

**CENTRO REGIONAL UNIVERSITÁRIO DE ESPÍRITO SANTO DO
PINHAL**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E VANTAGENS NO USO DA
ENERGIA SOLAR NA PROPRIEDADE RURAL**

Hugo Martins

Espírito Santo do Pinhal – SP
Dezembro de 2023

FUNDAÇÃO PINHALENSE DE ENSINO
CENTRO REGIONAL UNIVERSITÁRIO DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA “MANOEL CARLOS GONÇALVES”

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E VANTAGENS NO USO DA ENERGIA
SOLAR NA PROPRIEDADE RURAL

Acadêmico: Hugo Martins

Orientador: Hygino Belli

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte das exigências
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo no Curso de Engenharia
Agrônoma “Manoel Carlos Gonçalves”,
UNIPINHAL.

Espírito Santo do Pinhal – SP

Dezembro de 2023

Martins, Hugo

M386e

Estudo de viabilidade econômica e vantagens no uso da energia solar na propriedade rural / Hugo Martins. – Espírito Santo do Pinhal, 2023.

40 f.

Orientador: Prof. Dr. Hygino Belli.

Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Agrônoma – Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – UNIPINHAL.

1. Energia fotovoltaica. 2. Energia elétrica. 3. Sistema fotovoltaico. 4. Retorno financeiro. 5. Lucro. I. Belli, Hygino. II. Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal. III. Título.

CDU 621.315

FOLHA DE APROVAÇÃO

A Comissão Supervisora do Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Agrônômica do UniPinhal, julga aprovado o trabalho apresentado pelo aluno _____ com o título: _____ em ____ de _____ de 2023.

Orientador(a)

(nome do orientador designado pela Comissão)

Membros da banca

XXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXX

Espírito Santo do Pinhal, ____ de _____ de 2023.

SUMÁRIO

Sumário

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E VANTAGENS NO USO DA ENERGIA SOLAR NA PROPRIEDADE RURAL.....	1
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E VANTAGENS NO USO DA ENERGIA SOLAR NA PROPRIEDADE RURAL.....	ii
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iv
RESUMO.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO.....	12
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	13
3.1 Tecnologias fotovoltaicas	13
3.2 Primeira geração de células fotovoltaicas	13
3.3 Segunda geração de células fotovoltaicas	14
3.4 Terceira geração de células fotovoltaicas	14
3.5 Sistemas Fotovoltaicos	15
3.5.1 Sistemas autônomos ou isolados (OFF GRID)	15
3.5.2 Sistemas ligados à rede (ON GRID)	15
3.5.3 Sistemas Híbridos	16
3.6 Equipamentos de um sistema fotovoltaico	16
3.6.1 Painel Solar Fotovoltaico	16
3.6.2 Baterias	16
3.6.3 Controladores de carga	17
3.6.4 Inversores	17
3.7 Regulamentação de micro e minigeradoras de energia	17
4 METODOLOGIA.....	19

4.1	Irradiação solar no município de Aspásia (SP)	19
4.2	Análise de gastos mensais com energia elétrica.....	20
4.3	Dimensionamento do sistema.....	21
4.4	Geração de energia pelo sistema fotovoltaico	22
4.5	Gastos com a manutenção do sistema.....	23
4.6	Gastos com energia elétrica	23
4.7	Indicadores para Análise de Viabilidade Financeira.....	24
4.7.1	<i>Payback</i> descontado	24
4.7.2	Valor Presente Líquido (VPL).....	25
4.7.3	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Dimensionamento do sistema (painéis e inversor).....	26
5.2	Resultados da geração de energia do sistema.....	27
5.3	Gastos com a manutenção do sistema.....	29
5.4	Gastos com energia elétrica	30
5.5	Economia com o sistema fotovoltaico.....	33
5.6	Indicadores de análise de viabilidade econômico-financeira.....	34
6	CONCLUSÃO.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Irradiação solar Aspásia (SP).....	19
Tabela 2 - Consumo mensal de energia elétrica.....	20
Tabela 3 - Gastos com manutenção do sistema.....	29
Tabela 4 - Gastos com energia elétrica sem sistema fotovoltaico.....	31
Tabela 5 - Geração de energia do sistema (valor em reais)	32
Tabela 6 - Geração do sistema (em reais) deduzindo a manutenção.....	33
Tabela 7 - Valores de fluxo de caixa.....	35
Tabela 8 - Cálculo do <i>payback</i> descontado.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferença entre o m-Si e p-Si.....	14
Figura 2 - Sistema fotovoltaico residencial <i>on grid</i>	15
Figura 3 - Sistema Dimensionado.....	27
Figura 4 - Geração de energia média.....	28
Figura 5 - Geração de energia média (com degradação)	28
Figura 6 - Comparativo de gastos com manutenção.....	30
Figura 7 - Aumento médio anual de tarifa.....	30
Figura 8 - Gastos com o sistema e energia elétrica.....	34
Figura 9 - Economia total com o sistema fotovoltaico.....	34
Figura 10 - Valor do <i>payback</i> descontado.....	36

RESUMO

Título: Estudo de viabilidade econômica e vantagens no uso da energia solar na propriedade rural

Autor: Hugo Martins

Orientador: Hygino Belli

O presente trabalho tem como objetivo abordar a utilização de energia solar fotovoltaica em propriedade rural, de forma a apresentar indicadores de viabilidade econômica e as vantagens para o produtor rural em adquirir um sistema de geração de energia elétrica através da radiação solar em sua propriedade. O sistema fotovoltaico consiste na transformação da radiação solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. A energia gerada por meio da radiação solar é considerada limpa e renovável, sendo segura, eficiente e sustentável, pois é totalmente proveniente do sol. No trabalho, foram coletados os gastos mensais com energia elétrica na propriedade rural e através de cálculos, posteriormente foi traçada uma projeção de gastos ao longo dos anos. Foi dimensionado o sistema fotovoltaico necessário para suprir os gastos com energia elétrica do produtor rural e, embasado nos dados coletados dos cenários estudados, no custo final do sistema instalado, na depreciação do material e nos valores com manutenções regulares, foi apresentado o tempo de retorno do investimento e o provável lucro ao longo dos anos para o produtor rural.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Energia elétrica. Sistema fotovoltaico. Retorno financeiro. Lucro.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de energia elétrica a busca por fontes alternativas é alvo de diversas pesquisas em todo o mundo, não apenas pela necessidade de maior capacidade de geração de energia, mas também pela redução de impactos ambientais ocasionados pelas fontes convencionais utilizadas atualmente.

