ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS NO ESTACIONAMENTO DA UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ

BURMESTER, Cristiane
(cristiane.burmester@utp.br)
Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), Brasil
Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil

CHANQUINI, Lucian
(lucian.chanquini@utp.edu.br)
Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), Brasil

NADER, Alexandre
(alexandre.nader@utp.edu.br)
Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), Brasil

TAVARES, Sergio
(sergioftavares@gmail.com)
Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil

THOLKEN, Denise
(denise.tholken@utp.br)
Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Energia Solar, Energia Renovável, Placas Fotovoltaicas, Carport, Viabilidade

RESUMO

Em busca de um ambiente construído mais sustentável, o uso de energias renováveis vem ganhando espaço no mercado brasileiro. Este artigo tem o intuito de analisar a viabilidade construtiva e financeira da construção de carports em uma área determinada do estacionamento da Universidade Tuiuti do Paraná, localizada em Curitiba. Os carports são estruturas metálicas próprias para oferecer cobertura à estacionamentos e permitem a implementação de placas solares fotovoltaicas no seu topo, garantindo sombra e permitindo a geração de energia limpa. A proposta desse estudo foi delimitar a área física do estacionamento da instituição, explicar o funcionamento básico dos painéis fotovoltaicos, calcular os custos para instalação das placas fotovoltaicas para este projeto, simular o projeto executado, analisar as vantagens e desvantagens para instalação das placas fotovoltaicas e analisar a viabilidade do projeto. Para atingir os objetivos propostos, a base teórica deste trabalho foi fundamentada na literatura científica, através de trabalhos acadêmicos, publicações e artigos científicos e através dos ensinos práticos de um curso para instaladores de placas fotovoltaicas e como são realizados alguns dos cálculos de viabilidade financeira para a implementação dos painéis solares. De acordo com os resultados da análise, concluiu-se que o projeto possui viabilidade executivo-financeira, uma vez que a construção do carport juntamente à aquisição das placas solares e periféricos obteve um payback de 5 anos e uma TIR na ordem de 33,82%.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação ambiental ao longo das últimas décadas e o contínuo crescimento pela demanda de energia, a comunidade científica e os Governos têm buscado a criação, aperfeiçoamento e aplicação de fontes limpas de energia de forma a diminuir a quantidade de gases que possam acentuar o Efeito Estufa e suas consequências.

Segundo a agência americana National Aeronautics and Space Administration, a NASA, é de conhecimento da comunidade científica que existam ciclos de aquecimento e resfriamento naturais no planeta Terra. A Agência observa, entretanto, que as altas cargas de gás carbônico lançados na atmosfera, gerados principalmente pela queima de combustíveis fósseis na transformação em energia (térmica, elétrica, mecânica, dentre outros), estariam afetando o clima global, colaborando para um aumento relativamente rápido e anormal da temperatura média do Globo. Entre 1906 e 2005 a temperatura média da Terra aumentou entre 0,6 a 0,9 °C, e acredita-se que esta anomalia climática esteja diretamente relacionada ao Efeito Estufa ocasionado pelo excesso de gás carbônico na atmosfera (NASA, 2010). Como resultado dos esforços realizados pela comunidade científica e Governos para tentar-se atenuar o rápido aumento médio da temperatura mundial, cerca de 195 países celebraram acordos e compromissos que envolvem políticas de incentivo ao uso de energias limpas. A 21ª Conferência das Partes (COP21), da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), realizada em Paris em 2015, foi um grande evento neste sentido e ficou estabelecido um novo acordo, com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima, acordo do qual o Brasil é signatário (NASCIMENTO, 2017). Neste sentido, o uso de placas solares fotovoltaicas se enquadra como uma boa opção de geração de energia elétrica, pois não emitem poluentes que possam contribuir com o Efeito Estufa.

a. No cenário global, porém, ainda estamos distantes de uma considerável redução de emissões de CO_2. De acordo com a Agência Internacional de Energia, a IEA, a divisão da geração total de energia da Terra em 2018 advinha da combustão de Petróleo (31,6%), Carvão (26,9%) e Gás Natural (22,8%), totalizando 81,3% de toda a origem energética do globo (IEA, 2020), demonstrando a quase total dependência dos combustíveis fósseis ainda na data presente.

