

Estudo de viabilidade de usina solar fotovoltaica em posto de combustível na cidade de Ipumirim

Feasibility study of solar photovoltaic plant at a fuel station in the city of Ipumirim

Eduarda Biffi, Graduada em Engenharia Civil pela UnC

eduarda.biffi@hotmail.com

Mari Aurora Favero Reis, Doutorada em Ensino de Ciências e Matemática

mariaaurorafavero@gmail.com

Resumo

Crescente uso de energia elétrica e escassez dos recursos contribuíram ao aumento nas faturas de eletricidade. O aumento no custo final de energia elétrica impulsionou o uso de fontes renováveis. No Brasil a tecnologia fotovoltaica se destaca devido aos índices elevados de radiação. Com objetivo de realizar estudo de viabilidade técnica e econômica para a instalação de painéis solares fotovoltaicos para posto de combustível em Ipumirim SC. Para efeito de cálculo, foram considerados valores orçamentários, obtidos junto aos fornecedores, associados ao consumo de eletricidade na edificação e condições físicas das instalações, como possível posição e disposição dos painéis na cobertura. Os valores de investimentos iniciais apresentados por fornecedores da tecnologia equacionaram resultados semelhantes para retorno financeiro após seis anos de instalação. O projeto proporcionou concluir que empreendimentos com consumos elevados de energia elétrica e grandes áreas de cobertura, são considerados viáveis para uso dessa tecnologia.

Palavras-chave: Energia solar; Tecnologia fotovoltaica; Estudo de Viabilidade.

Abstract

Increased use of electricity and scarce resources contributed to the increase in electricity bills. The increase in the final cost of electric power boosted the use of renewable sources. In Brazil photovoltaic technology stands out due to the high radiation rates. With the objective of carrying out a technical and economic feasibility study for the installation of photovoltaic solar panels for the fuel station in Ipumirim SC. For calculation purposes, budget values obtained from suppliers, associated with the consumption of electricity in the building and the physical conditions of the facilities, were considered as possible position and layout of the panels in the cover. The initial investment amounts presented by technology vendors equated similar results for financial return after six years of installation. The project concluded that projects with high consumption of electric energy and large areas of coverage are considered viable for use of this technology.

Keywords: Solar energy; Photovoltaic technology; Viability study.

1. Introdução

O aumento acelerado na demanda de energia elétrica em todo mundo e a necessidade de diminuir a produção de energia de origem nos combustíveis fósseis, têm levado à busca de novas fontes de geração de eletricidade de forma limpa e sustentável. Por conta disso, a ONUBR (2015), nos objetivos de desenvolvimento sustentável, propõem para “até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global” (ODS 7).

Considerando que o consumo da energia elétrica tem uma demanda crescente, ocasionada tanto pela expansão de empresas quanto devido ao aumento no uso residencial (REIS JUNIOR et al., 2017), que busca conforto e melhoria na qualidade de vida. Nesse contexto refletir sobre fontes de produção de energia elétrica renováveis tornou-se uma prioridade na sustentabilidade e nas engenharias. O crescimento econômico e populacional impõe uma demanda crescente no consumo de energia, proporcionado melhor qualidade de vida e acesso à infraestrutura nas edificações, tanto nas moradias como transporte e saneamento (PEREIRA et al., 2017).

Atualmente, segundo dados da ANEEL (2012), a principal fonte de energia elétrica brasileira provém das usinas hidrelétricas é de aproximadamente 60%, como também tem demonstrado as pesquisas realizadas a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016). A energia de origem hidrelétrica também é considerada fonte de energia renovável, mas sua implantação causa impactos no meio ambiente pelo fato de necessitar de alagamento de grandes áreas produtivas.

Nesse cenário, expansão na demanda de energia elétrica e preocupações com o meio ambiente, a energia que mais tem conquistado espaço dentro da matriz energética é a energia fotovoltaica, como excelente opção para a diversificação e aumento de oferta de energia elétrica. A tecnologia fotovoltaica, responsável por transformar diretamente a energia solar em energia elétrica, é hoje uma fonte promissora e representativa na matriz energética global (AMPESE; REIS; SERRANO, 2018). O princípio de funcionamento da tecnologia fundamenta-se no efeito fotovoltaico, conhecido como fotocondutividade, por intermédio da transformação da energia luminosa em eletricidade em semicondutores de silício

