

Análise de viabilidade da instalação de uma central de energia solar fotovoltaica

Feasibility analysis of the installation of a photovoltaic solar power plant

DOI: 10.34140/bjbv5n2-038

Recebimento dos originais: 05/01/2023

Aceitação para publicação: 31/03/2023

Yan Heindal de Freitas Carvalho de Souza

Graduando em Engenharia Elétrica

Instituição: Centro Universitário São Lucas

Endereço: Rua Nicarágua, nº 1670, Nova Porto Velho, Porto Velho – Rondônia, Brasil

E-mail: yanheindal@hotmail.com

Kelvin Wesley Barros da Silva

Graduando em Engenharia Elétrica

Instituição: Centro Universitário São Lucas

Rua: Pedro Veloso, nº 8434, JK1, Porto Velho – Rondônia, Brasil

E-mail: kelvinws196@gmail.com

Lucas Mitchel Cardoso Freitas

Graduando em Engenharia Elétrica

Instituição: Centro Universitário São Lucas

Rua Paraná, nº 1542, Nova Floresta, Porto Velho – Rondônia, Brasil

E-mail: lucasmitchel@hotmail.com

Amâncio Gabriel Carvalho Oliveira

Graduando em Engenharia Elétrica

Instituição: Centro Universitário São Lucas

Rua Cantarinho, nº 4323, Nova Floresta, Porto Velho – Rondônia, Brasil

E-mail: amancio_660@hotmail.com

Gabriela Alves dos Santos

Graduanda em Engenharia Elétrica

Instituição: Centro Universitário São Lucas

Rua Santa Rita, nº 6575, aeroclube, Porto Velho – Rondônia, Brasil

E-mail: gabriela.alves9674@gmail.com

RESUMO

A geração energia elétrica através da energia solar é uma das formas mais promissoras de energia alternativa atualmente. Através do efeito fotovoltaico, a radiação solar é absorvida pelos painéis e transformada em energia elétrica. A relevância desse projeto está no fato de oferecer uma visão ampla e concisa sobre os sistemas fotovoltaicos, bem como todos os dados necessários para a melhor compreensão do que esses sistemas propõem. Para essa pesquisa, foram apresentados os conceitos básicos relativos a sistemas fotovoltaicos, sua funcionalidade, vantagens, desvantagens, cenário atual e os componentes básicos para uma análise de viabilidade. Fundamentado em pesquisa básica e descritiva este projeto se baseou principalmente em dados bibliográficos para sua construção e abordou o problema de forma qualitativa. A relevância desse projeto está no fato de oferecer uma visão ampla e concisa sobre os sistemas fotovoltaicos, bem como todos os dados necessários para a melhor compreensão do que esses sistemas propõem. Ainda que o investimento inicial seja o alto, o projeto foi validado economicamente utilizando o Valor Presente Líquido (VPL) que estima o retorno financeiro do investimento e o Payback que estima o tempo de retorno do valor investido.

Palavras-chave: Energia, Solar, Fotovoltaica, Viabilidade.

ABSTRACT

The generation of electrical energy through solar energy is one of the most promising forms of alternative energy today. Through the photovoltaic effect, solar radiation is absorbed by the panels and transformed into electrical energy. The relevance of this project lies in the fact that it offers a broad and concise overview of photovoltaic systems, as well as all the necessary data for a better understanding of what these systems propose. For this research, the basic concepts regarding photovoltaic systems, their functionality, advantages, disadvantages, current scenario and the basic components for a feasibility analysis were presented. Based on basic and descriptive research, this project was based mainly on bibliographic data for its construction and approached the problem in a qualitative way. The relevance of this project lies in the fact that it offers a broad and concise overview of photovoltaic systems, as well as all the necessary data for a better understanding of what these systems propose. Even though the initial investment is high, the project was economically validated using the Net Present Value (NPV) which estimates the financial return on investment, and the Payback which estimates the payback time for the amount invested.