No cenário nacional, porém, o Brasil se destaca pela produção de energia hidrelétrica. De acordo com o Balanço Energético Nacional - BEN (2020), a participação da energia hidrelétrica na matriz energética brasileira em 2019 era de 65%, o que faz do Brasil um grande produtor mundial na área de energia hidrelétrica e energia renovável. Segundo o BEN 2020, em 2019 o Brasil gerou cerca de 83% de toda a sua matriz energética elétrica baseada na produção de energias renováveis, contra apenas 22% da média mundial (BEN, 2020).

b. Em 2019, a produção de energia solar através das placas solares fotovoltaicas correspondeu a cerca de 0,4% da produção mundial de energia elétrica (RITCHIE, 2014). Embora seja proporcionalmente uma pequena fração da geração mundial de energia, o uso dos painéis fotovoltaicos cresce no mundo inteiro e

podem representar uma boa oportunidade de incremento de energia limpa no Brasil.

c. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o uso desta matriz energética ainda é relativamente pequeno no país, mas tem demonstrado um consistente crescimento ao longo dos últimos anos. Para ser analisado o crescimento do setor de energia solar no Brasil, observou-se a geração de potência instalada acumulada na ordem de 7 MW em 2012. Em 2020, esta marca saltou para 6137 MW, sendo dividida entre 2932 MW de geração centralizada e 3204 MW de geração distribuída (ABSOLAR, 2020).

d. A sigla BIPV (Building Integrated Photovoltaics), traduzido do inglês como "Integração Arquitetônica de Módulos Fotovoltaicos", é objeto de interesse para esta análise. O BIPV é definido como a instalação de painéis solares com dupla função: ser um elemento integrado à construção e gerar energia.

e. Este artigo tem como objetivo geral analisar a viabilidade de uma cobertura para veículos no estacionamento da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) utilizando placas fotovoltaicas para geração de energia renovável.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SURGIMENTO DAS PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

A busca por fontes de energias limpas de origem não-fósseis teve início muito da tomada de consciência mundial pelas consequências das mudanças climáticas. A energia cinética fornecida pela força dos ventos é aproveitada desde 200 a.C. através de moinhos de água e vento. Os geradores eólicos surgiram quando Charles F. Brush reuniu a tecnologia milenar das bombas d'água movidas a vento e acoplou um gerador de energia elétrica à hélice, obtendo cerca de 12 kW de energia elétrica provenientes da força do vento (CHALLONER, 2010).

A energia solar teve os primeiros passos ainda no final do século XIX. Em 1839, Alexandre Becquerel foi o primeiro cientista a observar que o efeito fotovoltaico era obtido quando a luz, ao atingir um eletrodo imerso num eletrólito, resultava numa corrente elétrica.

2.2 SURGIMENTO DAS PLACAS SOLARES

Para a melhor compreensão do histórico e a evolução dos painéis solares, é importante destacar que a unidade padrão para avaliar a potência de uma placa solar chama-se Watt-pico (Wp). O Watt-pico é a condição de máxima potência nominal possível, obtida em condições controladas em laboratório.

A primeira aplicação da placa solar fotovoltaica ocorreu em 1955 para o abastecimento elétrico em uma rede telefônica local, em Americus, nos Estados Unidos. Os painéis solares da década de 1950 eram capazes de converter, em média, apenas 4,5% da energia solar em energia elétrica, o que correspondia a 13 Wp/m2, a um custo de US$ 1,79/Wp. Em 2019, a eficiência média mundial passou para 143 Wp/m2 (49,5%) a um custo 1,37 vezes mais barato, de US$ 1,30/Wp. (WOODHOUSE et al., 2019)

Enquanto os painéis solares fotovoltaicos permaneceram basicamente restritos a projetos espaciais ao longo da década de 1960, a crise de oferta do petróleo na década de 1970 impulsionou os investimentos em pesquisas na área, o que permitiu o desenvolvimento de novos materiais, como as células de silício monocristalino. Com as células de silício, houve uma considerável redução nos custos de produção, passando de 80 U$/Wp para cerca de 12 U$/Wp em apenas uma década, e a eficiência energética atingiu o patamar de 20% (VALLÊRA, 2006).