Dentro das fontes de energia limpa, a energia solar fotovoltaica destaca-se por ser autônoma, oferecendo grande confiabilidade e redução de custos de consumo a longo prazo (DUTRA et al., 2013). A resolução normativa nº 482 (ANEEL, 2012) possibilita ao consumidor gerar energia elétrica a partir da energia solar incidente na edificação. A resolução apresenta as condições gerais para a microgeração e minigeração integrada nos sistemas de distribuição de energia elétrica, com sistema de compensação de energia com a rede de abastecimento local. No sistema fotovoltaico *on grid* um gerador de eletricidade tem a produção ligada à rede de distribuição energia elétrica, proporcionando que a energia gerada excedente seja injetado à rede pública (PAINES; VIGNOCHI; POSSAMAI, 2018).

Para o uso da tecnologia fotovoltaica existe a necessidade de avaliação, quanto a viabilidade na instalação do sistema. Especialmente na Engenharia Civil e na Arquitetura, características na estrutura física da edificação passa a ser um critério importante para o uso da tecnologia. Neste intuito, o objetivo deste estudo é analisar a viabilidade técnica e econômica para implantação de uma usina de geração de energia elétrica solar fotovoltaica em um posto de combustível localizado na cidade de Ipumirim, Santa Catarina.

Especialmente para esse projeto, o elevado consumo de energia na edificação justifica o uso da tecnologia fotovoltaica, uma vez que torna o consumidor um investidor potencial para a implantação do sistema. Considerando que a projeção dos custos nas tarifas da concessionária tende a um aumento gradativo, buscou-se desenvolver o estudo a fim de avaliar a possibilidade na instalação de uma usina fotovoltaica, com foco na sustentabilidade do empreendimento (posto de combustível).

A exploração de energia solar fotovoltaica, neste tipo de edificação, poderá contribuir como a energia para o ramo automotivo, uma vez que incentivos à produção de carros movidos por energia elétrica já são realidades e o uso de motores elétricos no sistema automotivo está diretamente associado ao consumo de eletricidade. A efetivação desse cenário requer expansão nos métodos de produção de energia, sendo que a energia solar fotovoltaica promissora ao suprir a demanda.

Tendo como foco na sustentabilidade do empreendimento, a pesquisa buscou responder: Qual a viabilidade técnica e econômica na instalação de usina solar fotovoltaica em posto de combustível na cidade de Ipumirim/SC?

2. Material e métodos

Os dados qualitativos e quantitativos coletados junto ao cliente e fornecedores da tecnologia possibilitaram a construção deste trabalho. A metodologia utilizada foi estudo de caso e os procedimentos metodológicos para realização da pesquisa foram:

2.1 Pesquisa documental e levantamento de dados junto a fornecedores, com a finalidade de analisar o uso da tecnologia fotovoltaica em edificações, bem como informações orçamentárias para a futura instalação junto a fornecedores da tecnologia;

2.2 Junto ao cliente foi realizada a avaliação da edificação, quanto às condições meteorológicas (como a incidência solar e latitude), a fim de avaliar o ângulo de inclinação dos painéis;

2.3 No cliente (empreendedor) também foram levantados dados de custos e consumo de energia elétrica do estabelecimento (posto);

2.4 Com os dados nos itens anteriores, foi realizado o dimensionamento do sistema com propósito de atender a demanda do cliente;

2.5 Com uso da ferramenta de cálculo Microsoft Excel, onde foi construída uma planilha eletrônica pré-programada, foi realizado o estudo de viabilidade econômica para o projeto, sendo que estes serão confrontados com os dados coletados na pesquisa.

3. Resultados e discussões

3.1 Perfil do empreendimento

O empreendimento em estudo é um posto de combustível localizado em Ipumirim, no interior do estado de Santa Catarina. Em termos de localização geográfica, o

empreendimento apresenta as seguintes coordenadas: 27°04'56"S 52°07'59"W. O Portal Auto Posto foi fundado em 1999 e desde então vem expandindo seus serviços conforme suas necessidades e crescimento da cidade. O município situado no Meio Oeste, a 525 km da capital, tem uma média de insolação de aproximadamente 5 horas por dia, conforme dados do atlas *solarimétrico* (PEREIRA et al., 2017).



Figura 1 – Localização geográfica do posto. Fonte: Google Maps. Adaptado pelos autores.