Keywords: Energy, Solar, Photovoltaic, Viabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica diz respeito a conversão da radiação solar em energia elétrica. Para tanto, utiliza geradores de energia solar que são formados por quatro componentes básicos: módulos fotovoltaicos, responsáveis pela transformação da radiação solar em energia elétrica; controladores de carga, responsáveis por evitar sobrecargas ou descargas na bateria; inversores de frequência, responsáveis por transformar corrente contínua em corrente alternada e pela sincronia com a rede da concessionária; e baterias que armazenam a energia elétrica para uso em momentos de baixa luz solar.

Os últimos anos está sendo marcado pela maior crise hídrica brasileira, que fez com que o custo de energia elétrica aumentasse significativamente, além da implantação de novas bandeiras tarifárias, que visam auxiliar na economia de energia. Uma das alternativas para frear o alto custo com energia elétrica, tem sido a instalação de sistemas solares fotovoltaicos em residências. Embora de ainda ter um alto custo de instalação, a energia solar fotovoltaica é uma alternativa segura, prática e econômica para obtenção de energia limpa e com baixo custo.

A utilização de energia solar não está direcionada apenas para residências, sua aplicação também pode ser vista atualmente residências, indústrias, projetos sociais, bombas de irrigação e em áreas rurais. Os benefícios provenientes de sistemas solares, fazem com que sejam de grande importância para aplicação em áreas desprovidas de rede elétrica acessível ou mesmo em locais onde não seria possível ficar sem alimentação elétrica.

Os benefícios da geração de energia solar são inúmeros, dentre eles se destacam a redução dos custos com energia elétrica, proveniente em sua maioria, de energia gerada em usinas hidrelétricas; fácil adaptar em regiões isoladas que não possui rede elétrica, utilizando na maioria das vezes sistemas off-grids; preservação do ambiente, com foco no desenvolvimento sustentável.

Segundo o Portal Solar (2021a), a instalação de sistemas solares em todo mundo tem crescido exponencialmente. Estima-se que até o final de 2022, o uso de energia solar chegará a 30% em países como China, Alemanha, Japão e Estados Unidos, que possuem maior capacidade instalada de geração.

Em complemento a isso, a Global Solar Atlas (2022), informa que a radiação solar, apresenta altos valores principalmente nos continentes asiático e africano. Podendo seu potencial específico variar de 1424 kWh/kWp no continente asiático e 2003 kWh/kWp no continente africano.

O Brasil tem uma grande capacidade para geração de energia solar, e o setor vem ganhando apoio das iniciativas pública e privadas, para aumentar ainda esse potencial (ABSOLAR, 2022).

O Brasil, no ano de 2022, entrou no ranking dos cinco países que mais investem em sistemas fotovoltaicos com 1.308.208 unidades de geração distribuída e 13.721,3 MW de potência instalada, dados levantados até outubro de 2022. Entre os benefícios da fonte solar de energia fotovoltaica ao Brasil, foram investidos mais de R\$ 104,3 bilhões em investimentos, gerando 607,4 mil novos empregos, além da arrecadação de R\$ 27,6 bilhões ao setor público com a arrecadação de tributos. Entre os benefícios ambientais, foram mais de 28 milhões de toneladas de CO₂ evitados (ABSOLAR, 2022).

Em 2021, as usinas solares consideradas de grande porte formaram a sexta maior fonte de geração de energia elétrica no Brasil e se faziam presentes em todas as regiões do País, com unidades geradoras em operação em dezenove estados brasileiros (ABSOLAR, 2022).