Em 1982 foi construído, na Califórnia (EUA), a primeira central solar de grande porte, com geração de 1MWp (VALLÊRA, 2006). Na década de 1990, os projetos de eletrificação de áreas rurais, especialmente em países em desenvolvimento e a contínua conscientização ambiental colaboraram para um incremento na produção em massa dos painéis, diminuindo ainda mais os custos para o consumidor final. Em 1998, a capacidade mundial de produção de placas solares estava na ordem de 100 MWp, contra 1MWp em 1978 (NASCIMENTO, 2004).

2.3 BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC

Um dos conceitos que vem se destacando na área da arquitetura chama-se *building integrated photovoltaic (BIPV),* podendo ser traduzido ao português como "Edifícios Solares". Edificações em grandes centros urbanos podem causar impactos negativos ao ambiente, como ilhas de calor e reflexos indesejados dos raios solares ao atingirem as fachadas espelhadas. Alguns projetistas eparte da indústria da construção civil tem trabalhado em conjunto para criar materiais, soluções e tecnologias que visem causar um menor impacto ambiental nas cidades.

Alguns projetos já estão usando o conceito BIPV em suas edificações, permitindo que os painéis solares atuem não só como geradores de energia, mas também como elemento estrutural de fechamento do edifício(JONES et al., 2000). Segundo Thomas e Grainer (1999), os painéis podem ser pensados como elementos de fechamento de coberturas, fachadas e brises ou até como como elemento estético, desde que sua principal função (a de gerar energia solar com eficiência) seja preservada.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi analisar viabilidade técnico-financeira da execução de estruturas metálicas como cobertura de vagas de estacionamento e, simultaneamente, utilizar estas coberturas como suporte para aplicação de painéis fotovoltaicos na parte superior da estrutura.

3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DO ESTACIONAMENTO

Optou-se por analisar apenas uma fração do estacionamento da Universidade Tuiuti do Paraná. Foi eleito a área de estacionamento em frente à fachada principal do Bloco A da Universidade Tuiuti do Paraná. Esta área de análise possui dimensões aproximadas de 18 metros de largura e 70 metros de comprimento, totalizando cerca de 1.260m^2. Atualmente, todas as vagas de estacionamento da Universidade são descobertas. Esta área do estacionamento possui cerca de 73 vagas disponíveis, sendo que as medidas de cada vaga é de 2,80m de largura x 4m de comprimento. Foi considerada a área de cobertura de cada vaga do *carport* como 2,80m x 5m de comprimento. Na soma das áreas selecionadas se totalizam em 1.010m2 de estacionamento coberto. Portanto, esta é a área de cobertura usada para fins de cálculos de potência gerada, custos e viabilidade do projeto.

Os '*carports*' vem do termo em inglês "garagem", uma estrutura coberta usada para oferecer proteção aos veículos contra as intempéries. Estas estruturas podem ser compostas por pilares de sustentação de aço tipo perfil "I", de aproximadamente 3 metros de altura e alocados a cada 8,4m - a cada 3 vagas - de distanciamento uma das outras, conforme foi usado neste projeto.

3.2 PERSPECTIVAS DO PROJETO PROPOSTO

Após a definição da área de estudo, foi possível iniciar o projeto dos *carports* e sua distribuição pela área do estacionamento, bem como o dimensionamento da estrutura. A Figura 1 demonstra a disposição geral das estruturas metálicas de cobertura e a disposição das placas solares no estacionamento em frente ao Bloco A da Universidade Tuiuti do Paraná.