3.2 Análise dos aspectos técnicos para a instalação da tecnologia

A localização do posto demonstra ser favorável para as instalações dos módulos fotovoltaicos. A justificativa dá-se devido aos fatores: não existem edificações próximas que possam proporcionar perdas na incidência solar; possui uma área ampla de cobertura com aproximadamente de 736 m² em estrutura plana; possibilita a instalação dos módulos conforme o ângulo desejado para obter-se melhor aproveitamento na incidência solar. A partir dessa análise, verificou-se em qual direção encontrava-se o norte verdadeiro, também chamado de norte geográfico. Essa atividade foi realizada com o auxílio da ferramenta de aplicativo móvel (*Sky Map*) para a melhor localização da instalação dos painéis fotovoltaicos na cobertura, como mostra a figura 2.

O dimensionamento desse sistema fotovoltaico deve levar em consideração as facilidades de instalação e manutenção, onde devem ser previstas áreas livres para circulação entre os módulos e, conseqüentemente, prevenir que os mesmos não projetem sombra nos módulos das fileiras adjacentes. A figura 2 mostra a cobertura do posto de combustível com a localização dos módulos fotovoltaicos na devida inclinação e espaçamento entre os painéis.

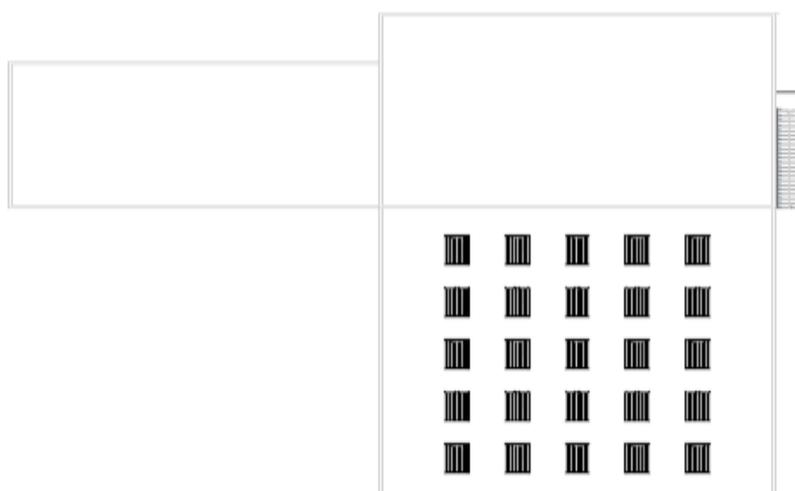


Figura 2 – Planta baixa da cobertura do posto com a localização dos módulos fotovoltaicos. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Análise do consumo de energia elétrica na edificação

Conforme mencionado, o objeto de estudo se trata de um posto de combustível que, além da função de abastecimento de veículos automotivos, também destina sua edificação à estadia de caminhoneiros. Na edificação, a energia elétrica fornecida pela concessionária CELESC é consumida pelo empreendimento para alimentar o funcionamento das bombas de combustível, iluminação, chuveiros elétricos e outros serviços ofertados no estabelecimento. A fim de projetar a implantação da tecnologia, foi necessário identificar dados do consumidor apresentados nas faturas mensais de energia elétrica, a fim de obter-se o consumo anual e o valor total gasto pela edificação no período de um ano (Tabela 1).

Mês	Consumo mensal (kWh)	Gasto (R\$)	Tarifa (R\$)
jul/17	995	R\$ 613,84	R\$ 0,62
ago/17	1063	R\$ 715,60	R\$ 0,67
set/17	958	R\$ 671,02	R\$ 0,70
out/17	833	R\$ 609,55	R\$ 0,73
nov/17	966	R\$ 704,16	R\$ 0,73
dez/17	758	R\$ 566,70	R\$ 0,75
jan/18	777	R\$ 548,41	R\$ 0,71
fev/18	821	R\$ 559,06	R\$ 0,68
mar/18	849	R\$ 582,77	R\$ 0,69
abr/18	899	R\$ 603,60	R\$ 0,67
mai/18	902	R\$ 636,78	R\$ 0,71
jun/18	1022	R\$ 774,01	R\$ 0,76
TOTAL	10843	R\$ 7.585,50	R\$ 0,70

Tabela 1 – Dados do consumo e custo com a energia elétrica. Fonte: elaborado pelos autores.