O estado de Rondônia é o 21º no ranking nacional de geração distribuída, segundo dados da ANEEL. Até o mês de outubro de 2022, contava com 12.953 unidades de geração distribuídas, com 162.029,38 kW de potência instalada. A capital do Estado, Porto Velho, conta com 2.979 unidades, com 35.559,90 kW de potência (ANEEL, 2022).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O sistema fotovoltaico deste projeto, visa atender área residencial na cidade de Porto Velho, Rondônia. O relatório apresentando destina-se principalmente a concepção de projeto do sistema de microgeração solar fotovoltaico incluindo dimensionamento, encaminhamento, especificações técnicas e desenhos que completam o entendimento da obra:

- Carga Instalada na UC em kW: 3.000 KW;
- Previsão de geração de energia em kWh/mês média: 959 kW/h.

2.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados se resume em descrever as características construtivas, os componentes, os critérios e as normas técnicas aplicados no projeto do sistema de energia solar fotovoltaico, na modalidade de compensação de energia elétrica, de acordo com a Resolução 482/2012 ANEEL, para uma central micro geradora com 10 kWp de potência instalada, que atenderá o empreendimento descrito a seguir, que apresenta uma média de consumo anual de 640 kWh.

Descrição do empreendimento

Este empreendimento apresenta um consumo médio anual de 0,5 kWh, e será atendido por uma usina fotovoltaica (UFV), com potência instalada de 10kWp, classificada como microgeração, a partir de um inversor SOFAR 7,5KTLM de 7,5 kWp, com recurso de anti-ilhamento, alimentado por módulos solares fotovoltaicos (MSF) RISEN RSM10-8-500M. A UFV será conectada em baixa tensão (BT) à rede de distribuição de energia da concessionária local, ou seja, tipo on-grid.

Para o projeto, a lista de materiais foi resumida conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Lista de Materiais

PRODUTO	QTD
DHM-72X10-550W	11
SOFAR 5 KTLM – G2	1
Par Conector Macho/Femea – Mc4	4
Cabo Solar 6mm-1800v Preto	80
Cabo Solar 6mm-1800v Vermelho	80
Perfil Alumínio 3,15m	14
Kit de Emendas E Parafusos Inox 8x12	15
Kit Terminal Final 39/44mm - Baixo	16
Kit Terminal Intermediário 39/44mm	16
Kit suporte para telhado de telha romana/americana	50

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

Critério de cálculo e normas técnicas

Os critérios de cálculo, para os diversos parâmetros envolvidos no dimensionamento dos elementos que compõem a UFV, seguem rigorosamente o que está previsto nas resoluções, procedimentos e normas da ANEEL, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da concessionária de energia elétrica local ENERGISA.

Módulos solares

O sistema será composto por uma associação série paralelo de 20 Módulos Solares Fotovoltaicos (MSF) de 500W, dispostos em 3 arranjos (STRINGs), sendo 2 de 7 MSFs e 1 de 8 MSFs, totalizando uma potência instalada de 10 kWp. Conforme Tabela 3.

Tabela 2 – Especificações gerais dos MSFs

Fabricante	RISEN
Modelo	RSM150-8-500M
Potência Máx. Pmp (Wp)	500
Tipo de Célula	(Si) Mono Cristalino, 210 70 mm
Tolerância (W)	0~+ 5
Tensão Máx. Vmp (V)	42,45
Corrente Máx. Imp (A)	11,4
Tensão Circuito. Aberto Voc (V)	50,93
Corrente de Curto-Circuito Isc (A)	12,4
Eficiência (%)	20,1

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

Inversores

Neste projeto será aplicado um inversor SUNGROW modelo SG8K3-D de 8,3 kWp e com monitoramento WI-FI. Dispostos na Tabela 4.