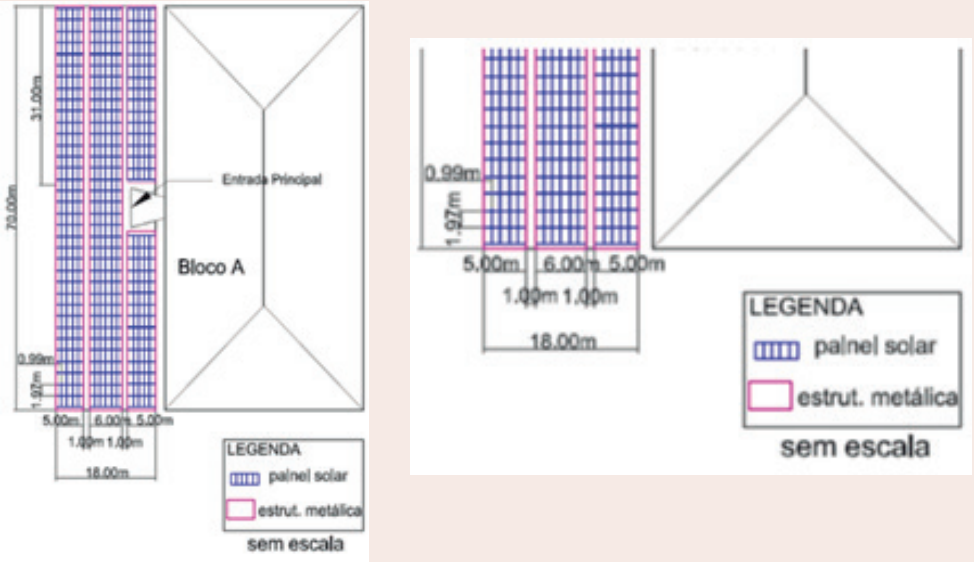

Figura 1. Vista superior da disposição da cobertura e placas solares
Fonte: Os próprios autores

3.3 ANÁLISE PRELIMINAR DO PROJETO

3.3.1 Informações Iniciais

Para este artigo, foi utilizado o modelo de placas fotovoltaicas *on-grid* (sistema ligado à rede elétrica), que são os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Placas on-grid chamam-se assim pois operam em conjunto com a rede pública de energia. O modelo de placa utilizado foi o LUXMAX PLUS, que possui potência de 370 Watts, vida útil de 25 anos, degradação do painel para o primeiro ano de 3,0%, e para os anos restantes, 0,7%. A dimensão da placa é de 1,97 m por 0,99 m. O seu peso unitário é de 23,5 kg. As placas ficam na posição horizontal sentido a longarina com uma leve inclinação para evitar estanqueidade sobre as placas fotovoltaicas. Neste projeto, usou-se uma inclinação de 2%. O modelo do inversor utilizado foi o FRONIUS SYMO 15.0-3 208. O inversor selecionado possui uma potência fotovoltaica recomendada entre 12,0 à 19,5 kWp, vida útil de aproximadamente 15 anos.

3.3.2 Cálculo da quantidade de módulos fotovoltaicos

Através da área calculada da cobertura, é possível encontrar a quantidade de placas fotovoltaicas que foram alocadas nesta área de cobertura. Conforme previamente estipulado, foi considerada uma área de 1080 m^2 de área coberta, portanto, deve-se calcular a quantidade de placas que aquele espaço poderá comportar dividindo a área da cobertura pela área da placa, totalizando 554 placas solares.

3.3.3 Cálculo da Potência-Pico Ideal

Um módulo fotovoltaico gera sua energia quando submetido a uma certa quantidade de irradiação solar. Esta quantidade gerada é aproximadamente 1.000 W/m^2 (Watts por metro quadrado), e o valor da radiação solar diária é representado em 'Horas de Sol Pico' conforme equação 1.

$$Ppeak=(Nm \cdot Wp) \div 1.000 \qquad (1)$$

Onde:

Ppeak = Potência-pico do SFCR - em kWp

Nm = Número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados

Wp = Potência-pico do modelo de módulo fotovoltaico - em Wp

1000 = Constante para ajuste de unidade - 1 kW = 1.000 W)

Aplica-se esta equação conforme resultados obtidos:

$Ppeak=(554 \cdot 370) \div 1.000$

$Ppeak=204,98$ kWp

3.3.4 Análise de Recurso Solar Local

Após a obtenção do valor de potência-pico, é realizado uma análise preliminar da incidência solar local. Para isto, foram utilizadas ferramentas disponíveis como o sítio gratuito Atlas Solar Global. Esta ferramenta possibilita consultar a incidência de radiação solar em um determinado local. Segundo o Atlas o valor da média anual em base diária para a região de Curitiba (PR) é de 4,424 kWh/m^2/dia (quilowatt-hora por metro quadrado por dia). Este valor é utilizado como média de kWh gerados nesta região geográfica.

