viabilidade econômica e a atratividade do projeto em longo prazo.

O sistema fotovoltaico, portanto, revela-se não apenas como solução tecnológica inovadora, mas também como uma importante alavanca de competitividade. Sua adoção reflete uma mudança de paradigma na gestão industrial, articulando eficiência energética, responsabilidade socioambiental e rentabilidade financeira.

Entre as limitações do estudo, esteve a restrição a uma única empresa e o período reduzido de análise, fatores que dificultam a generalização dos resultados e a compreensão dos efeitos em longo prazo. Sugere-se que as próximas pesquisas ampliem o escopo da investigação, incluindo variáveis como o Custo Nivelado de Energia (LCOE) e a realização de análises de sensibilidade.

Por fim, a busca incessante pelo capital, se dissociada da responsabilidade, conduz ao esgotamento dos recursos e à efemeridade dos ganhos. Ao integrar a sustentabilidade energética em suas estratégias, as empresas não apenas preservam sua eficiência e reduzem seus custos, mas também reconhecem que a verdadeira prosperidade transcende a acumulação imediata. Investir em fontes renováveis, como a energia fotovoltaica, simboliza um compromisso ético com o futuro, em que o crescimento econômico se coaduna com a preservação ambiental. Assim, a empresa assume seu papel histórico, deixando um legado de consciência e compromisso para as gerações vindouras.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: ANEEL, 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 10 nov. 2024.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023**. Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em

sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica; altera as Resoluções Normativas nº 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, 1009, de 22 de março de 2022, e dá outras providências. Brasília, DF: ANEEL, 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>. Acesso em 10 nov. 2024.

ARAÚJO, G. C. *et al.* **Sustentabilidade Empresarial: conceitos e indicadores**. In: CONGRESSO BRASILEIRO VIRTUAL DE ADMINISTRAÇÃO, 3, 2006. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20180425181003id\\_/http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61\\_pdf.pdf](https://web.archive.org/web/20180425181003id_/http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61_pdf.pdf). Acesso em: 20 nov. 2024.

BARNEY, J. **Firm Resources and Sustained Competitive Advantage**. Journal of Management, 17(1), 99-120. DOI: <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>. Disponível em: [https://josephmahoney.web.illinois.edu/BA545\\_Fall%202022/Barney%20\(1991\).pdf](https://josephmahoney.web.illinois.edu/BA545_Fall%202022/Barney%20(1991).pdf). Acesso em: 22 nov. 2024.

BARROS, H. A. **Anteprojeto de um sistema fotovoltaico de 12 KWp conectado à rede**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/8143>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BARROS, M. A.; SOARES, J. M. S. **Contribuições teóricas e abordagens históricas do Efeito Fotoelétrico**. Revista Sustinere, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 221–232, 2017. DOI: 10.12957/sustinere.2016.26216. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/sustinere/article/view/26216>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BEN-DOV, Yoav. **Convite à Física**. Coleção Ciência e Cultura. 1º. ed. Rio de Janeiro: Zahar. 1996. *E-book*. 152p. ISBN: 978-8571103559.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Nov, 2008. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7372/1/monopoli10001103.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

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); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm). Acesso em: 10 nov. 2024.

CAMPOS, J. J. F. **Sustentabilidade energética no Brasil: proposta de indicadores para elaboração de relatórios de sustentabilidade por empresas do setor elétrico**. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/14854a5b-40cd-4791-a182-f69c3001a126/content>. Acesso em: 20 nov. 2024.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2022. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 22 abr. 2025.

CIDADE, W. T. O. **Estudo de caso sobre o comportamento de consumidores da Grande Porto Alegre que instalaram um sistema de geração de energia fotovoltaica residencial**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/290391/001243926.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 abr. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050 (2020)**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 17 nov. 2024.

\_\_\_\_\_. **Balanco Energético Nacional 2023: Ano base 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 26 set. 2024.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. InterAcademy Council, 2007, 300p. Tradução: Maria C. V. Borba, Neide F. Gaspar. Disponível em: <https://fapesp.br/publicacoes/energia.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2024.

FRAGUEIRO, H. O.; MOEDA, V. S.. **Análise de viabilidade econômica de um potencial modelo de negócio baseado na geração de energia solar fotovoltaica**. 2023. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38164/2/AnaliseViabilidadeEconomica.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente para os municípios e para as Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 abr. 2025.

LUCON, O.; GOLDEMBERG, J.. **Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil**. Estudos Avançados, v. 23, n. 65, p. 121–130, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142009000100009>. Acesso em: 17 nov. 2024.

MINAYO, M. C. DE S.; SANCHES, O.. **Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade?**. Cadernos de Saúde Pública, v. 9, n. 3, p. 237–248, jul. 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1993000300002>. Acesso em: 26 set. 2024.

NETO, J. C. **A Energia solar como uma vantagem competitiva em empresas industriais da Amazônia.** Ganhos de eficiência da empresa e preferências do consumidor. 2010. 98f. Dissertação de Mestrado –Universidade Portuguesa, Lisboa, 2010. Disponível em: [https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/2510/1/master\\_jose\\_chavaglia\\_net0.pdf](https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/2510/1/master_jose_chavaglia_net0.pdf). Acesso em: 22 nov. 2024.