Tabela 3 – Especificações gerais do inversor SOFAR 7.5KTLM

Fabricante	SOFAR
Modelo	SOFAR 7.5KTLM
Potência Máx. Pm (Wp)	7,5 K
Número de MPPTs	2
Tensão Nominal CA (V)	220
Faixa de Tensão CA (V)	176 ~276
Máx. Corrente de Saída CA Imáx. (A)	32,6
Máx. Corrente de Entrada CC Imáx. (A)	22
Mín. Tensão CC por MPPT- VMPPT mín. (V)	90
Máx. Tensão CC por MPPT- VMPPT máx. (V)	600
Eficiência (%)	98,2

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

O inversor SOFAR 7.5KTLM possui proteções integradas contra curtos-circuitos, sobrecarga e surtos de tensão, tanto nas entradas em Corrente Contínua (CC), quanto nas saídas em Corrente Alternada (CA). Tais proteções são realizadas via relés de proteção e Dispositivos Supressores de Surto (SPD). Os inversores também contam com filtros contra interferência ou *Eletromagnetic Interference* (EMI) nas entradas CC e saídas CA.

Outro recurso presente nos inversores é o Dispositivo de Seccionamento Visível (DSV), que consiste em um conjunto de chaves bipolares para cada uma das entradas CC (DC SWITCH), utilizadas na desconexão da central geradora durante manutenção do sistema.

Quadros de proteção e distribuição

A UFV contará com um quadro de proteção e distribuição para os circuitos CA do inversor (QDCA-UFV), independente do QGBT, já existente na edificação. O QDCA-UFV será protegido por um disjuntor bifásico termomagnético de 40 A, tipo DIN, com curva de atuação tipo “C”, que alimentará o circuito de entrada CA do inversor. Em relação a proteção com surtos, os circuitos AC da UFV serão protegidos por dois DPSs Classe II, com tensão nominal de 275 VCA, tensão de pico de 1,4 kV, corrente nominal de 20 kA e máxima de 40 kA.

Aterramento

O aterramento da UFV será conectado ao aterramento composto por duas hastes cooperweld com diâmetro de 5/8” por 2400mm de comprimento, interligadas por cordoalha de cobre de 10mm² de seção transversal. Todas as partes metálicas de equipamentos que compõem a UFV deverão ser aterradas.

O procedimento adotado para aterramento foi padrão TT, de acordo com a NBR 5410. Onde esse aterramento deverá contar com um ponto da alimentação aterrado, ficando ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação.

Sinalização

Junto ao ramal de entrada de energia deverá ser instalada uma placa de advertência onde indique o risco elétrico relacionado a geração própria de energia. As dimensões dessa placa são de 25 x118 cm, de acordo com a NDU-013/2019. A placa deverá ser confeccionada em material de PVC, com espessura mínima de 1 mm, e sua deverá ser feita por parafusos na tampa do quadro de medição da edificação.

Interligações e cabeamentos

Para interligação entre os MSFs das três STRINGs da UFV, serão utilizados cabos solares de cobre, com nível de isolamento de 1kV, de material termofixo HEPR e XLPE resistente ao Raios resistente ao Raios Ultravioletas 470° C, e seção transversal de 6mm². Para interligação das STRINGs com as caixas de passagem, até os terminais das MPPTs dos inversores, serão utilizados cabos solares de cobre, com nível de isolamento de 1kV, de material termofixo HEPR e XLPE resistente ao Raios resistente ao Raios Ultravioletas 120°C, e seção transversal de 6mm². Para interligação do inversor com o circuito do QGBT da edificação, serão utilizados cabos de cobre, com nível de isolamento de 1kV, de material termofixo HEPR e XLPE resistente e seção transversal de 10.

Sistema anti-ilhamento

Na ocorrência de uma eventual falta na rede da concessionária durante a operação de paralelismo, o sistema de Geração da UFV desligará o inversor e isolará a geração da rede, em um intervalo de tempo máximo de 2 segundos. O inversor garantirá o sincronismo da geração com a rede evitando assim conexões indevidas.

Depois de uma “desconexão” devido a uma condição anormal da rede, a UFV retomará o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) após um período de no mínimo de 180 segundos, contados a partir do restabelecimento das suas condições normais de tensão e frequência.