3.3.5 Cálculo da Quantidade de Inversores

Para o cálculo da quantidade de inversores, deve-se considerar a potencia total gerada pelo conjunto dos painéis fotovoltaicos. Como visto no item 3.3.2, a potência total gerada pelas placas é de 204,98 kWp. A potência máxima de cada inversor neste projeto é 19,5 kWp (conforme dados técnicos obtidos pela fabricante), portanto, para o número de inversores, basta dividir a potência total fornecida pelos painéis fotovoltaicos pela potência unitária de cada inversor:

$$\text{Número de Inversores} = 204,98/19,5\ [\text{kWp}] = 10,51 \therefore 11 \text{ inversores}$$

Portanto, para este projeto, serão considerados o uso de 11 inversores.

3.4 APRESENTAÇÃO DOS VALORES INVESTIDOS

Para o sustento das placas solares, foi utilizado perfil tipo H e I, sendo perfil "H" para os pilares, e perfil "I", para vigas e longarinas. Após esse processo, foi necessário consultar à tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices) e a tabela TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos) fornecidas pelo sítio caixa.gov.br, para identificação dos valores das estruturas e mão de obra. Pela Tabela 1, os valores para o projeto são:

ESTRUTURAS	**kg/m**	**m**	**Qtde**	**Peso Total (kg)**	**Preço (kg)**	**Valor**
PILAR (Perfil H – HP 250 x 62,0)	62	15	26	24.180	7,70	186.186,00
VIGA (Perfil I – W 200 x 15,0)	15	16	26	5.850	7,06	44.054,40
LONGARINA (Perfil I – 76 x 8,5)	8,5	202	18	30.906	7,06	218.196,36
MÃO DE OBRA	**Unid**		**Qtde**	**Preço**		**Valor**
Cravação	UN		26	23,3		605,80
Solda	UN		26	220,88		5.742,88
Servente	UN		26	3,00		78,00
PLACA SOLAR	**Unid**		**Qtde**	**Preço**		**Valor**
Lux Max Plus 370W	UN		554	625,00		346.250,00
Inversor	UN		11	24.000,00		264.000,00
					TOTAL GERAL	**1.065.113,44**

Tabela 1. Apresentação de Valores para o Projeto
Fonte: os próprios autores com base na Tabela SINAPI e TCPO, 2020.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através da quantidade de placas utilizadas, bem como o potencial da geração fotovoltaica.

Para simular a incorporação de uma nova matriz energética na Universidade, foi preciso entender os custos relacionados de implementação dos materiais, bem como considerar o espaço destinado para a geração de energia solar. De acordo com os cálculos, foi delimitado uma área de 1.080 m^2, com capacidade de 554 placas fotovoltaicas instaladas, sendo cada placa solar com potência de 370 W. O orçamento contempla, ainda, os onze inversores de 19.500 Wp cada, todo o material necessário (placas, cabos e perfis metálicos), mão-de-obra para a instalação das estruturas de fixação (estruturas metálicas para cobertura) e dos painéis. Somando todos estes custos, o total deste projeto foi avaliado em um valor final de R$1.065.113,44.

A partir destas condições, calculou-se a potencia-pico (Wp) instalada e concluiu-se que o potencial de geração de energia será próximo à 204.980 Wp. Considerou-se também, um fator de perda de eficiência das placas na ordem de 30%. Este fator é estimado em função da potência total instalada e está ligada às eventuais perdas ocasionadas pelas intempéries, que resultam na diminuição do rendimento energético das placas ao longo do tempo.

Para o cálculo do payback, foi necessário estabelecer algumas premissas de cálculo, que servirão para compreender o estudo de viabilidade financeira ao longo dos anos (Tabela 2). Entende-se por payback a data em que ocorre o retorno financeiro suficiente para cobrir os valores do investimento empenhados no projeto.