Na análise das faturas utilizamos o período de julho de 2017 a junho de 2018, totalizando 12 meses. Os dados coletados demonstraram que o posto de combustível teve um consumo total de 10.843 kWh para o período analisado, com um custo anual de R\$ 7.585,50, como mostra o gráfico a seguir (Gráfico 1). Os dados mostram tendência de certa estabilidade no

consumo de energia elétrica no período analisado. Observou-se maior consumo nos meses de julho/2017, agosto/2017 e também junho/2018, meses de inverno.

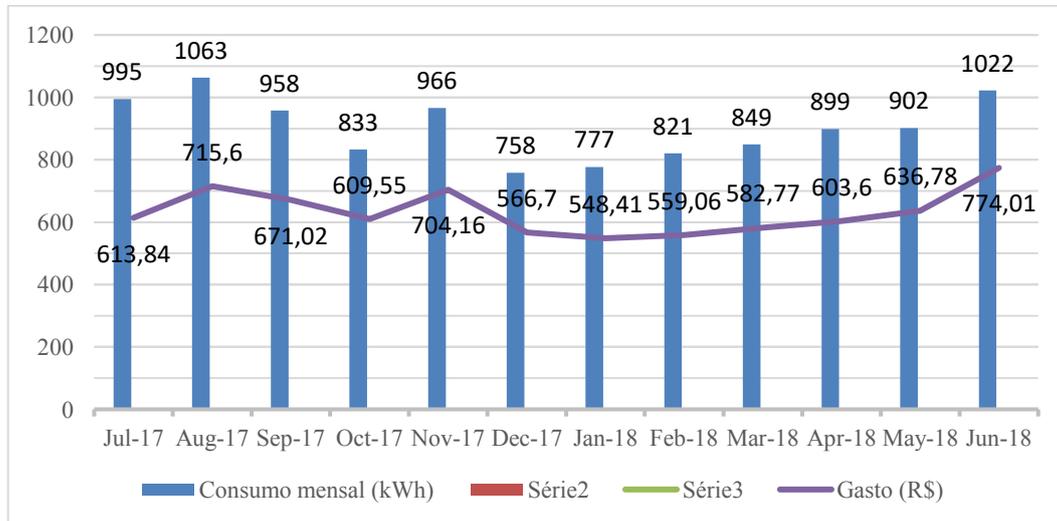


Gráfico 1 – Dados do consumo e custo com a energia elétrica

A justificativa do cliente é que grande parte da população utiliza, com maior frequência, seus carros para locomoção devido às condições climáticas, aumentando o uso das bombas de abastecimento. Entre os muitos fatores, salienta-se a utilização de água quente para os chuveiros elétricos e fornecimento de água quente para chimarrão para os motoristas que utilizam o pátio de estacionamento do posto. Tais serviços são fornecidos no posto e demandam de alto consumo de energia durante os meses mais frios. Quanto ao pico de consumo observado no mês de novembro de 2017, conforme relato do empreendedor, foi o mês com maior venda de combustível. Esse dado está em conformidade com a informação anterior, ou seja, maior tempo de uso das bombas de combustível esteve diretamente associado a demanda de energia elétrica no estabelecimento.

3.4 Dimensionamento das características principais do sistema

O sistema de energia fotovoltaica, recomendado a seguir, foi dimensionado para proporcionar um equilíbrio anual entre o consumo e a energia gerada, com base na resolução da ANEEL 482/2012.

Os resultados obtidos no dimensionamento das características fundamentais para o projeto de implantação do sistema solar fotovoltaico na edificação em estudo, apresentados a seguir, foi concedido através da planilha eletrônica disponível na rede mundial de computadores, produzido por um fornecedor da tecnologia. O software *SunData*, disponibilizado pelo site da CRESESB, nos proporcionou os índices de insolação para o município de Ipumirim.