Nesse cenário a energia solar se mostra uma opção muito interessante, tanto por ser uma fonte renovável, quanto pelo seu baixo impacto ambiental. Além disso, o Brasil apresenta um ambiente favorável à utilização dessa fonte de energia, com uma média de irradiação solar que varia entre 1200 e 2400 kWh/m²/ano, números bem superiores a países que utilizam essa tecnologia há mais tempo, a exemplo da Alemanha que recebe entre 900 e 1250 kWh/m²/ano (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Sobre a energia solar fotovoltaica, sua definição básica é dada como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade, processo que ocorre por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que utiliza o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

O efeito fotovoltaico ocorre através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Diversos materiais podem ser utilizados como semicondutores, sendo o silício o mais comum (LANA *et. al.*, 2015).

Existem três tipos de sistemas fotovoltaicos, os Sistemas isolados (OFF GRID), os Sistemas ligados à rede (ON GRID) e os Sistemas híbridos.

O processo de geração de energia solar, resumidamente, é dado por um painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua a partir da energia da radiação solar, posteriormente essa corrente é transformada em corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão se dá pela utilização do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica. (LANA *et. al.*, 2015).

Em toda propriedade rural há gastos com energia elétrica, sendo eles proporcionais ao nível de produtividade e diferentes de acordo com cada seguimento desenvolvido. Logo, sendo necessário o estudo de viabilidade para a introdução de um sistema fotovoltaico, ou seja, energia solar. No presente trabalho foram calculados os gastos referentes à energia elétrica na propriedade estudada, sem o

uso de energia solar e com o uso da mesma. Numericamente, foram comparados os resultados de ambos os cenários e expostos os benefícios da utilização de um sistema fotovoltaico para geração da própria energia e, principalmente, exposta a economia financeira que o produtor rural terá com a implantação do sistema.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo geral apresentar o dimensionamento de um sistema fotovoltaico on grid para uma propriedade rural do interior do Estado de São Paulo. De maneira específica, objetivou-se, realizar um estudo de viabilidade econômica contemplando uma projeção de gastos financeiros com a manutenção do sistema, bem como uma análise do retorno do investimento financeiro (*payback*).

3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

3.1 Tecnologias fotovoltaicas

Atualmente o silício (Si) é o material utilizado com mais frequência na fabricação das células fotovoltaicas. O material é explorado em várias formas: cristalino, policristalino e amorfo (CEMIG, 2012). Embora eficiente o silício apresenta alguns riscos em seu preparo para utilização, principalmente na fase de purificação, por isso materiais alternativos como Perovskita/Si com menor potencial de causar toxicidade humana e ecológica estão sendo pesquisados (LUNARDI *et al.*, 2017).

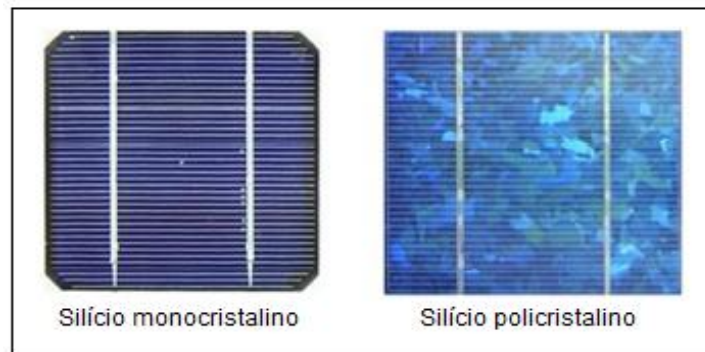
As tecnologias fotovoltaicas em desenvolvimento são classificadas em três tipos, chamadas de "gerações", buscando um melhor desempenho na geração de energia a custos menores e de forma sustentável (TEIXEIRA; RAMOS; AGUIAR, 2021). Em seguida são apresentadas as tecnologias mais utilizadas em células solares.

3.2 Primeira geração de células fotovoltaicas

Essa geração apresenta células a base de silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representa a grande maioria do que há mercado, por ser uma tecnologia de melhor eficiência, consolidação e confiança (LANA *et. al.*, 2015).

Módulos de p-Si têm menor eficiência se comparado ao de silício monocristalino, mesmo que tendo o mesmo material de base. Isso é fruto do módulo de p-Si em vez de ser formado por um único cristal, é feito de silício fundido e solidificado, resultando em um bloco com grandes quantidades de grãos ou cristais, concentrando maior número de defeitos. Esses defeitos fazem o custo de módulos de p-Si ser mais baixo quando comparados aos de m-Si (RUTHER, 2004).

Figura 1 - Diferença entre o m-Si e p-Si



Fonte: Cepel (2013)

3.3 Segunda geração de células fotovoltaicas

São células fotovoltaicas fabricadas com a aplicação de finas camadas, que variam de micrometros a nanômetros de espessura, de um material fotovoltaico sobre uma base, a qual pode ser de vidro, plástico, cerâmica ou metal. Essas tecnologias também são conhecidas por filmes finos. Os principais materiais utilizados nos filmes finos são: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe) (LANA *et. al.*, 2015).

Os filmes finos, em termos econômicos, apresentam a vantagem de consumir menos matéria prima e menos energia em sua fabricação, dessa forma, seus custos são mais baixos em comparação a outras tecnologias (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Embora tenham menos custo de fabricação, os filmes finos convertem fótons em elétrons de forma menos eficiente do que as células de cristais únicos de silício (GORE, 2010).

3.4 Terceira geração de células fotovoltaicas

São células fotovoltaicas que estão sendo pesquisadas em laboratório e tem pouca participação no mercado. Várias substâncias orgânicas estão sendo estudadas, inclusive os materiais orgânico-metálicos (OGBOMO *et al.*, 2017).