Premissas	Valores
Valor da Energia (kWh) (1)	R$ 0,83
Degradação do Painel 1º Ano (W) (2)	3,0%
Degradação do Painel Outros Anos (W)(2)	0,7%
Custo de Manutenção / Ano (% do Investimento) (3)	0,5%
Inflação Energética Projetada / Ano (média da inflação anual dos últimos 15 anos) (4)	5,47%
Ano de Troca dos Inversores (5)	15

Tabela 2. Descrição das Premissas de Cálculo.
Fonte: os próprios autores com base em (1) COPEL, 2020; (2) CATÁLOGO LUXMAX PLUS, 2020; (3) CURSO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA BLUESOL, 2018; (4) BANCO CENTRAL, 2020; (5) CATÁLOGO FRONIUS SYMO, 2020.

O valor do kWh é o valor final (com impostos) aplicado para faturas residenciais. A concessionária de energia na cidade de análise (Curitiba) é a COPEL.

O custo de manutenção (degradação) é relativamente pequeno, aproximadamente 0,5% do custo inicial do equipamento. Essa é umas das vantagens da energia solar obtidas pelas placas fotovoltaicas atuais.

O valor da inflação energética projetada foi estimada através da média da inflação anual (SELIC) entre os anos de 2004 à 2019, correspondendo a 5,47% a.a. Considerando estes valores, é possível obter os seguintes dados, dispostos na Tabela 3:

Ano	Energia Gerada (kWh/ano)	Retorno Financeiro (R$)	Custos Anuais (R$)	Subtotal (R$)	Fluxo Final (R$)
0	243.045,22	201.727,53	-1.067.776,22	-866.048,69	
1	241.343,90	220.346,98	-5.616,88	214.730,11	-651.318,58
2	239.654,50	240.685,01	-5.924,12	234.760,89	-416.557,69
3	237.976,92	262.900,24	-6.248,17	256.652,07	-159.905,62
4	236.311,08	287.165,93	-6.589,94	280.575,99	120.670,37

Continua...

...continuação

Ano	Energia Gerada (kWh/ano)	Retorno Financeiro (R$)	Custos Anuais (R$)	Subtotal (R$)	Fluxo Final (R$)
5	234.656,90	313.671,34	-6.950,41	306.720,93	427.391,30
10	226.558,09	487.735,67	-9.071,00	478.664,66	2.446.421,34
15	218.738,79	758.392,77	-275.838,59	482.554,18	5.332.078,04

Tabela 3. Informações de Custo e Retorno Financeiro.
Fonte: os próprios autores, 2020.

De acordo com a Tabela 3, verifica-se, na coluna "Energia Gerada (kW/ano)", que a energia gerada pelo conjunto das placas diminui ao longo do tempo. Isto se deve pela degradação prevista das placas e também pelos fatores de perdas, que tendem a aumentar conforme o tempo transcorre. A coluna "Retorno Financeiro" demonstra o valor bruto gerado pelas placas fotovoltaicas a cada ano, e são reajustadas conforme a inflação energética projetada para os 15 anos futuros (taxa de inflação adotada: 5,47% a.a.).

Os "Custos Anuais" referem-se às perdas financeiras sofridas pela depreciação das placas fotovoltaicas ao sofrerem degradações naturais do tempo. A coluna "Subtotal" é a diferença entre o Retorno Financeiro e os Custos Anuais.

Por fim, a coluna "Fluxo Total" revela em que ano ocorrerá o *payback*. Pode-se observar que os valores na coluna "Fluxo Final" decaem ao longo do tempo. Isto ocorre pelo fato de que, neste projeto, existe a previsão de um retorno financeiro ao investidor. Entende-se que, até o Ano 03, as custas do projeto ainda são maiores que os retornos financeiros obtidos pela geração de energia. Doravante, no Ano 04, o projeto demonstra os primeiros valores positivos, evidenciando o período em que ocorre o retorno financeiro para a instituição. O Retorno estimado para o Ano 04 é de R$120.670,37, portanto, o ano em que é obtido o *payback* do projeto.

Sabe-se que o prazo de vida útil dos Inversores em análise são de, aproximadamente, 15 anos. Por este motivo, foi estimado a troca dos 11 inversores para o Ano 15. Conforme Tabela 03, inclui-se o novo investimento das trocas de inversores (dos antigos pelos novos) ao custo de R$275.838,59. Porém, como o retorno financeiro neste projeto foi relativamente rápido e favorável, reparando no fluxo final, ainda é possível contabilizar um crédito final no valor de R$5.332.078,04.