3 ANÁLISE DE DADOS

Custos atuais

Foi possível levar o consumo dos últimos meses da residência e eles estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica dos últimos doze meses

Mês	Consumo (kWh)
Outubro	556
Novembro	427
Dezembro	345
Janeiro	318
Fevereiro	640
Março	1397
Abril	1011
Mai	1256
Junho	1943
Julho	1538
Agosto	234
Setembro	2179

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

Características gerais do sistema e custos das operações técnicas

As características do sistema instalado na residência estão dispostas na Tabela 6.

Tabela 5 – Características gerais do sistema

Características do sistema			
Sistema solar de	10,10		Kwp
Quantidade de módulos e potência	20	500	Wp
Quantidade de inversores e potência	1	7,5	kW
Área em M ² total	39		
Peso aproximado por M ²	11		
Capacidade de geração kW/h mês	1291		kW/h mês
Marca inversor	SOFAR 7,5TLM-G2		
Marca módulo	MONO-PERC RISEN 500W HALF-CELL		

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

O investimento inicial e impostos, foram inseridos na Tabela 7.

Tabela 6 – Custos de operações técnicas

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Kit Solar	1	R\$ 30.789,32	R\$ 30.789,32
Projeto e execução	1	R\$ 10.263,11	R\$ 10.263,11
Subtotal			R\$ 41.052,43
Impostos		8%	R\$ 892,44
Total			R\$ 41.944,87

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E VIABILIDADE

PERÍODO DE RETORNO DE INVESTIMENTO (PAYBACK)

O prazo de retorno do capital investido nos projetos está diretamente ligado à geração de caixa destes e ao montante inicialmente investido. Este indicador demonstra quanto tempo levará para que o investimento inicial seja recuperado.

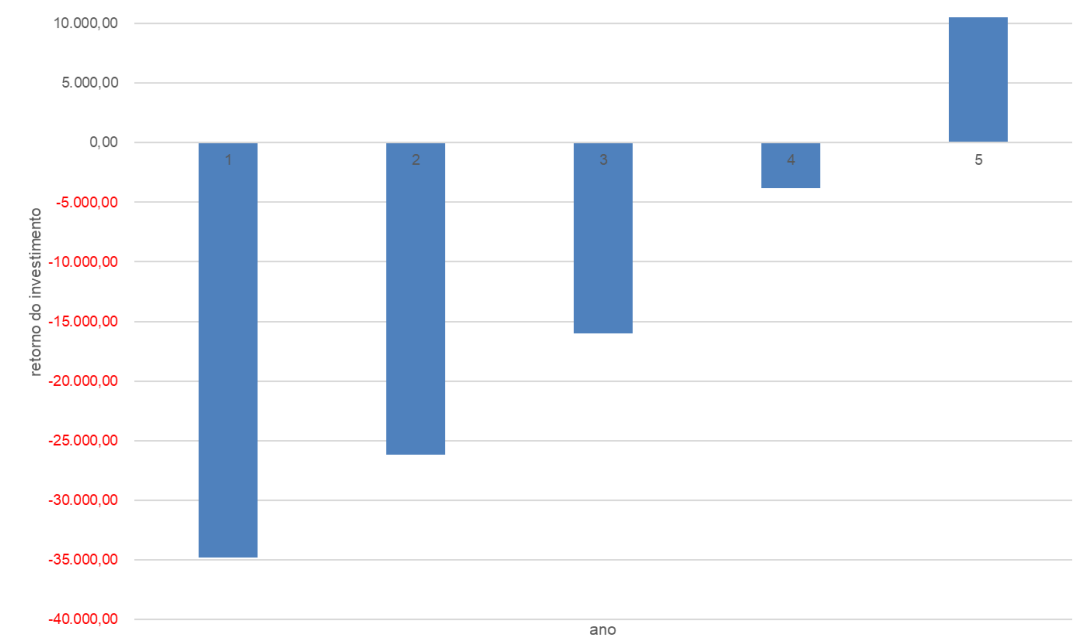
A análise do tempo de retorno do investimento, é um recurso bastante utilizado para uma análise geral, mas é uma análise limitada. O *payback* não leva em consideração a correção monetária, riscos relacionados ao projeto ou financiamento. Em contrapartida é muito utilizado por ter vantagens, que é de fácil estudo e entendimento e por possibilitar estudo de viabilidade de maneira mais rápida. Na Tabela 8, é demonstrado o *payback* relacionado ao projeto, considerando apenas o valor nominal, e no gráfico, representado na Figura 7 mostra a variação no fluxo de caixa através dos anos.