PASSO 1 RESUMO 1 ANO FATURAÇÃO	
PERIODO	CONSUMO MENSAL (kWh/mês)
Jan	995
fev	1063
Mar	958
Abr	833
Mai	966
Jun	758
Jul	777
Ago	821
Set	849
Out	899
Nov	902
Dez	1022
MEDIA MENSAL ANUAL	904
MÉDIA DIÁRIA	30

PASSO 2 ENCONTRAR VALOR DE HSP	
http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata	
Exemplo cidade de Fortaleza	HSP
Jan	6,05
Fev	5,49
Mar	5,02
Abr	4,05
Mai	3,11
Jun	2,66
Jul	2,93
Ago	3,82
Set	4,01
Out	5
Nov	6,08
Dez	6,32
Média	4,545

PASSO 3 Considerar perdas	
Perda	
Sujeira	2%
Diff entre módulos	2%
Temperatura	12%
Efeito Jaule	1%
Eficiencia inversor	4%
MPPT	1%
Eficiencia Total	80%

PASSO 4 Calcular Potência	
$P = \frac{\text{Consumo}(kWh)}{\text{HSP} * \text{Eficiencia}}$	
Potencia (kW) = 8,29	

PASSO 5 Calcular quantidade de placas	
Potência da Placas Escolhida	320
Qde de Placas:	25 OU 26

PASSO 6 Escolher Inversor	
Potencia do inversor deve ser entre +- 20% potencia de placas	
Quantidade de Placas	25
Potencia do inversor (kw) Entre	6,40 e 9,60

Tabela 2 – Dimensionamento das características principais do sistema. Fonte: Fotaic.

Para fins de cálculos, com base nos dados de consumo e insolação, foram mensuradas as possíveis perdas de cargas que podem influenciar no desempenho final do sistema, para o dimensionamento do mesmo, para a determinação da potência necessária a ser gerada nas placas solares e a potência do inversor para o sistema.

Em concordância da tabela anterior (Tabela 2), observamos que para a eficácia do sistema são necessários aproximadamente a instalação de 25 placas fotovoltaicas para a potência nominal de 320Wp e 1 inversor com potência de aproximadamente 6 kW, utilizando em média, uma área de aproximadamente 157,63 m² (considerando as seguintes dimensões 1,0 m x 1,80 m).

3.5 Estudo da viabilidade econômica

Para a realização deste estudo, solicitaram-se, em três diferentes empresas fornecedoras da tecnologia, orçamentos que atendessem à demanda de energia do empreendimento, sendo necessário também a análise dos reajustes de custos anuais com energia elétrica de 5,04% a.a. (conforme projeção feita de reajustes de tarifa entre os anos de 2015 a 2018, encontrados

no site da CELESC). Também foi considerada a TMA (6% a.a.), com base em aplicações bancárias.

A tabela 3, apresenta os valores de investimentos iniciais propostos por cada empresa, sendo que estes levam em consideração também valores de projeto, materiais, instalação e transporte.

INVESTIMENTOS				
Empresa	Modelo	Descrição	Potência	Custo
1		Sistema	8,25 kW	-
	Não especificado	Painéis Fotovoltaicos	330 Wp	-
	Não especificado	Inversor	6 kW	-
	Investimento			
Empresa	Modelo	Descrição	Potência	Custo
2		Sistema	7,59 kW	-
	Canadian CS6U	Painéis Fotovoltaicos	330 Wp	-
	FRONIUS PRIMO	Inversor	6 kW	-
	Investimento			
Empresa	Modelo	Descrição	Potência	Custo
3		Sistema	6,60 kW	-
	Canadian	Painéis Fotovoltaicos	330 Wp	-
	Não especificado	Inversor	6 kW	-
	Investimento			

Tabela 3 – Investimentos iniciais das empresas 1, 2 e 3. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a análise de *payback* descontado foi necessário a elaboração de uma planilha eletrônica, apresentada a seguir (Tabela 4), que mostrará o fluxo de caixa do período em que o projeto estará em atividade, levando em consideração o tempo de vida útil do inversor, ou seja, 15 anos.

Ano	Investimento		
	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
2018	R\$ 50.973,60	R\$ 42.504,00	R\$ 38.337,67
2019	R\$ 42.502,48	R\$ 33.943,96	R\$ 31.414,30
2020	R\$ 32.946,61	R\$ 24.314,80	R\$ 23.614,35
2021	R\$ 22.212,09	R\$ 13.524,61	R\$ 14.862,16
2022	R\$ 10.197,93	R\$ 1.474,55	R\$ 5.076,38
2023	-R\$ 3.204,42	-R\$ 11.491,60	-R\$ 5.830,42
2024	-R\$ 18.111,63	-R\$ 26.837,94	-R\$ 17.952,19
2025	-R\$ 34.649,01	-R\$ 43.337,05	-R\$ 31.389,87
2026	-R\$ 52.951,17	-R\$ 61.570,55	-R\$ 46.251,83
2027	-R\$ 73.162,63	-R\$ 81.679,73	-R\$ 62.654,45
2028	-R\$ 95.438,49	-R\$ 103.816,20	-R\$ 80.722,59
2029	-R\$ 119.945,20	-R\$ 128.142,65	-R\$ 100.590,27
2030	-R\$ 146.861,34	-R\$ 154.833,56	-R\$ 122.401,22
2031	-R\$ 176.378,42	-R\$ 184.076,04	-R\$ 146.309,61
2032	-R\$ 208.701,79	-R\$ 216.070,69	-R\$ 172.480,72