A partir destes resultados obtidos, a Tabela 04 resume alguns resultados importantes para a análise da viabilidade, com os seguintes valores:

Título	Valores
Payback Ano	4
Retorno no Primeiro Ano (Ano 0) (%)	18,89
Retorno no Primeiro Ano (Ano 0) (R$)	201.727,53
Reais por Watt Instalado (R$)	5,30
VPL (R$)	1.758.478,12

Continua...

...continuação

Título	Valores
TIR (%)	33,82
Geração Diária Média de Energia (kWh)	612,83
Geração Mensal Média de Energia (kWh)	18.640,34
Geração Anual Média de Energia (kWh)	223.684,10

Tabela 4. Outputs e Resultados.
Fonte: Tabela Própria, 2020.

Entende-se o Retorno no Primeiro Ano o valor ou a porcentagem entre o Custo Anual pelo Retorno Financeiro do ano 0, isto é, há o desembolso no valor de R$ 1.065.113,44 iniciais, e obtém-se R$ 201.727,53 em créditos. O valor do Retorno Financeiro corresponde a 18,89% dos Custos Anuais.

O Valor Presente Líquido (VPL) é um índice financeiro-matemático que indica a lucratividade que terá o projeto ou novo negócio. Para Gitman (2001), o VPL é uma "técnica de orçamento sofisticada, e o seu valor é determinado pela subtração do valor inicial de um projeto, do valor presente dos fluxos de entrada de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo do capital da empresa". Um VPL positivo demonstra que os retornos financeiros são maiores que os desembolsos do projeto, apontando para a viabilidade do projeto. Neste estudo, o VPL foi de R$ 1.758.478,12.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um índice importante na análise dos investimentos, e indica a rentabilidade do projeto. A TIR pode ser entendida como a taxa de desconto que faz com que o Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto seja igual a zero. No projeto analisado, a TIR encontrada foi de 33,82%.

Os resultados obtidos por Botega (2017) em seu trabalho de análise financeira em um projeto de placas fotovoltaicas demonstraram um tempo para o payback muito mais longo que a calculada por este trabalho. De acordo com Botega, o payback de seu projeto previu ocorrer no ano 11, contra o payback desta análise ocorrendo no ano 4. Porém, sua análise baseia-se em apenas 16 placas, contra 554 desta análise. Aparentemente, a capacidade de produção elétrica muito maior na proposta dos autores pode adiantar o tempo de retorno do capital investido e melhorar consideravelmente a atratividade do investimento.

5. CONCLUSÃO

O presente artigo possibilitou simular os custos e materiais empregados na construção de um *carport*. Através de intensa pesquisa, foi possível conhecer melhor os componentes que fazem parte do sistema de energia solar fotovoltaica, os custos de compra e instalação e suas vantagens e desvantagens.

Alguns índices foram estimados, tais como o consumo mensal de energia elétrica e a população universitária, úteis para os cálculos de viabilidade do projeto. Tais dados encontravam-se inacessíveis aos autores. Por este motivo, entende-se que este trabalho teve, como objetivo maior, demonstrar uma situação hipotética de

um projeto de *carport* e apresentar a viabilidade financeira para sua execução, sem a pretensão ou possibilidade de apresentar valores fidedignos à realidade da instituição de análise.

Os autores entendem que o *carport* pode oferecer boas vantagens como, por exemplo, uma grande área de cobertura para o estacionamento, inexistente até o presente momento no estacionamento desta análise. A estrutura do *carport* permite ainda a instalação das placas fotovoltaicas no seu topo, de forma customizada, permitindo fácil acesso e manutenção pela sua relativa baixa altura de instalação, o que é um ponto positivo desse tipo de estrutura.

Outro fator vantajoso desse sistema é que a energia solar pode ser classificada como "energia limpa", e não contribui para emissão de poluentes, como o gás carbônico. A energia gerada através das placas demanda apenas a luz solar, operando mesmo em dias nublados, apesar de serem menos eficientes com o céu nebuloso.