3.5 Sistemas Fotovoltaicos

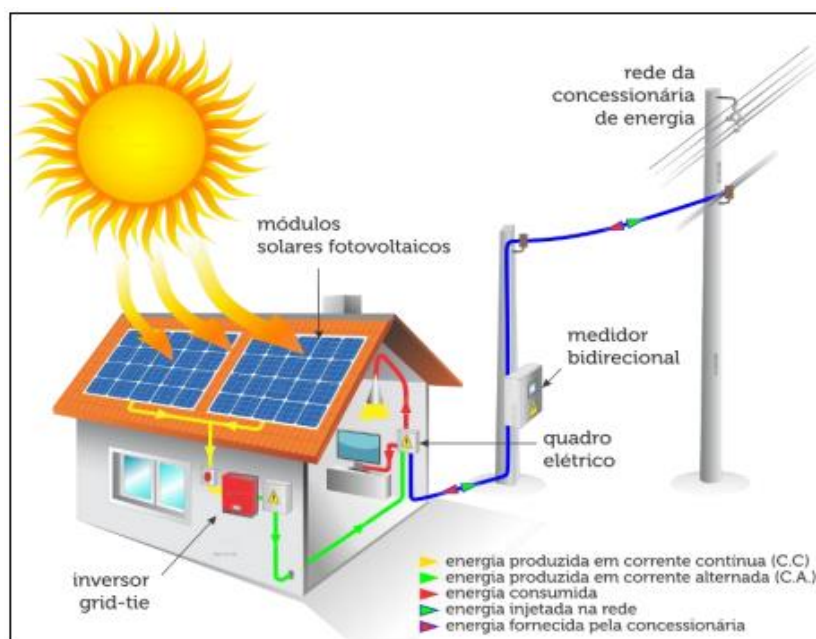
3.5.1 Sistemas autônomos ou isolados (OFF GRID)

Os sistemas autônomos não necessitam da rede de distribuição elétrica convencional, o que os torna mais interessantes em localidades remotas. Há dois tipos de sistemas autônomos, o com armazenamento e sem armazenamento, a principal diferença está no uso do sistema de armazenamento de energia, normalmente composto por baterias (LANA *et. al.*, 2015).

3.5.2 Sistemas ligados à rede (ON GRID)

São sistemas em conjunto com a rede elétrica convencional. De forma breve, esses sistemas funcionam com a energia elétrica gerada pelo painel solar a partir da energia solar recebida, o painel gera energia em forma de corrente contínua, a qual é transformada em corrente alternada após passar por um equipamento conhecido como inversor de frequência (PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

Figura 2 - Sistema fotovoltaico residencial *on grid*



Fonte: LANA *et. al.* (2015)

3.5.3 Sistemas Híbridos

São sistemas fotovoltaicos em conjunto com demais fontes de energia. A maior vantagem é proporcionar eletricidade quando a incidência solar é baixa, ou seja, em dias de baixa, ou nenhuma, geração (LANA *et. al.*, 2015).

3.6 Equipamentos de um sistema fotovoltaico

3.6.1 Paine Solar Fotovoltaico

Os principais componentes de um sistema fotovoltaico são os painéis solares. Composto por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto. O conjunto dos painéis é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

3.6.2 Baterias

Equipamentos responsáveis por fazer o armazenamento da energia elétrica gerada pelos painéis. São mais comumente usadas em sistemas isolados na rede elétrica. O objetivo das baterias é suprir a demanda de energia elétrica, pois como a radiação solar é uma fonte de energia que varia de intensidade ao longo do dia e de acordo com as condições do tempo, há períodos em que os painéis geram pouca ou nenhuma energia (LANA *et. al.*, 2015).

3.6.3 Controladores de carga

São dispositivos que têm como principal função proteger os acumuladores de energia, isto é, as baterias de sobrecargas do sistema. Também permitem que o sistema opere em sua máxima eficiência (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

3.6.4 Inversores

Os inversores convertem a corrente elétrica da energia vinda dos módulos, que geralmente é em corrente contínua, para corrente alternada, isso porque a maioria dos equipamentos eletrônicos utiliza corrente alternada para funcionar. Esses dispositivos também permitem ajustar a frequência e tensão da energia gerada pelos painéis para que o sistema fotovoltaico possa ser ligado à rede de distribuição de energia elétrica (PINHO & GALDINO, 2014).

3.7 Regulamentação de micro e minigeradoras de energia

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica podem ser classificados em três categorias, conforme o seu tamanho. A primeira categoria é denominada microgeração, para potência instalada até 75 kW, a segunda categoria é chamada minigeração, para potência instalada entre 75 kW e 5 MW e a terceira e última categoria é definida como usina de eletricidade, para potência acima de 5 MW.

Também é a ANEEL que tem as atribuições de regulamentar e fiscalizar a geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica no Brasil.

No tocante à geração elétrica por meio de fontes renováveis, a ANEEL realizou uma consulta e audiência pública nos anos de 2010 e 2011. Nas duas ocasiões o objetivo foi expor a inevitável tendência de crescimento mundial da geração de energia alternativa. Em face da notável busca de mudança de matriz energética, foram realizadas discussões sobre os incentivos e dispositivos legais à geração de energia distribuída de pequeno porte ligada à rede de distribuição. O fim

dessa discussão se deu com a aprovação da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (RIBEIRO, 2020).

Com a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica estabeleceu os parâmetros e procedimentos necessários para o acesso à micro e minigeração distribuídas (pequenas centrais geradoras) aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes.

4 METODOLOGIA

O trabalho explorou um estudo de caso em uma propriedade rural denominada Sítio Três Corações, localizada no município de Aspásia, situado no extremo noroeste do Estado de São Paulo. Na propriedade são desenvolvidas principalmente as atividades de citricultura e pecuária leiteira.

A base metodológica para o dimensionamento do sistema fotovoltaico teve início com o estudo da irradiação solar incidente no município e a análise do consumo de energia elétrica. De posse dessas informações, partiu-se para o dimensionamento por si do sistema fotovoltaico considerando-se a necessidade de suprir a demanda energética da propriedade. Posteriormente, efetuou-se uma projeção de gastos financeiros com a manutenção do sistema para um período de 25 anos, assim como uma análise do retorno do investimento financeiro (*payback*).

Essa metodologia de pesquisa visa conhecer os fatos e fenômenos acerca do tema abordado usando métodos de observação sistemática, normalmente por meio de revisões bibliográficas, entrevistas, reproduções de ambientes em laboratórios e dados coletados em campo (MILL, 2004).

4.1 Irradiação solar no município de Aspásia (SP)

Levando-se em consideração que a irradiação solar é um dado fundamental para o dimensionamento do sistema, efetuou-se uma busca de dados da região na qual este trabalho enfoca. Foi encontrada a radiação solar no município de Aspásia (SP). De acordo com a tabela 1 que na que o mês que teve maior radiação foi em dezembro, e com menor o mês de junho. Ainda segundo a tabela 1 a maior média anual de radiação solar foi registrada em um ângulo de 19° N em relação de ao plano horizontal sendo de 5,42 kWh/m² · dia.