Tabela 4 – Fluxo de caixa e *payback* descontado. Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme dados do gráfico 2, verifica-se que o *payback* do projeto de instalação, para a empresa 1, 2 e 3, onde para qualquer um dos investimentos apresentados, o retorno dos investimentos ocorre no 6º ano, considerando a produção de energia. Em resumo, o projeto é considerado atrativo e financeiramente viável, pois o tempo de retorno não ultrapassa a vida útil do projeto.

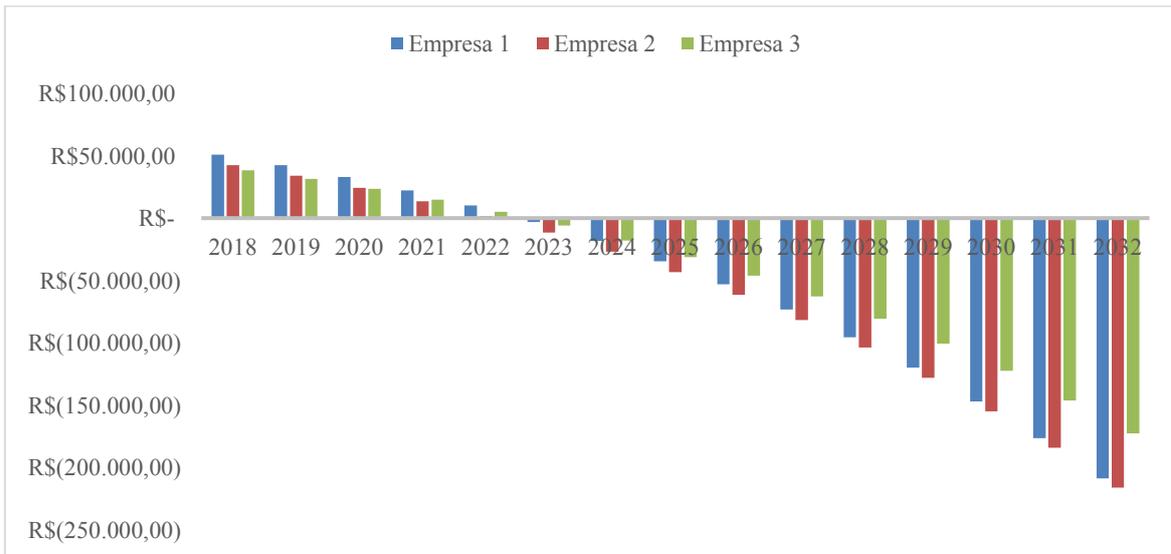


Gráfico 2 – Fluxo de caixa. Fonte: elaborado pelos autores.

Outra análise para provar a viabilidade deste projeto é a comparação do custo-benefício, para os diferentes valores iniciais e produção dos sistemas, conforme informações apresentadas por empresa. Conforme a tabela 5, é possível constatar que a empresa 2 é a mais viável economicamente, com relação as demais, pois a relação custo do sistema e potência gerada demonstrou custo-benefício de R\$ 5.600,00, que foi o melhor caso analisado.

Custo-Benefício			
presa	Valor inicial (R\$)	Produção do sistema (kW/h)	Relação (R\$/kW)
Empresa 1	R\$ 50.973,60	8,25	R\$ 6.178,62
Empresa 2	R\$ 42.504,00	7,59	R\$ 5.600,00
Empresa 3	R\$ 38.337,67	6,6	R\$ 5.808,74

Tabela 5 – Custo investimento (R\$) x Produção do sistema (kW/h). Fonte: elaborado pelos autores.