Ao analisar criteriosamente a planilha de viabilidade financeira, observa-se que o projeto demonstrou ser lucrativo ao longo do tempo, trazendo oportunidades para outros investimentos dentro da instituição. Surpreende a economia gerada pela produção local de energia, que, ao longo de 15 anos, que pode alcançar cifras no valor de R$5.000.000,00

Em contrapartida, os autores observam algumas desvantagens inerentes a este sistema: o custo para aquisição das placas fotovoltaicas, inversores e periféricos, até a presente data, ainda se demonstram relativamente caros e podem impedir a massificação do uso de placas fotovoltaicas no Brasil. Assim como ocorre com as placas solares após 25 anos de uso, os inversores também devem ser trocados a cada 15 anos e representam uma parte significativa dos custos do sistema.

Na opinião dos autores, as maiores desvantagens do sistema solar fotovoltaico referem-se à necessidade de se criar uma rotina periódica de limpeza e manutenção dos painéis, a fim de manter sua eficiência próxima à máxima possível. Outro problema é que os painéis solares possuem perdas de eficiência na ordem de 3% no primeiro ano e, aproximadamente 0,7% nos anos seguintes. Esta perda ocorre devido a deterioração dos componentes das placas causados pelos raios ultravioleta e não podem ser evitados pela atual tecnologia em uso.

Ao ponderar os dados obtidos pelos cálculos de viabilidade financeira e a possibilidade de execução deste tipo de obra, os pontos favoráveis e os pontos desfavoráveis do uso deste sistema, os autores concluem que o projeto analisado é viável, pois sua execução pode ser feita com relativa facilidade, apresenta um retorno financeiro expressivo com payback em 5 anos, possui vida útil estimado em 25 anos e os custos de manutenção e limpeza podem ser facilmente custeados pelo retorno financeiro obtido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR - Infográfico ABSOLAR - Agosto, 2020. Disponível em http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html. Acesso em: 27 agosto 2020.

Atlas Solar Global, 2020. Disponível em: https://globalsolaratlas.info/map. Acesso em: 16 de Set. 2020.

Balando Energético Nacional (BEN). Disponível em: www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes/balanco-energetico-nacional/-/document_library_display. Acesso em 12 set. 2020

BOTEGA, Ângelo. Retorno de Investimento de um Sistema Fotovoltaico com a Presença de Painéis Danificados. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2017. Disponível em: < http://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/2152>. Acesso em 08. dez. 2020

Challoner, Jack. 1001 invenções que mudaram o mundo. Rio de Janeiro, RJ: Sextante, 2010.

Jones, D. L.; Hattersly, L.; Ager, R.; Koyama, A. Photovoltaics in buildings - BIPV projects: Department of trade and industry. Londres, 2000. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92927/263068.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 13 set. 2020.

NASA,Global Warming, 2010.Disponível em: https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page2.php. Acesso em: 30 ago.2020

Nascimento, Cássio A. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. Monografia (Curso de Pós-Graduação Lato-Sensu em Fontes Alternativas de Energia Engenharia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. Disponível em: https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf. Acesso em: 13 set. 2020.

Nascimento, R. L. Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. Brasília: Câmara dos Deputados do Brasil, 2017. (Estudo técnico). Disponível em: http://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/32259. Acesso em: 27 mai. 2020.

Perlin, J. The Silicon Cell turns 50. National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2004; (Reportagem). Disponível em https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33947.pdf . Acesso em: 29 ago. 2020.

Portal Solar (Usina Solar No Brasil), 2020. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/ Acesso: 15 de Set. 2020.

Ritchei, H. (2014) - "Energy". OurWorldInData.org. Disponível em: 'https://ourworldindata.org/energy'. Acesso em: 30 ago.2020

Thomas, R.; Grainer, T. Photovoltaic in buildings - a design guide: Department of trade and industry. Londres, 1999.Disponívelem: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92927/263068.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13 set. 2020.

Vallêra, A. M. (2006) - "Meio Século De História Fotovoltaica". Disponível em http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf. Acesso em 12 set. 2020.

Woodhouse, M. A.; Smith, B.; Ramdas, A.; Margolis, R. M. Crystalline Silicon Photovoltaic Module Manufacturing Costs and Sustainable Pricing: 1H 2018 Benchmark and Cost Reduction Road Map. United States: n. p., 2019. Web. DOI: 10.2172/1495719.https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1518-70122020000200379&lang=pt - 27/08/2020