

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Matheus Gabriel Felipe de Carvalho¹, Fernandina Fernandes de Lima Medeiros¹

¹Faculdade de Tecnologia de Ribeirão Preto (FATEC)

Ribeirão Preto, SP – Brasil

matheus.carvalho33@fatec.sp.gov.br,
fernandina.medeiros@fatec.sp.gov.br

Resumo. Com o impulsionamento e rápido desenvolvimento de novas tecnologias a sociedade, conseqüentemente, tem um alto consumo do comércio eletrônico. Com esse aumento, houve também um aumento de impactos ambientais, sendo necessário criar estratégias e alternativas para melhorar o impacto negativo no meio ambiente. O objetivo desse artigo é analisar a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico, sendo uma fonte alternativa de energia. Para o estudo foram analisados artigos acadêmicos, publicações pela ANEEL, ABSOLAR, CBENS e estudos estratégicos disponibilizados pela Greener. Os resultados foram significativamente positivos, evidenciando através do payback e do VPL, que a utilização do sistema fotovoltaico é viável.

Abstract. With the boost and rapid development of new technologies, society, consequently, has a high consumption of electronic commerce. With this increase, there was also an increase in environmental impacts, making it necessary to create strategies and alternatives to improve the negative impact on the environment. The objective of this article is to analyze the economic viability of a photovoltaic system, being an alternative source of energy. For the study, academic articles, publications by ANEEL, ABSOLAR, CBENS and strategic studies made available by Greener were analyzed. The results were significantly positive, showing through payback and NPV that the use of the photovoltaic system is viable.

1. Introdução

Com o cenário atual do país, com ajustes tarifários aprovados pelo governo, níveis reduzidos de usinas hidroelétricas e o alto custo das termoeletricas, foi necessário um racionamento por parte da população para que não se tenha um alto consumo.

As fontes de energia são formas indiretas da energia solar, como por exemplo a hidráulica, biomassa e eólica. Com a aplicação de tecnologias específicas (termoeletrica e fotovoltaica), é possível converter a energia solar em eletricidade.

A energia fotovoltaica é uma energia renovável e gera energia para o próprio local de produção, suprimindo parcialmente ou totalmente o consumo de energia. Com isso, a implantação desse sistema integrado a residências, comércios, indústrias e propriedades públicas é importante para se ter uma redução de despesas e não tendo dependência de uma só fonte de energia.

O Brasil possui um grande índice de irradiação, possuindo um grande potencial de geração de energia, além de ser um dos países com maior produção de silício do mundo, material que constitui as placas solares. Além disso, possui as fontes de energia mais limpas, diminuindo as perdas com transmissão. (AMERICA DO SOL, 2018)

Com a crescente procura no decorrer dos anos a energia solar foi ganhando força no mercado, conseguindo uma grande satisfação do público em geral e diminuindo a emissão de poluentes. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica: “a instalação de painéis fotovoltaicos no país teve um salto durante o ano de 2022. De janeiro a outubro a energia solar cresceu 44,4%, com potência instalada avançando de 13,8 gigawatts (GW) para 20 GW.”

O presente estudo tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica, sendo assim, uma alternativa para se reduzir custos.

2. Objetivo

O objetivo é avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico de acordo com a localidade, investimento financeiro, clima e consumo de energia de uma propriedade rural. O autor conseguiu os dados diretamente com o investidor, o que permitiu uma análise detalhada e precisa dos aspectos financeiros e operacionais envolvidos.

3. Referencial teórico

A utilização da energia solar traz inúmeros benefícios em longo prazo, viabilizando o desenvolvimento de regiões onde há alto custo de eletrificação pela rede convencional, além de diminuir a dependência do petróleo e reduzir emissões de gases poluentes (PEREIRA, 2006). Segundo Marinowski, Salomoni e Ruther (2004), a energia solar é uma fonte inesgotável e não poluente, trazendo benefícios ambientais e energéticos. A energia fotovoltaica é gerada por placas que transformam a luz solar em eletricidade através de materiais semicondutores como silício e outros elementos (CABRAL, 2012). Comparada a outras fontes de energia, a energia solar possui vantagens econômicas devido à simplicidade de sua obtenção (SHAYANI, 2006) a diversificação da matriz energética, tornando-a mais resiliente e sustentável.