Tabela 1 - Irradiação solar Aspásia (SP)

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	5,78	5,99	5,38	4,9	4,23	3,98	4,17	5,09	5,07	5,69	5,95	6,27	5,21	2,29
Ângulo igual a latitude	20° N	5,27	5,72	5,49	5,46	5,09	5	5,16	5,91	5,34	5,55	5,48	5,61	5,42	0,91
Maior média anual	19° N	5,3	5,75	5,5	5,44	5,06	4,96	5,12	5,88	5,34	5,57	5,52	5,66	5,42	0,93
Maior mínimo mensal	24° N	5,12	5,61	5,46	5,51	5,21	5,15	5,3	6,01	5,34	5,47	5,34	5,43	5,41	0,89

Fonte: CRESESB (2023)

4.2 Análise de gastos mensais com energia elétrica

As informações utilizadas nesse projeto foram coletadas na propriedade Sítio Três Corações no extremo noroeste do estado de São Paulo, no período de setembro de 2021 a setembro de 2022. Por meio da análise dos gastos mensais de energia elétrica da propriedade. A pesquisa foi realizada inicialmente analisando-se as áreas de plantação e de ordenha, tipo de sistema a ser instalado (telhado ou solo), tipo de rede elétrica, dentre outros fatores que são levados em consideração para se projetar um sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

Tabela 2 - Consumo mensal de energia elétrica

Entrada de Dados (Conta de Energia)	
Valor da Conta de Energia	R\$ 1.649,44
Consumo (kWh) Mês Referência	2.478
Consumo (kWh) Mês 1	2.094
Consumo (kWh) Mês 2	2.675
Consumo (kWh) Mês 3	2.149
Consumo (kWh) Mês 4	1.276
Consumo (kWh) Mês 5	100
Consumo (kWh) Mês 6	100
Consumo (kWh) Mês 7	100
Consumo (kWh) Mês 8	100
Consumo (kWh) Mês 9	100
Consumo (kWh) Mês 10	100
Consumo (kWh) Mês 11	1.098
Consumo (kWh) Mês 12	2.531

Fonte: autor

4.3 Dimensionamento do sistema

Sabendo-se a média de irradiação e o potencial de geração dos painéis solares, foi possível determinar a energia gerada pelos painéis, de tal forma analisar o consumo diário e a compensação de energia.

Posteriormente foi estudado o melhor local para instalação dos painéis (solo), logo, foi necessária uma análise para chegar ao posicionamento ideal dos painéis, o qual deverá apresentar inclinação de acordo com a latitude do local, tal inclinação segundo os dados obtidos da CRESESB é de 19° N.

Segundo Ribeiro (2020) há duas formas para se calcular a quantidade de módulos necessários para abastecer em partes ou integralmente a demanda energética de uma propriedade. A partir do consumo anual médio de energia estimado, divide-se este valor pela energia produzida por um módulo no mesmo período de tempo.

$$N_p = C_{am} \div E_p \text{ (Equação 1)}$$

N_p : número de painéis

C_{am} : consumo anual médio (kWh)

E_p : energia gerada por painel por mês (kWh)

Com o número de painéis em mãos e o valor da potência dos painéis (os painéis utilizados no sistema têm potência de 580 W, modelo Vertex produzido pelo fabricante Trina Solar), podemos calcular a potência do sistema.

$$P_s = (P_p \times N_p) \div 1000 \text{ (Equação 2)}$$

P_s : potência do sistema (kWp)

P_p : potência do painel (W)

N_p : número de painéis

Também é importante definir o inversor a ser utilizado no sistema. Segundo Silva (2013), para determinar o inversor a ser utilizado, a potência nominal de módulos ligados ao inversor não pode ser maior que 110% da potência máxima do

inversor. A potência nominal do inversor comercial a ser utilizado no sistema deve ser igual ou superior ao valor resultante da equação abaixo:

$$P_i = P_s \div 1,1 \text{ (Equação 3)}$$

P_s : potência do sistema (kWp)

P_i : potência do inversor (kW)

4.4 Geração de energia pelo sistema fotovoltaico

Com base na potência, tamanho e número de painéis que compõem o sistema, além dos dados de irradiação solar média é possível calcular energia gerada por módulo do sistema.

Segundo Rosa e Santos (2016) para calcular a energia produzida diariamente por um módulo, é possível utilizar duas equações equivalentes, que resultarão em valores praticamente iguais. A área de cada painel segundo dados fornecidos pelo fabricante é de 2,7 m² e o coeficiente de rendimento dos painéis é de 21,5%. Ainda conforme recomendação da CEPEL e CRESESB (2014), pode ser adotado o fator de redução 1 como 0,75 para placas de m-Si, multiplicado pelo fator de redução 2, do qual é recomendado o valor de 0,9. O produto dos fatores resulta em 0,675, porém, por causa do acúmulo de sujeira na superfície dos painéis, degradação devido às intempéries, tolerância para menos de fabricação dos valores nominais apresentados, perdas por temperatura e perdas no sistema, foi adotado um valor de 0,8.

$$E_p = A_p \times \eta \times I \times F_r \text{ (Equação 4)}$$

E_p : energia gerada por painel por dia (kWh)

A_p : área do painel (m²)

η : eficiência do módulo

I : irradiação solar média (kW/m².dia)

F_r : fator de redução

$$E_p = (P_p \times I \times F_r) \div 1000 \text{ (Equação 4.1)}$$

E_p : energia gerada por painel por dia (kWh)

P_p : potência do painel (W)

I : irradiação solar média

F_r : fator de redução

Sabendo a energia gerada por cada módulo é possível estimar a energia gerada pelo sistema.

$$ET_p = N_p \times E_p \text{ (Equação 4.2)}$$

ET_p : energia total gerada por todos os painéis por dia (kWh)

N_p : número de painéis

E_p : energia gerada por painel por dia (kWh)

4.5 Gastos com a manutenção do sistema

Para fins de análise de viabilidade econômico-financeira do projeto, foram calculados também os gastos com a manutenção do sistema, nos quais se dão principalmente pela limpeza dos painéis. Nesse cálculo foi utilizado um aumento anual de 5% nos custos, baseados nos aumentos de inflação da economia percebidos nos últimos anos.

4.6 Gastos com energia elétrica

Com os dados de consumo médio, investimentos no sistema fotovoltaico dimensionado, energia gerada pelo sistema e com o valor da taxa do consumo de energia (adicionando-se a inflação estimada a cada ano) é possível estimar os gastos com consumo de energia sem o sistema fotovoltaico e com o sistema projetado. O valor da tarifa paga por kWh foi calculado baseado na conta de energia

do mês de setembro de 2022, dividindo-se o valor da conta (R\$) pelo valor consumido (kWh) no mês. Já os aumentos anuais foram calculados com base nas contas de setembro do ano de 2020, 2021 e 2022, considerando a porcentagem de aumento de um ano para o outro e executando a média.