Tabela 7 – Payback

ANO	Valor acumulado pela economia financeira e remunerado 100% do CDI	Valor do investimento	Saldo Retorno do investimento
1	7.137,18	41.944,87	-34.807,69
2	15.719,35		-26.225,52
3	25.965,94		-15.978,93
4	38.125,99		-3.818,88
5	52.481,92		10.537,05

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

Figura 1 – Gráfico do payback



Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

Analisando os dados e se formos desconsiderar o reajuste monetário ao longo do tempo, o calculo do tempo de retorno do investimento, demonstrou que ao longo de cinco anos, investimento inicial seria reconstituído pelo proprietário e, nos próximos 20 anos, seriam apenas “lucro”, levando em consideração a vida útil dos painéis que são de 25 anos.

VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

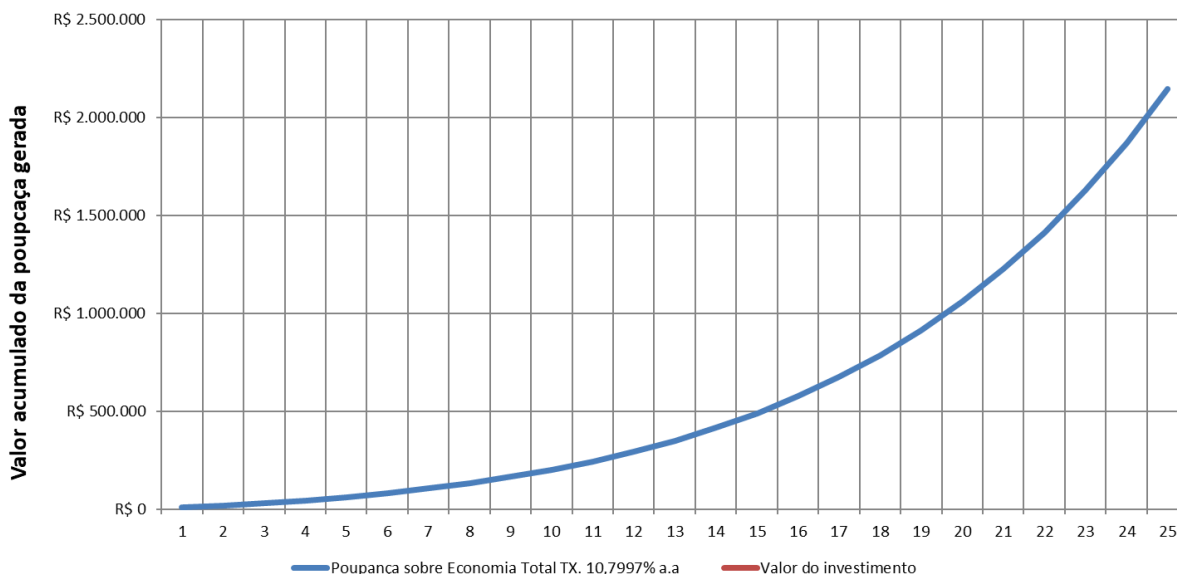
O VPL é o índice mais utilizado para o cálculo da viabilidade econômica e consiste na soma dos benefícios líquidos do projeto atualizados devidamente, utilizando uma taxa de desconto que seja relevante financeiramente. Ao final do cálculo, se o VPL for negativo o projeto não é aconselhável, se o VPL for positivo o projeto se torna viável.