Para analisar um investimento, é fundamental examinar detalhadamente o que está sendo investido. Segundo Filho e Kopittke (2010), investir significa renunciar a um certo valor na expectativa de que essa troca gerará um retorno satisfatório no futuro. Isso implica deixar de gastar dinheiro em um artigo de consumo para investir em algo que gerará retorno posteriormente. A análise de um investimento começa com a definição clara do objetivo, que geralmente está ligado ao lucro esperado no final de um período específico (ano, mês, semestre, etc.). As empresas, através do planejamento estratégico, muitas vezes adotam políticas e objetivos a longo prazo, onde pode ser que não tenham lucro imediato, mas que, através do investimento, incrementarão as vendas e alcançarão a liderança no setor.

Dentre os indicadores de viabilidade econômico-financeira a serem analisados em um projeto de energia solar fotovoltaica estão: o Payback descontado, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

4. Metodologia

A metodologia do presente trabalho será realizada de acordo com a viabilidade para a implantação de um sistema fotovoltaico para a geração de energia solar no Brasil. Foi realizado através de pesquisas em artigos e documentos disponibilizados no Google Acadêmico, matérias publicadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), análise de artigos publicados nos anais pelo Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS) e análise de estudos estratégicos publicados pela Greener.

Para comprovar a viabilidade, além da análise dos artigos, foi realizado cálculos do payback e do VPL, evidenciando o investimento inicial e o tempo de retorno durante os anos. O desenvolvimento parte da necessidade da utilização de uma fonte de energia sustentável, da viabilidade e da utilização de recursos naturais, produzindo energia com menor custo, menor impacto ambiental e maior competitividade com as demais fontes de energia.

5. Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é a geração de energia através do sol, onde é possível abater todo o consumo elétrico de sua casa, comércio, indústria ou área rural.

Os principais equipamentos utilizados no sistema são os módulos fotovoltaicos e o inversor. Os módulos são compostos por células solares que são responsáveis por transformar a luz em eletricidade e isso acontece quando os fótons atingem uma célula e liberam os elétrons, criando um circuito elétrico. Após isso, os módulos produzem energia em corrente contínua (CC).

Para utilizarmos a energia é necessário que o inversor transforme a corrente contínua em corrente alternada (CA). Além de fazer essa conversão, os inversores oferecem proteção contra falhas elétricas e é possível acompanhar a geração e estatísticas do sistema, mostrando a potência gerada e um histórico.

Após a conversão de CC para CA, é realizada a troca da energia gerada com a energia da rede elétrica.

Os sistemas devem ser conectados à rede elétrica, pois não produzem energia durante a noite ou em dias com pouca irradiação solar, dessa forma a rede de energia elétrica funciona como um *back-up*, conforme apresentado na Figura 1.

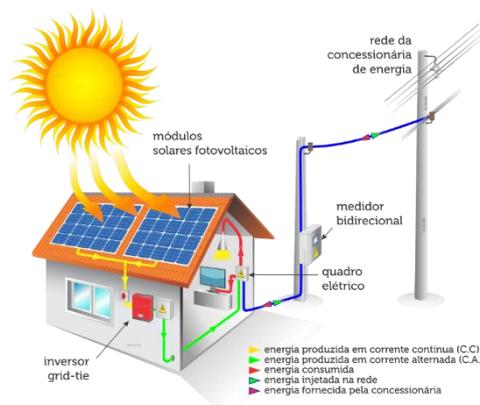


Figura 1. Sistema fotovoltaico conectado à rede (Luz Solar, 2021)

Se não houver consumo instantâneo, ele irá injetar a energia na rede e quando não houver geração, é utilizada a energia da rede. A energia injetada na rede não é perdida, de acordo com a resolução 482 de 2012 criada pela ANEEL, essa energia é emprestada e devolvida em créditos que podem ser utilizados por até 5 anos.

Dessa forma, é possível reduzir o consumo em até 95%, sendo cobrado apenas o valor mínimo. O custo é referente à tarifa aplicada pela distribuidora, sendo calculado o consumo em quilowatt-hora(kWh). Segundo a Resolução Normativa 414 de 2010 da ANEEL, os valores estabelecidos são:

- Monofásico: taxa mínima equivalente a 30 kWh;
- Bifásico: taxa mínima equivalente a 50 kWh;
- Trifásico: taxa mínima equivalente a 100 kWh.

Cada consumidor possui necessidades distintas de consumo e para isso é necessário avaliar o espaço disponível para instalação e perfil de consumo mensal e anual para conseguir rentabilizar o investimento. Após definir o local e espaço disponível é necessário verificar os locais de exposição ao sol, pois em caso de sombreamento no local, o sistema irá ter uma redução na geração.