4.7 Indicadores para Análise de Viabilidade Financeira

Um ponto importante a avaliar-se quando se analisa um investimento é o seu objetivo, mesmo que geralmente está relacionado ao tempo de retorno, que pode ser de curto, médio e de longo prazo. Investimentos de longo prazo, embora tenham o empecilho de trabalhar por um período relativamente longo sem retornos, são comumente adotados em conjunto com planejamento estratégico, adotando filosofias, políticas visando um lucro maior, isso quando os indicadores apontam para uma viabilidade satisfatória do investimento (KRUGER; ZANELLA; BARICHELLO, 2023).

A depender da matéria cada projeto utiliza alguns tipos de indicadores de viabilidade financeira específicos, nesse projeto serão abordados de acordo com o objetivo que é analisar a viabilidade econômico-financeira de um sistema de energia fotovoltaica: o *payback* descontado, o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o valor anual uniforme equivalente.

4.7.1 *Payback* descontado

Segundo Rasoto *et al.* (2012) o *payback* descontado busca informar o tempo necessário para que o projeto devolva ao investidor o valor inicialmente investido, ou seja, o tempo exato onde as entradas do fluxo de caixa igualam-se ao valor investido. O *payback* descontado tem como objetivo considerar o valor do dinheiro ao longo do tempo (BRUNI e FAMÁ, 2007; FREZATTI, 2008; ASSAF NETO e LIMA, 2009).

Mediante o uso de uma Taxa Mínima de Atratividade, o *payback* descontado visa trazer os fluxos de caixa futuros ao valor presente (CAMLOFFSKI, 2014).

4.7.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido também conhecido como valor atual líquido (VAL) é um dos indicadores mais utilizados em estudos de finanças para decisão de investimento. O cálculo do VPL é realizado subtraindo-se do valor inicial de um projeto, o valor presente das entradas líquidas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo do capital da empresa (DASSI *et. al.*, 2015).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TMA)^t} - FC_0 \quad (\text{Equação 5})$$

t: período de investimento
 FC_t: fluxo de caixa no período (t)
 FC₀: fluxo de caixa inicial (investimento)
 TMA: taxa mínima de atratividade

4.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é uma taxa de desconto hipotética, ela é calculada a partir de uma projeção de fluxo de caixa (suposição de lucros e de gastos em um período de tempo) quando consideramos que seu Valor Presente Líquido (VPL) é igual a zero. Embora seja amplamente usada, alguns autores ponderam que a TIR não pode ser considerada isoladamente na decisão de um investimento, pois mesmo que essa taxa seja maior que a TMA isso não significa que o investimento seja lucrativo (FILHO & KOPITTKKE, 2010).

$$0 = VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (\text{Equação 6})$$

t: período de investimento
 FC_t: fluxo de caixa no período (t)
 FC₀: fluxo de caixa inicial (investimento)
 TIR: taxa interna de retorno

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foram apresentados todos os dados e informações relativas ao sistema fotovoltaico proposto, assim como os cálculos e análise dos indicadores de viabilidade econômico-financeira do projeto.

5.1 Dimensionamento do sistema (painéis e inversor)

O número de painéis foi calculado de acordo com a equação 1 da seção anterior, portanto levando-se em conta o consumo anual médio de energia elétrica e a energia gerada por cada painel. Assim temos:

$$N_p = C_{am} \div E_p$$

O valor do consumo anual médio de energia (C_{am}) calculado foi de 1146 kWh/mês, já o valor da energia produzida por cada painel (E_p) é dado pelas equações 3 e 3.1 (esses valores foram analisados mais precisamente na seguinte seção), o valor obtido foi de 75,30 kWh/mês para cada painel. Substituindo os valores temos:

$$N_p = 1146 \div 75,30 = 15,21$$

Como o número de painéis é inteiro e não deve-se subdimensionar o sistema, o número de painéis utilizados foi de 16.

A potência do inversor foi calculada segundo a equação 2. Então:

$$P_i = P_s \div 1,1$$

O valor de potência do sistema foi calculado utilizando a equação 2.

$$P_s = (P_p \times N_p) \div 1000$$

Sendo a potência dos painéis de 580 W e o número de painéis de 16, temos:

$$P_s = (580 \times 16) \div 1000 = 9,28 \text{ kWp}$$

Logo a potência do inversor é de:

$$P_i = 9,28 \div 1,1 = 8,44 \text{ kW}$$

Desse modo o sistema dimensionado e o respectivo valor investido são mostrados na figura a seguir.

Figura 3 - Sistema Dimensionado

Sistema Dimensionado	
Número de Módulos (580W)	16
Potência do Sistema (kWp)	9,28
Potência do Inversor (kW)	8,44
Valor Médio do Sistema	R\$ 33.408,00

5.2 Resultados da geração de energia do sistema

Utilizando-se as equações 4 e 4.1 e os valores citados na seção 3.2 do capítulo anterior, foi calculada a energia gerada por cada painel diariamente. Nesse projeto utilizamos duas formas de se calcular a energia gerada por cada painel. Os resultados são mostrados em sequência.

Utilizando a equação 4, temos:

$$E_p = A_p \times \eta \times I \times F_r$$

De acordo com os valores dados no capítulo anterior temos que $A_p = 2,7 \text{ m}^2$, $\eta = 21,5\%$, $I = 5,42 \text{ kW/m}^2$ e $F_r = 0,8$. Substituindo-se os valores na equação temos:

$$E_p = 2,7 \times 0,215 \times 5,42 \times 0,8 = 2,51 \text{ kWh/dia}$$

Utilizando-se a equação 4.1 temos:

$$E_p = (P_p \times I \times F_r) \div 1000$$

Substituindo-se os valores a equação fica do seguinte modo:

$$E_p = (580 \times 5,42 \times 0,8) \div 1000 = 2,51 \text{ kWh/dia}$$

Para o cálculo da energia gerada por todo o sistema por dia, foi utilizada a equação 4.2.

$$ET_p = N_p \times E_p$$

Com os valores obtidos anteriormente, temos que:

$$ET_p = 16 \times 2,51 = 40,16 \text{ kWh/dia}$$

Os valores de geração do sistema no tempo de horizonte do projeto são dados pela figura 4.