PATTON, M. G. **Qualitative Research and Evaluation Methods**, 3 ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002. *E-book*. 688p. ISBN: 0761919716.

PEREIRA, Jorge Medeiros de. **Energia solar como possibilidade decisória para solução de sustentabilidade em energia elétrica, utilizando o conceito de geração distribuída para o setor elétrico no Brasil: uma revisão integrativa.** *Altus Ciência*, [S.L.], v. 15, n. 15, p. 43-56, 26 ago. 2022. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.7026646>. Disponível em: <http://revistas.fcjp.edu.br/ojs/index.php/altuscienca/article/view/47>. Acesso em: 13 nov. 2024.

PEREIRA NETO, Fausto; CÂNDIDO, Ataíde Gesinaldo. **Sustentabilidade corporativa: definição de indicadores para organizações do setor energético.** *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 104–126, 2020. DOI: 10.12660/rgplp.v19n2.2020.80610. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rgplp/article/view/80610>. Acesso em: 22 nov. 2024.

PETERAF, M. A. **The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view.** *Strategic management journal*, v. 14, n. 3, p. 179-191, 1993. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2486921>. Acesso em: 22 nov. 2024.

PHILIPPI, L. S. **A Construção do Desenvolvimento Sustentável.** In.: LEITE, Ana Lúcia Tostes de Aquino; MININNI-MEDINA, Naná. *Educação Ambiental (Curso básico à distância) Questões Ambientais – Conceitos, História, Problemas e Alternativa*. 2. ed, v. 5. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

PORTER, M. E. **The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance.** NY: Free Press, Ilustrado, 1998. *E-book*. 592p. ISBN: 978-0684841465.

RELLA, R. **Energia fotovoltaica no Brasil.** *Revista de Iniciação Científica*, v. 15, n.1, p.28-38, 2017. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/iniciacaocientifica/article/view/2937>. Acesso em: 17 nov. 2024.

RODRIGUES, D. dos. A.; BISCARO, A. do A. P.. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE NA REGIÃO NORTE DE MATO GROSSO.** VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/X-010.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2024.

SANTOS, L. L. C. dos. **Methodology for analysis of distributed generation and electricity tariff for residential consumers in lv network.** 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8535>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SCHERER, L. A. *et al.* **Fonte Alternativa de Energia: energia solar.** XX Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. Universidade de Cruz Alta/RS, 2015. Disponível em: <https://encurtador.com.br/93V9J>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SILVA, M. S. da; SILVA, A. P. B.; KHALED, N. N. D.; RABENSCHILAG, D. R.; ÁVILA, L. V. **Avaliação econômico-financeira da implementação de energia solar na sede da Natura: viabilidade e impactos sustentáveis.** Revista de Sustentabilidade, v. 6, n. 2, p. 45–60, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/383608012\\_Avaliacao\\_economico-financeira\\_da\\_implementacao\\_de\\_energia\\_solar\\_na\\_sede\\_da\\_Natura\\_viabilidade\\_e\\_impactos\\_sustentaveis](https://www.researchgate.net/publication/383608012_Avaliacao_economico-financeira_da_implementacao_de_energia_solar_na_sede_da_Natura_viabilidade_e_impactos_sustentaveis). Acesso em: 24 abr. 2025.

SPINATO, F. **Determinação do tempo de retorno de investimento em sistema fotovoltaico conectado à rede em Curitiba-PR.** 2016. 149 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Energias Renováveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18535/1/CT\\_CEER\\_I\\_2015\\_06.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18535/1/CT_CEER_I_2015_06.pdf). Acesso em: 24 abr. 2025.

TEIXEIRA, M. A. C.; RAMOS, H. R.; NASSIF, V. M. J.; KNISS, C. T.; QUINTERO, A. B. **PRÁTICAS DE ECONOMIA CIRCULAR EM NEGÓCIOS EMPREENDEDORES SUSTENTÁVEIS NO SETOR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DO BRASIL.** Boletim de Conjuntura (BOCA), Boa Vista, v. 19, n. 56, p. 514–542, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.13922494. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/5658>. Acesso em: 17 nov. 2024.

THIOLLENT, M. **Metodologia de Pesquisa-ação.** 2. ed., São Paulo: Saraiva, 2009. 132p.

TSOUTSOS, T., FRANTZESKAKI, N., & GEKAS, V. **Environmental impacts from the solar energy technologies.** Energy Policy, 33(3), 289-296, Fev, 2005. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/233859797\\_Environmental\\_impacts\\_from\\_the\\_solar\\_energy\\_technologies](https://www.researchgate.net/publication/233859797_Environmental_impacts_from_the_solar_energy_technologies). Acesso em: 22 nov. 2024.

VALLÊRA, A. M., & BRITO, M. C. **Meio século de história fotovoltaica.** Jan, 2006. Gazeta da física, 29. Disponível em: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/76/article/472/pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Tradução: Daniel Grassi. 3. ed., Porto Alegre: Bookman, 2005. *E-book*. 212p. ISBN 85-7307-852-9.

ZILLES, R. *et al.* **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. *E-book*. 208p. ISBN: 978-8579750526.