Portanto, comparando-se a empresa 1 com a empresa 2, precisa-se investir 20% a mais no valor inicial sendo que a diferença de produção de energia é somente 9%, o que torna a proposta da empresa 1 inviável. Já, comparando a empresa 2 com a empresa 3, a diferença de investimento inicial é de 11% sendo que a diferença de produção de energia é de 15%.

Assim, comprova-se que a proposta da empresa 2 foi a mais viável em todos os métodos analisados.

Em todos os estudos apresentados anteriormente foram desconsiderados os descontos de taxa mínima de fatura e aluguel da rede. Com base nesse dado, realizou-se um novo cálculo com auxílio de uma planilha eletrônica pré-programa com uma calculadora online disponibilizada por uma empresa fornecedora da tecnologia e a mesma encontra-se na web.

Sistema Indicado	
Tamanho do Sistema (kWp)	Número de Módulos
6,57	24
Produção Anual Estimada (KWh)	Estimativa de Investimento (R\$)
9788	R\$ 39.391,66

Tabela 6 - Sistema indicado na calculadora on-line. Fonte: elaborado pelas autoras.

De acordo com os dados explicitados na tabela 7, nota-se que o investimento nesta tecnologia ainda é viável, pois o tempo de retorno do investimento em todos os casos calculados não ultrapassa 7 anos, ou seja, não ultrapassa o tempo de vida útil dos equipamentos.

Ano	Energia Gerada (kWh)	Valor Energia FV (R\$)	Economia Anual (R\$)	Retorno (R\$)	Tempo
2017				R\$ 39.391,66	0
2018	9788	R\$ 0,4787	R\$ 4.685,52	R\$ 34.706,14	1
2019	9719,48	R\$ 0,5026	R\$ 4.885,35	R\$ 29.820,79	2
2020	9651,45	R\$ 0,5278	R\$ 5.093,71	R\$ 24.727,08	3
2021	9583,89	R\$ 0,5542	R\$ 5.310,96	R\$ 19.416,12	4
2022	9516,8	R\$ 0,5819	R\$ 5.537,47	R\$ 13.878,65	5
2023	9450,18	R\$ 0,6110	R\$ 5.773,65	R\$ 8.105,00	6
2024	9384,03	R\$ 0,6415	R\$ 6.019,89	R\$ 2.085,11	7
2025	9318,34	R\$ 0,6736	R\$ 6.276,64	-R\$ 4.191,53	8
2026	9253,11	R\$ 0,7073	R\$ 6.544,34	-R\$ 10.735,90	9
2027	9188,34	R\$ 0,7426	R\$ 6.823,45	-R\$ 17.559,30	10
2028	9124,02	R\$ 0,7798	R\$ 7.114,48	-R\$ 24.673,80	11
2029	9060,16	R\$ 0,8187	R\$ 7.417,91	-R\$ 32.091,70	12
2030	8996,74	R\$ 0,8597	R\$ 7.734,28	-R\$ 39.826,00	13
2031	8933,76	R\$ 0,9027	R\$ 8.064,15	-R\$ 47.890,10	14
2032	8871,22	R\$ 0,9478	R\$ 8.408,08	-R\$ 56.298,20	15
2033	8809,12	R\$ 0,9952	R\$ 8.766,69	-R\$ 65.064,90	16

Tabela 7 – Análise de investimento. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Considerações finais

Ambientes como postos de combustíveis, supermercados, shoppings e estacionamentos geralmente são edificações que possuem grandes áreas de cobertura e alto consumo de energia elétrica. Essas condições permitem acreditar que os mesmos podem ser grandes geradores de energia renováveis além de contribuir com a sustentabilidade ambiental, atualmente um quesito de preferência dos estabelecimentos. Como ocorreu no estudo que objetivou analisar a viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica como alternativa de redução de custos com as faturas de energia elétrica em um posto de combustível localizado na cidade de Ipumirim, Santa Catarina.

Uma pesquisa bibliográfica realizada no início do estudo demonstrou que para a utilização do carro elétrico, que começam a ser inseridos no mercado, há necessidade de avanços e união de diferentes ramos da tecnologia. Nesse sentido, a pesquisa (BIFI, 2018) surge com a opção no uso da energia elétrica sendo produzida através de fontes renováveis, contribuindo para a sustentabilidade energética, econômica e ambiental.