6. Investimento em equipamentos para instalação do estudo

Uma propriedade rural localizada no Estado de Minas Gerais está analisando a viabilidade econômica da implantação de um sistema solar fotovoltaico, no modelo conectado à rede elétrica. Segundo a garantia fornecida pelo fabricante, o sistema possui 25 anos de geração, chegando ao 25º ano com 84,80% de rendimento inicial e uma garantia de 12 anos.

De acordo com os dados levantados na unidade de instalação, haverá uma potência instalada de 109,89 kWp. O sistema será capaz de suprir 100% do consumo anual de energia elétrica da propriedade, produzindo 172.876 kWh ao ano. O consumo médio na propriedade foi estimado em 14.000 kWh/mês, gerando um gasto médio 8.693,13 R\$/mês, equivalente a 168.000 kWh/ano (R\$ 104.317,66). Para o dimensionamento do sistema foi levado em consideração o consumo total do cliente e a área disponível para a instalação, sendo necessário aproximadamente 800 m², ocupando toda a área disponível no lote. Para a implantação será necessário um investimento inicial (FC0) de R\$ 434.162,03 para a obtenção e instalação dos equipamentos da usina fotovoltaica, o qual está apresentado na Tabela 1. Do montante a ser investido, 100% podem ser financiados por uma linha de crédito de um banco privado.

6.1. Detalhamento dos componentes do sistema

O custo do equipamento é muito importante para verificar a viabilidade econômica do projeto. Após todo o dimensionamento, é necessário o orçamento de todos os materiais e equipamentos que serão utilizados.

Tabela 1 – Detalhamento dos componentes do sistema

DETALHAMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA			
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.
MÓDULO FV	MODULO TRINA TSM-DE19-555W MONO	UN	198
INVERSOR	INVERSOR GROWATT MAX 75K TL3-XL2 LV-TRI 220V M/WI-FI	UN	1
ESTRUTURAS	ESTRUTURAS DE ALUMÍNIO PARA SUPORTE DOS MÓDULOS	UN	1
CABOS CC	CABO SOLAR 6MM (PRETO E VERMELHO)	UN	1
CONECTORES SOLAR	CONECTORES FEME/MACHO PARA CABOS CC	UN	1
PROTEÇÕES AC	CAIXA DE PROTEÇÃO AC (DPS, FUSÍVEIS E DISJUNTORES)	UN	1
CABOS AC	CABO AC (VERMELHO, PRETO E VERDE)	UN	1

(Autor, 2024)

O custo total desses equipamentos e a mão de obra para instalação é de R\$ 434.162,03.

6.2. Payback

Payback é um indicador financeiro utilizado para representar o tempo de retorno de um investimento, servindo para analisar a viabilidade de um investimento de acordo com o prazo.

Para determinar o *payback*, é necessário calcular a energia produzida pelo sistema fotovoltaico, para isso foi utilizado o *software* HelioScope. Ele pode simular sistemas de solo e telhados, sendo possível adicionar e visualizar os pontos de sombreamento existentes no local, como por exemplo árvores e prédios.

Conforme o detalhamento do sistema, será utilizado 198 módulos com potência de 555W, resultando em uma potência nominal do sistema de 109890W ou 109,89kWp. Com base nesses componentes, foi realizada a simulação e foi possível obter os resultados abaixo.

Conforme a Figura 2, o sistema apresenta perdas de energia, como por exemplo, variação de temperatura, sombreamento e irradiação solar.



Figura 2. Relatório de geração e perdas do sistema. (HelioScope, 2024)

Cada variável citada acima tem um impacto na geração de energia que está representado na Figura 3, mostrando a geração total e a geração final que será utilizada, nesse caso temos o valor de 172.876,5 kWh.

Dessa forma, essa energia ficará disponível para consumo e abatimento no valor da fatura.

Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,950.9	-
	Adjusted Global Horizontal Irradiance	1,950.9	0.0%
	POA Irradiance	2,093.4	7.3%
	Shaded Irradiance	2,033.8	-2.8%
	Irradiance After Reflection	1,977.7	-2.8%
	Irradiance After Soiling	1,938.1	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,938.1	-0.0%
Energy (kWh)	Nameplate	213,103.7	-
	Output at Irradiance Levels	212,322.9	-0.4%
	Output at Cell Temperature Derate	199,140.7	-6.2%
	Output After Mismatch	191,813.3	-3.7%
	Optimal DC Output	191,255.6	-0.3%
	Constrained DC Output	183,092.9	-4.3%
	Energy to Grid	172,876.5	-3.9%
Temperature Metrics			
	Avg. Operating Ambient Temp		23.4°C
	Avg. Operating Cell Temp		33.7°C

**Figura 3 – Produção anual do sistema.
(HelioScope, 2024)**

Com base na geração, é possível determinar o *payback* multiplicando o resultado anual pelo valor da tarifa. estão os resultados obtidos por ano considerando as perdas em sua totalidade e a degradação anual de 0,5% ao ano conforme manual do fabricante dos módulos.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos durante o estudo pelo período de 25 anos, sendo esse o período de vida útil de um módulo fotovoltaico e com uma taxa de reajuste anual de 9% em relação à tarifa de energia, conforme Figura 5.

ANO	GERAÇÃO(kWh)	TARIFA DE ENERGIA (R\$)	ECONOMIA (R\$)	INVESTIMENTO (R\$)	FLUXO ACUMULADO
1	172.876	0,60	104.317,56	-434.162,03	-329.844,47
2	172.012	0,66	113.137,61		-216.706,86
3	171.152	0,72	122.703,40		-94.003,46
4	170.296	0,78	133.077,97		39.074,51
5	169.444	0,85	144.329,71		183.404,22
6	168.597	0,93	156.532,79		339.937,01
7	167.754	1,01	169.767,64		509.704,65
8	166.915	1,10	184.121,49		693.826,14
9	166.081	1,20	199.688,96		893.515,10
10	165.250	1,31	216.572,66		1.110.087,76
11	164.424	1,43	234.883,88		1.344.971,64
12	163.602	1,56	254.743,31		1.599.714,96
13	162.784	1,70	276.281,86		1.875.996,82
14	161.970	1,85	299.641,49		2.175.638,31
15	161.160	2,02	324.976,18		2.500.614,49
16	160.354	2,20	352.452,92		2.853.067,41
17	159.553	2,40	382.252,81		3.235.320,22
18	158.755	2,61	414.572,29		3.649.892,50
19	157.961	2,85	449.624,37		4.099.516,88
20	157.171	3,10	487.640,11		4.587.156,99
21	156.385	3,38	528.870,09		5.116.027,07
22	155.604	3,69	573.586,05		5.689.613,13
23	154.825	4,02	622.082,75		6.311.695,88
24	154.051	4,38	674.679,85		6.986.375,72
25	153.281	4,77	731.724,03		7.718.099,75

Figura 4. Análise financeira de investimento (Autor, 2024)

Avaliando esses dados, podemos observar que entre o 1º ano e o 3º quase todo o investimento é retomado e a partir do 4º ano já se obtém lucro.

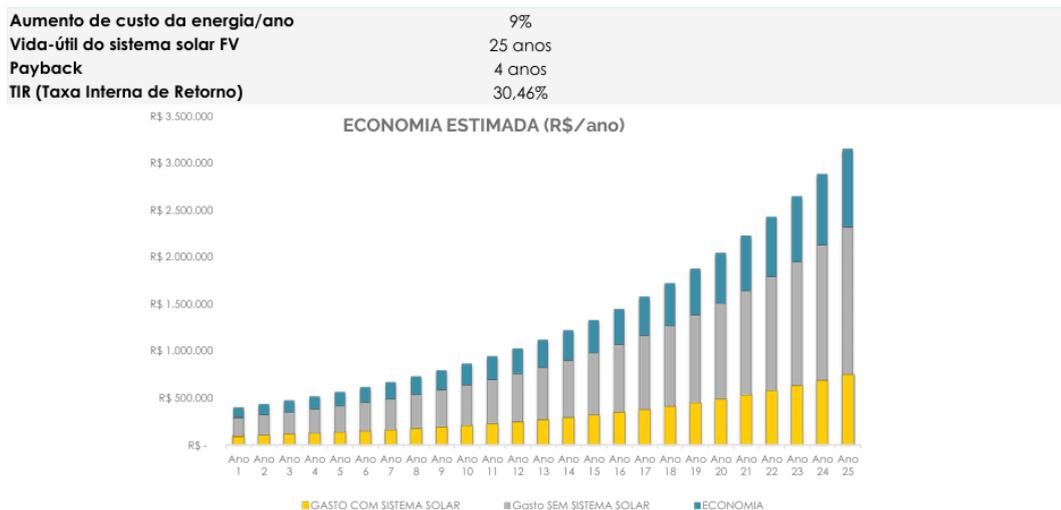


Figura 5. Retorno financeiro e indicadores econômicos (Autor, 2024)

6.3. VPL – Valor Presente Líquido

Valor Presente Líquido (VPL) é um dos métodos para análise de viabilidade de projetos de investimento, com o cálculo é possível ter uma noção do valor do dinheiro no futuro, tendo o ganho real do investimento.