Tabela 8 – Estudo Econômico

ANO	Valor da Economia – Poupança acumulada gerada pela economia financeira da energia fotovoltaica e remunerada a 100% do CDI
1	8.478,70
2	9.347,43
3	10.305,17
4	11.361,03
5	12.525,09
6	13.808,41
7	15.223,22
8	16.782,99
9	18.502,57
10	20.398,34
11	22.488,36
12	24.792,52
13	27.332,76
14	30.133,27
15	33.220,73
16	36.624,52
17	40.377,07
18	44.514,10
19	49.075,02
20	54.103,25
21	59.646,66
22	65.758,06
23	72.495,63
24	79.923,53
25	88.112,50

Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

Figura 2 – Gráfico comparativo do Custo do Investimento X Retorno Financeiro



Fonte: elaborado pelos Autores (2022).

A partir dos dados levantados, foi possível obter um VPL = R\$ 88.112,50 - R\$ 41.944,87 = R\$ 46.167,63, analisando então resultado é possível constatar a viabilidade do projeto, visto seu valor ser maior que zero.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O investimento em energia solar ganha destaque como fonte de energia renovável, em um mundo globalizado onde a energia elétrica se tornou indispensável para o desenvolvimento econômico de qualquer país. Apesar de necessitar de incentivos econômicos, o sistema fotovoltaico já é utilizado em larga escala. Esses sistemas possuem flexibilidade e facilidade de implementação, o que proporciona ao consumidor diminuir os gastos com o consumo de energia elétrica e com as elevadas bandeiras tarifárias.

A cada ano a geração de energia fotovoltaica tem ganhado maior destaque no Brasil. No ano de 2012, A ANEEL estabeleceu o marco inicial dos sistemas conectados à rede, através da Resolução Normativa N° 482, e existiam apenas 7 sistemas instalados. Até o início de outubro de 2021, o setor de energia solar brasileiro, possuía 614.255 unidades consumidores com geração distribuída instaladas, que somam 7.196.424 kW de capacidade operacional, distribuídos em 5.369 municípios brasileiros.

Através da utilização da metodologia proposta e baseando-se na extensa pesquisa bibliográfica realizada, foi possível atingir o objetivo geral e os específicos conforme planejado inicialmente. Através da pesquisa, comprovou-se que a geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos é de fato viável e por esse motivo está em uma fase de grande crescimento.

O presente trabalho observou na prática a instalação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede em uma residência na cidade de Porto Velho. Nesse sistema, foi possível observar que a geração de

energia foi superior ao consumo, sendo assim haverá uma economia considerável na conta de energia e geração de crédito. O tempo do retorno do investimento desse sistema pode variar e depende da quantidade de energia que o imóvel produzirá, mas ainda assim, foi possível verificar que o tempo de retorno do investimento será em aproximadamente 5 anos.

Ainda que seu investimento inicial seja considerado alto, o projeto foi validado economicamente utilizando a critério do valor presente líquido que estima o retorno do investimento em R\$ 46.167,63 com uma taxa interna de retorno de 10,7997%, valores estes acima dos percentuais de investimento na poupança.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Energia solar fotovoltaica no Brasil:** Infográfico Absolar. São Paulo, 5 out. 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 13 out. 2022.

ANEEL. **Geração distribuída.** Brasília, 14 out. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 12 out. 2022.

PORTAL SOLAR. **A energia solar no Mundo.** São Paulo, 2021a. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-mundo>. Acesso em: 13 out. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia solar on-grid ou off-grid? Qual devo escolher?.** São Paulo, 22 nov. 2021b. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-on-grid-ou-off-grid-qual-devo-escolher>. Acesso em: 14 out. 2022.