Quanto ao estudo de caso no empreendimento contemplado na pesquisa, a análise de viabilidade econômica demonstrou ser viável a implantação da tecnologia. Os resultados demonstraram que a instalação do sistema proposto por intermédio da empresa 2 foi a mais viável das propostas. No entanto, para todos os cenários analisados, o tempo de retorno dos investimentos iniciais é inferior a sete anos, considerando somente o custo da energia.

Quanto ao uso do sistema solar fotovoltaico ser integrado à rede, edificações urbanas proporciona a instalação elétrica predial passa a ser a interface do gerador fotovoltaico com a rede elétrica convencional (RÜTHER, 2004). Como o autor relata, “para o sistema elétrico nacional, instalações deste tipo também apresentam vantagens econômicas diretas e indiretas, relacionadas ao custo evitado” (p. 79). Outro fato de grande importância a ser destacado, além dos fatores já mencionados para garantir a viabilidade do projeto, a RES 482/2012 da ANEEL permite a transformação da energia excedente produzida pelo sistema solar fotovoltaico gerar créditos que poderão ser aplicados nos meses em que o sistema tenha menor potencial de geração de energia do que a necessidade de consumo da edificação.

Por fim, conclui-se que a escolha da energia solar como fonte de energia elétrica pode diminuir os custos com o consumo de energia elétrica junto à concessionária e aumentar a sustentabilidade para o empreendimento. Por conta disso tem se tornado uma das mais importantes e promissoras fontes de energia renováveis, com atrativos e benefícios para o meio ambiente, à edificação e à sustentabilidade energética.

Referências

- AMPESE, E. S.; REIS, M. A. F.; SERRANO, A. **Uso de painéis fotovoltaicos como fonte de energia no aproveitamento de água da chuva para uso residencial.** (ULBRA, Ed.) 3º Encontro de Ciências em Educação para a Sustentabilidade. **Anais...Canoas (RS): PPGECIM,** 2018 Disponível em: <<http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/ceds/3eces/paper/view/10802>>
- ANEEL. Resolução normativa nº 482. **Agência Nacional de Energia Elétrica,** p. 12, 2012.

BIFFI, E. **Estudo de viabilidade de usina solar fotovoltaica em posto de combustível na cidade de Ipumirim**. Concórdia SC: Universidade do Contestado, 2018.

DUTRA, J. C. DO N. et al. Uma análise do panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o prisma da energia eólica e solar fotovoltaica como fontes alternativas de energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD**, v. 34, p. 225–243, 2013.

EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. **Empresa de Pesquisa Energética**, p. 232, 2016.

ONU. **Energia Limpa e acessível**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

PAINES, P. DE A.; VIGNOCHI, L.; POSSAMAI, O. Simulação de sistema fotovoltaico para o setor comercial. **Exacta**, v. 16, n. 3, p. 17–30, 2018.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. p. 64, 2017.

REIS JUNIOR, P. et al. **Mudanças na matriz energética hídrica no Brasil: estudo estatístico a partir de regressão multivariada**. (ULBRA, Ed.) VII Congresso Internacional de Ensino da Matemática (VII CIEM). **Anais...** Canoas RS: PPGEICM, 2017

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis - SC: Editora UFSC / LABSOLAR, 2004.

ANEEL. Resolução normativa nº 482. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, p. 12, 2012.

BIFFI, E. **Estudo de viabilidade de usina solar fotovoltaica em posto de combustível na cidade de Ipumirim**. Concórdia SC: Universidade do Contestado, 2018.

DUTRA, J. C. DO N. et al. Uma análise do panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o prisma da energia eólica e solar fotovoltaica como fontes alternativas de energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD**, v. 34, p. 225–243, 2013.

EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. **Empresa de Pesquisa Energética**, p. 232, 2016.

ONU. **Energia Limpa e acessível**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

PAINES, P. DE A.; VIGNOCHI, L.; POSSAMAI, O. Simulação de sistema fotovoltaico para o setor comercial. **Exacta**, v. 16, n. 3, p. 17–30, 2018.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. p. 64, 2017.

REIS JUNIOR, P. et al. **Mudanças na matriz energética hídrica no Brasil: estudo estatístico a partir de regressão multivariada**. (ULBRA, Ed.). VII Congresso Internacional de Ensino da Matemática (VII CIEM). **Anais...** Canoas RS: PPGEICM, 2017

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis - SC: Editora UFSC / LABSOLAR, 2004.