O VPL pode gerar três resultados: positivo, negativo ou neutro. Caso o resultado seja positivo, o investimento é rentável, caso seja neutro, o retorno é nulo, onde não se perde e não se ganha. E se for negativo, o investimento não é viável, ocasionando perdas.

No cenário apresentado, chegamos ao resultado de R\$ 2.828.637,34, ou seja, apresenta uma boa rentabilidade.

7. Considerações finais

Avaliando todos os resultados obtidos, percebe-se que a energia solar fotovoltaica é uma energia limpa e eficaz, embora com alto custo inicial, ela é viável ao longo do tempo. Este estudo teve por finalidade analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma área rural no Estado de Minas Gerais. Para a análise foram analisados o *payback*, TIR e VPL.

O sistema projetado, com uma potência instalada de 109,89 kWp, foi capaz de suprir 100% do consumo anual de energia da propriedade, produzindo 172.876 kWh ao ano. Com um investimento de R\$434.162,03, o estudo indicou que o *payback* do investimento ocorre entre o 1º e o 3º ano, após o qual o sistema começa a gerar lucro. Além disso, o cálculo do VPL revelou um retorno de R\$2.828.637,34 ao longo dos 25 anos de vida útil do sistema, destacando-se como uma opção economicamente viável, rentável e sustentável.

8. Referências

- AMARAN ZERO (2023) Site oficial. Disponível em: <https://app.amaranzero.com.br>. Acesso em: 18 jun. 023.
- ANEEL. (2022) Brasil obtém expansão de 868,2 MW na capacidade instalada em outubro. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/brasil-obtem-expansao-de-868-2-mw-na-capacidade-instalada-em-outubro>. Acesso em: 08 nov. 2023.
- ANEEL. (2022) Energia solar centralizada ultrapassa PCHs na matriz energética brasileira. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/energia-solar-centralizada-ultrapassa-pchs-na-matriz-energetica-brasileira>. Acesso em: 30 out. 2023.
- ANEEL. (2010) Matriz elétrica brasileira. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjo1Njc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 07 nov. 2023.
- BARROSO, A. M. R. *et. al.* (2022) Análise da viabilidade técnica e econômica de instalação de poste de luz solar no CT da UFPI. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1049>. Acesso em: 03 mar. 2024.

- BMB ENERGY. (2024) Estação do ano: Inverno. Disponível em: <https://www.bmbenergy.com.br/estacao-do-ano/#:~:text=Inverno,solar%20como%20vimos%20mais%20acima>. Acesso em: 03/04/2024.
- BLUE SOL ENERGIA SOLAR. (2023) Como funciona a energia solar fotovoltaica. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/como-funciona-energia-solar-fotovoltaica/#:~:text=A%20energia%20solar%20fotovoltaica%20é,miniprojetos%20instalados%20pelos%20próprios%20consumidores>. Acesso em: 16 mai. 2023.
- BLUE SOL ENERGIA SOLAR. (2024) Resolução 482 da ANEEL: Guia completo. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/>. Acesso em: 08 fev. 2024.
- CANAL SOLAR. (2023) Ferramentas de projeto online: SolarEdge Designer e HelioScope. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/ferramentas-de-projeto-online-solaredge-designer-helioscope/>. Acesso em: 20 mai. 2023.
- CARVALHO, L. M. A. (2023) Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. Revista GESEC: Gestão e Secretariado, v. 14, n. 1, p. 45-60. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/1521/734>. Acesso em: 27 abr. 2023.
- GREENER (2022) Estudo Estratégico GD Remota. Disponível em: <https://www.greener.com.br/sumario-executivo-estudo-gd-remota-2022/>. Acesso em: 08 nov. 2023.
- LUZ SOLAR (2021) Como funciona o sistema fotovoltaico. Disponível em: <https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em: 10/04/2024.
- VANGARDI. (2024) O que é VPL? Disponível em: <https://vangardi.com.br/o-que-e-vpl/>. Acesso em: 07 mai. 2024.