Figura 4 - Geração de energia média

Geração Média do Sistema (sem degradação)	
Mensal (kWh)	1.205
Anual (kWh)	14.460
Total em 25 anos (kWh)	361.500

No projeto também foram calculados os valores de geração de energia levando-se em conta a degradação do sistema fotovoltaico, adotando-se uma perda de eficiência de 2% após o primeiro ano e uma média de 0,55% nos anos subsequentes, valores extraídos do manual de fabricação dos painéis. Os valores calculados são mostrados na figura 5.

Figura 5 - Geração de energia média (com depreciação)

Geração Média do Sistema (com depreciação)	
Primeiro Ano (kWh)	14.171
Total em 25 anos (kWh)	331.850

5.3 Gastos com a manutenção do sistema

Os gastos com a manutenção do sistema se dão principalmente com a limpeza dos painéis. Nesse cálculo foi utilizado um aumento anual de 5% nos custos, baseado nos aumentos de inflação da economia, percebidos nos últimos anos. Os valores são exibidos na tabela a seguir.

Tabela 3 - Gastos com manutenção do sistema

Gastos com Manutenções + Inflação 5% a.a.	
Ano 1	R\$ 960,00
Ano 2	R\$ 1.008,00
Ano 3	R\$ 1.058,40
Ano 4	R\$ 1.111,32
Ano 5	R\$ 1.166,89
Ano 6	R\$ 1.225,23
Ano 7	R\$ 1.286,49
Ano 8	R\$ 1.350,82
Ano 9	R\$ 1.418,36
Ano 10	R\$ 1.489,28
Ano 11	R\$ 1.563,74
Ano 12	R\$ 1.641,93
Ano 13	R\$ 1.724,02
Ano 14	R\$ 1.810,22
Ano 15	R\$ 1.900,73
Ano 16	R\$ 1.995,77
Ano 17	R\$ 2.095,56
Ano 18	R\$ 2.200,34
Ano 19	R\$ 2.310,35
Ano 20	R\$ 2.425,87
Ano 21	R\$ 2.547,17
Ano 22	R\$ 2.674,52
Ano 23	R\$ 2.808,25
Ano 24	R\$ 2.948,66
Ano 25	R\$ 3.096,10
Total	R\$ 45.818,01

Para fins comparativos foi calculada uma estimativa de gastos com e sem o efeito da inflação. Os valores são dados pela figura 6.

Figura 6 - Comparativo de gastos com manutenção

Manutenções (Limpeza): Média R\$30,00/ Módulo	
Anual (2x ao ano)	R\$ 960,00
Total em 25 anos (sem inflação)	R\$ 24.000,00
Total em 25 anos (inflação 5 % a.a.)	R\$ 45.818,01

5.4 Gastos com energia elétrica

Inicialmente foi calculado o valor da tarifa por kWh, dividindo-se o valor (R\$) da conta de energia do mês de setembro de 2022 pelo consumo (kWh) referente ao mesmo mês. E, o valor obtido foi de R\$ 0,67 por kWh. Também foi calculada uma média de aumento do valor da tarifa baseando-se no aumento percebido nos últimos 3 anos, conforme mostra figura 7.

Figura 7 - Aumento médio anual de tarifa

Aumento Anual Médio da Tarifa (kWh)		
Mês	Valor do kWh	Variação
2020	R\$ 0,52	
2021	R\$ 0,52	0,00%
2022	R\$ 0,67	28,85%
Média de Aumento:		14,43%

Com base nesses valores foi elaborada uma tabela estimando o gasto durante o tempo de horizonte de projeto.

Tabela 4 - Gastos com energia elétrica sem sistema fotovoltaico

Gastos com Energia Elétrica (sem sistema)			
Ano 1	R\$ 9.215,85	Ano 14	R\$ 53.156,22
Ano 2	R\$ 10.545,70	Ano 15	R\$ 60.826,66
Ano 3	R\$ 12.067,44	Ano 16	R\$ 69.603,95
Ano 4	R\$ 13.808,77	Ano 17	R\$ 79.647,80
Ano 5	R\$ 15.801,38	Ano 18	R\$ 91.140,97
Ano 6	R\$ 18.081,52	Ano 19	R\$ 104.292,62
Ano 7	R\$ 20.690,68	Ano 20	R\$ 119.342,04
Ano 8	R\$ 23.676,35	Ano 21	R\$ 136.563,10
Ano 9	R\$ 27.092,84	Ano 22	R\$ 156.269,15
Ano 10	R\$ 31.002,34	Ano 23	R\$ 178.818,79
Ano 11	R\$ 35.475,98	Ano 24	R\$ 204.622,34
Ano 12	R\$ 40.595,16	Ano 25	R\$ 234.149,35
Ano 13	R\$ 46.453,04	Total	R\$ 1.792.940,03

Baseado na quantidade de energia gerada pelo sistema anualmente, valor de tarifa e seu aumento, degradação do sistema e gastos com manutenção do sistema, foi possível calcular o valor em reais da energia gerada pelo sistema. Na prática esse é o valor estimado a ser abatido na conta de energia elétrica em razão da energia gerada pelo sistema.

Tabela 5 - Geração de energia do sistema (valor em reais)

Geração Anual (kWh) + Degradação x Aumento da Tarifa			
Ano 1	14.171	R\$ 0,67	R\$ 9.494,57
Ano 2	14.093	R\$ 0,77	R\$ 10.851,61
Ano 3	14.016	R\$ 0,88	R\$ 12.334,08
Ano 4	13.938	R\$ 1,01	R\$ 14.077,38
Ano 5	13.862	R\$ 1,15	R\$ 15.941,30
Ano 6	13.786	R\$ 1,32	R\$ 18.197,52
Ano 7	13.710	R\$ 1,51	R\$ 20.702,10
Ano 8	13.634	R\$ 1,73	R\$ 23.586,82
Ano 9	13.559	R\$ 1,97	R\$ 26.711,23
Ano 10	13.485	R\$ 2,26	R\$ 30.476,10
Ano 11	13.411	R\$ 2,58	R\$ 34.600,38
Ano 12	13.337	R\$ 2,95	R\$ 39.344,15
Ano 13	13.263	R\$ 3,38	R\$ 44.828,94
Ano 14	13.191	R\$ 3,87	R\$ 51.049,17
Ano 15	13.118	R\$ 4,42	R\$ 57.981,56
Ano 16	13.046	R\$ 5,06	R\$ 66.012,76
Ano 17	12.974	R\$ 5,79	R\$ 75.119,46
Ano 18	12.903	R\$ 6,63	R\$ 85.546,89
Ano 19	12.832	R\$ 7,58	R\$ 97.266,56
Ano 20	12.761	R\$ 8,67	R\$ 110.637,87
Ano 21	12.691	R\$ 9,92	R\$ 125.894,72
Ano 22	12.621	R\$ 11,36	R\$ 143.374,56
Ano 23	12.552	R\$ 12,99	R\$ 163.050,48
Ano 24	12.483	R\$ 14,87	R\$ 185.622,21
Ano 25	12.414	R\$ 17,01	R\$ 211.162,14
Total	331.851		R\$ 1.673.864,56

Com esses valores em mãos foi possível estimar o valor a ser abatido da conta de energia e adicionando-se a esses valores os gastos com a manutenção do sistema os quais estão definidos na tabela 3. Desse modo, ficando mais claro os reais valores de economia anual com o sistema. A tabela a seguir apresenta o valor a ser abatido da conta de energia anualmente deduzindo-se o gasto com manutenção do sistema.

Tabela 6 - Geração do sistema (em reais) deduzindo a manutenção

Geração Média Anual Total (R\$) (Ger. Anual + Degr. x Aumento da Tarifa - Manutenções)	
Ano 1	R\$ 8.534,57
Ano 2	R\$ 9.843,61
Ano 3	R\$ 11.275,68
Ano 4	R\$ 12.966,06
Ano 5	R\$ 14.774,41
Ano 6	R\$ 16.972,29
Ano 7	R\$ 19.415,61
Ano 8	R\$ 22.236,00
Ano 9	R\$ 25.292,87
Ano 10	R\$ 28.986,82
Ano 11	R\$ 33.036,64
Ano 12	R\$ 37.702,22
Ano 13	R\$ 43.104,92
Ano 14	R\$ 49.238,95
Ano 15	R\$ 56.080,83
Ano 16	R\$ 64.016,99
Ano 17	R\$ 73.023,90
Ano 18	R\$ 83.346,55
Ano 19	R\$ 94.956,21
Ano 20	R\$ 108.212,00
Ano 21	R\$ 123.347,55
Ano 22	R\$ 140.700,04
Ano 23	R\$ 160.242,23
Ano 24	R\$ 182.673,55
Ano 25	R\$ 208.066,04
Total	R\$ 1.628.046,55

5.5 Economia com o sistema fotovoltaico

Nessa seção são mostrados os valores estimados de economia gerada pelo sistema, esses valores foram calculados de acordo com os resultados apresentados nas seções anteriores. A figura 8 apresenta os gastos totais com a instalação do sistema e energia elétrica.

Figura 8 – Gastos com o sistema e energia elétrica

Gastos Totais com Sistema + Energia em 25 anos	
Sistema Fotovoltaico	R\$ 33.408,00
Manutenções (limpeza)	R\$ 45.818,01
Energia Elétrica (sem Sistema) - Geração (com Sistema)	R\$ 1.792.940,03
	R\$ 1.628.046,55
	R\$ 164.893,48
Total	R\$ 244.119,50

A figura a seguir mostra a economia estimada para o horizonte do projeto.

Figura 9 - Economia total com o sistema fotovoltaico

Economia em 25 anos	
Gastos com Energia Elétrica (sem sistema)	R\$ 1.792.940,03
-	-
Gastos Totais (com sistema) em 25 anos	R\$ 244.119,50
Total	R\$ 1.548.820,53

De acordo com os valores estimados a serem abatidos na conta de energia elétrica com o sistema, o gasto de instalação e manutenção do sistema, ao compararmos com o gasto sem o sistema percebe-se uma economia estimada em R\$1.548.820,53.

5.6 Indicadores de análise de viabilidade econômico-financeira

O primeiro indicador a ser analisado foi o *payback* descontado, esse indicador leva em consideração o investimento inicial, considerando o valor do dinheiro no tempo, descontando os valores futuros do fluxo de caixa a valor presente por uma taxa, mesma que é denominada de TMA (Taxa Mínima de Atratividade). No cálculo utilizou-se o software Excel como ferramenta e uma TMA de 15%. A tabela a seguir apresenta os valores de fluxo de caixa anuais.

Tabela 7 - Valores de fluxo de caixa

Fluxo de Caixa	
Ano 1	R\$ 8.534,57
Ano 2	R\$ 9.843,61
Ano 3	R\$ 11.275,68
Ano 4	R\$ 12.966,06
Ano 5	R\$ 14.774,41
Ano 6	R\$ 16.972,29
Ano 7	R\$ 19.415,61
Ano 8	R\$ 22.236,00
Ano 9	R\$ 25.292,87
Ano 10	R\$ 28.986,82
Ano 11	R\$ 33.036,64
Ano 12	R\$ 37.702,22
Ano 13	R\$ 43.104,92
Ano 14	R\$ 49.238,95
Ano 15	R\$ 56.080,83
Ano 16	R\$ 64.016,99
Ano 17	R\$ 73.023,90
Ano 18	R\$ 83.346,55
Ano 19	R\$ 94.956,21
Ano 20	R\$ 108.212,00
Ano 21	R\$ 123.347,55
Ano 22	R\$ 140.700,04
Ano 23	R\$ 160.242,23
Ano 24	R\$ 182.673,55
Ano 25	R\$ 208.066,04

O cálculo valor do *payback* descontado é mostrado na seguinte tabela:

Tabela 8 - Cálculo do *payback* descontado

Payback Descontado			
Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo Descontado	Saldo
0	-R\$ 33.408,00	-R\$ 33.408,00	-R\$ 33.408,00
1	R\$ 8.534,57	R\$ 7.421,37	-R\$ 25.986,63
2	R\$ 9.843,61	R\$ 8.559,66	-R\$ 17.426,97
3	R\$ 11.275,68	R\$ 9.804,94	-R\$ 7.622,03
4	R\$ 12.966,06	R\$ 11.274,83	R\$ 3.652,80
5	R\$ 14.774,41	R\$ 12.847,32	R\$ 16.500,12
6	R\$ 16.972,29	R\$ 14.758,51	R\$ 31.258,63
7	R\$ 19.415,61	R\$ 16.883,14	R\$ 48.141,77
8	R\$ 22.236,00	R\$ 19.335,66	R\$ 67.477,42
9	R\$ 25.292,87	R\$ 21.993,80	R\$ 89.471,22
10	R\$ 28.986,82	R\$ 25.205,93	R\$ 114.677,16
11	R\$ 33.036,64	R\$ 28.727,51	R\$ 143.404,67
12	R\$ 37.702,22	R\$ 32.784,54	R\$ 176.189,22
13	R\$ 43.104,92	R\$ 37.482,54	R\$ 213.671,75
14	R\$ 49.238,95	R\$ 42.816,48	R\$ 256.488,23
15	R\$ 56.080,83	R\$ 48.765,94	R\$ 305.254,16
16	R\$ 64.016,99	R\$ 55.666,95	R\$ 360.921,11
17	R\$ 73.023,90	R\$ 63.499,04	R\$ 424.420,16
18	R\$ 83.346,55	R\$ 72.475,26	R\$ 496.895,42
19	R\$ 94.956,21	R\$ 82.570,61	R\$ 579.466,03
20	R\$ 108.212,00	R\$ 94.097,39	R\$ 673.563,42
21	R\$ 123.347,55	R\$ 107.258,74	R\$ 780.822,16
22	R\$ 140.700,04	R\$ 122.347,86	R\$ 903.170,02
23	R\$ 160.242,23	R\$ 139.341,07	R\$ 1.042.511,09
24	R\$ 182.673,55	R\$ 158.846,56	R\$ 1.201.357,65
25	R\$ 208.066,04	R\$ 180.926,99	R\$ 1.382.284,65

O valor do *payback* descontado é dado na seguinte figura:

Figura 10 - Valor do *payback* descontado

Payback Descontado
3,68 anos

A seguir calculou-se o valor presente líquido (VPL), esse indicador também leva em conta os valores de fluxo de caixa e investimento. O cálculo desse indicador também foi feito com o auxílio do software Excel. A equação do VPL foi dada no capítulo anterior. Sabe-se que se o VPL for maior que 0 o projeto se mostra viável, se igual a 0 o VPL não se mostra um indicador a favor ou contra e, se menor que 0 o projeto é inviável. No cálculo utilizou-se uma Taxa Mínima de atratividade (TMA) de 15%.

$$VPL = \sum_{t=1}^{25} \frac{FC_t}{(1 + 0,15)^t} - 33.408 = 140.733,82$$

Posteriormente calculou-se a Taxa interna de retorno (TIR), esse indicador considera uma taxa de viabilidade obtida a partir do VPL, quando esse é igual a 0. Sobre a TIR, seu resultado guarda relação com a TMA, sendo que se a TIR for maior que a TMA o projeto mostra-se viável e se menor o projeto é inviável.

$$0 = VPL = \sum_{t=0}^{25} \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - 33.408 \rightarrow TIR = 0,3998 = 39,98\%$$

6 CONCLUSÃO

A energia solar vem crescendo de forma exponencial no Brasil e no mundo, sendo o uso de sistemas fotovoltaicos uma alternativa sustentável, reduzindo os impactos ambientais causados em relação a outras fontes de geração de energia. Trata-se de uma energia limpa e renovável, além de economicamente viável, o sistema apresenta rápido retorno financeiro relacionado ao seu ciclo de vida e baixas perdas de eficiência ao longo dos anos. Os custos com manutenções também são baixos comparados à economia anual gerada por um sistema fotovoltaico. Além dos gastos com energia elétrica não serem passíveis de retorno, estão condicionados aos aumentos anuais e as possíveis alterações de bandeiras tarifárias, gerando maiores despesas. Um sistema fotovoltaico geralmente apresenta um *payback* entre 3 e 4 anos, sendo que possui em média uma garantia contra defeitos elétricos e/ou de fabricação de 12 anos nos painéis e inversores, dependendo do fabricante. Além da garantia média apresentada pelos fabricantes de 25 anos de geração com perdas que não superam 20% ao final desse período. Números que superam o *payback*, logo, dando segurança ao investidor para concretizar o investimento.

No presente trabalho foram analisados dados de consumo na propriedade rural Sítio Três Corações, situada no município de Aspásia, extremo noroeste do Estado de São Paulo. Todas as ferramentas utilizadas no trabalho apresentaram dados satisfatórios na aquisição de um sistema fotovoltaico pelo produtor rural, confirmando tanto a viabilidade do investimento, quanto o alto valor financeiro economizado durante o ciclo de vida dos equipamentos. Economia que por vez, poderá ser utilizada como futuros investimentos em infraestrutura na própria propriedade rural, visando o crescimento do negócio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Alternativas Energéticas: uma visão Cemig. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. As energias solar e eólica no Brasil. 2013. Disponível em:

<<http://cresesb.cepel.br/download/casasolar/casasolar2013.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro de 2023.

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-ABC. 2015.

GITMAN, Lawrence J. Princípios da Administração Financeira. Tradução João Jacques Salim e João Carlos Douat. 7. Ed. São Paulo: Harbra, 1997

GORE, A. Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática. Our choice: a plan to solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2010.

IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

KRUGER, Silvana Dalmutt; ZANELLA, Cleunice; BARICHELLO, Rodrigo. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review), v. 14, n. 1, p. 428-445, 2023.

LANA, Luana Teixeira Costa et al. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. Engenharias On-line, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015.

LUNARDI, Marina Monteiro; HO-BAILLIE, Anita Wing Yi; ALVAREZ-GAITAN, Juan Pablo; MOORE, Stephen; CORKISH, Richard. A life cycle assessment of perovskite/silicon tandem solar cells. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, [S. l.], v. 25, n. 8, p. 679–695, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/pip.2877>.

- MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. Revista Virtual de Química, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 126–143, 2015.
- MILL, José Geraldo. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA. 2004.
- OGBOMO, Osarumen O.; AMALU, Emeka H.; EKERE, N. N.; OLAGBEGI, P. O. A review of photovoltaic module technologies for increased performance in tropical climate. Renewable and Sustainable Energy Reviews, [S. l.], v. 75, p. 1225–1238, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.109.
- PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.
- PINHO, J.; GALDINO, M. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.
- RIBEIRO, R. P. Estudo de caso: dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial, Araxá, MG, 2016.
- RIBEIRO, V. D. A. P. Dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico das áreas comuns de um condomínio multifamiliar, campos dos goytacazes, RJ, 2020.
- ROSS, Stephen A. et al. Princípios de administração financeira. [Revisão Técnica]. 2000.
- RUTHER, R. – Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas a rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis, SC: Labsolar, 2004.
- TEIXEIRA, Marco Antonio Casadei; RAMOS, Heidy Rodriguez; AGUIAR, A. O. Perspectivas de Novos Materiais Alternativos ao Silício para a produção de Células Solares Fotovoltaicas: Uma Revisão Sistemática da Literatura. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 9, n. 71, p. 48-62, 2021.
- VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012.