



Recebido em 21/11/2018. Aprovado em 04/11/2019. Publicado em 29/02/2020.

Editor: Dr. Ivano Ribeiro

Processo de Avaliação: *Double BlindReview* - SEER/OJS
e-ISSN: 2359-5876



INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UNIDADE DE SAÚDE PÚBLICA: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Jean Rodrigues Pompeu da Silva¹

RESUMO

O presente trabalho investiga a viabilidade econômica da implementação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão em uma unidade de saúde pública na cidade de Cascavel – PR, por meio de um projeto piloto de instalação na cobertura da unidade de saúde para suprir o consumo de energia elétrica. Apresentado como estudo exploratório e pesquisa documental, se utilizou de dados de consumo mensal da unidade consumidora coletados no setor financeiro da Secretaria de Saúde de Cascavel referente ao ano de 2016 e dados sobre painéis fotovoltaicos de organizações que comercializam estes sistemas. A pesquisa utilizou a irradiação solar média diária para a localidade a fim de definir a configuração mais adequada à finalidade de uso. Ficou demonstrado que há um grande potencial a ser explorado para geração de energia solar, e a utilização de um sistema fotovoltaico de geração de energia, e a utilização de painéis fotovoltaicos poderá reduzir gastos pela Prefeitura Municipal de Cascavel com energia elétrica da concessionária, ou seja, é viável do ponto de vista econômico. Esse valor economizado poderá ser revertido em compra de medicamentos, e incremento de recursos em espaço físico na unidade de saúde, gerando conforto e melhoria de vida aos servidores e usuários do sistema de saúde.

Palavras-chave: Energia Solar; Sistemas Fotovoltaicos; Impacto Ambiental; Redução de Custos.

INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN A PUBLIC HEALTH UNIT: ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS

ABSTRACT

The present work investigates the economic viability of the implementation of a photovoltaic system connected to the low voltage electrical network in a public health unit in the city of Cascavel - PR, through a pilot project of installation in the coverage of the health unit to supply the electric power consumption. Presented as an exploratory study and documentary research, monthly consumption data from the consumer unit collected in the financial sector of the Health Department of Cascavel for the year 2016 and data on photovoltaic panels of organizations that market these systems were used. The research used the average daily solar irradiation to the locality in order to define the configuration most appropriate to the purpose of use. It has been demonstrated that there is a great potential to be explored for solar energy generation, and the use of a photovoltaic system of energy generation, and the use of photovoltaic panels could reduce expenses by the Municipality of Cascavel with electricity from the concessionaire, is feasible from the economic point of view. This saved value could be reversed in the purchase of medicines, and increase of resources in physical space in the health unit, generating comfort and improvement of life to the servers and users of the health system.

Keywords: Solar energy; Photovoltaic systems; Environmental impact; Reduction of Costs.

¹ Especialista em Gestão Pública e Gerenciamento de Projetos pela Unioeste. E-mail: civil.pompeu@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2018) existem 2.254 empreendimentos fotovoltaicos em operação, totalizando 1.322.173 kW de potência instalada, ou seja, aproximadamente 0,83% da matriz energética nacional. A baixa utilização se deve a inúmeros fatores importantes, entre eles a falta de indústrias nacionais para fabricação dos módulos fotovoltaicos, reduzindo assim o custo de importação, bem como a escassez de programas federais específicos de incentivo à geração solar como o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) para geração eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. Conforme informações da Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2012), a irradiação solar média anual no Brasil pode chegar a 2.400 kWh/m²/ano em regiões interioranas do Nordeste e 1137 kWh/m²/ano de média na região Sul, valores muito elevados se comparados a países com tradição nessa forma de obtenção de energia como a Alemanha, com irradiação entre 900 e 1.250 kWh/m²/ano, a França entre 900 e 1.650 kWh/m²/ano e a Espanha com irradiação entre 1.200 e 1.850 kWh/m²/ano.

Porém, o mercado da energia solar tem apresentado melhoras significativas quanto a seu custo, confiabilidade e rendimento na última década. Anteriormente os sistemas, em geral onerosos, eram destinados apenas a áreas remotas, *off-grid*, que competiam com o alto custo de levar eletricidade por meio de rede elétrica aérea. E com isso tinham grande limitação sendo dedicadas a empresas interessadas, estações de bombeamento ou equipamentos de telecomunicações. Atualmente os sistemas conectados diretamente à rede, trouxeram um novo conceito a utilização da energia fotovoltaica, reduzindo custos importantes, mostrando-se interessante para algumas aplicações como a geração distribuída, já que compete com as altas tarifas cobradas pelas concessionárias (SANTOS & JABBOUR, 2017).

Na Unidade de Saúde Aclimação, Cascavel - PR a necessidade de consumo de energia elétrica e a cultura pelo cuidado do meio ambiente são fatores crescentes e, refletem seus impactos positivos em tempos onde a tecnologia avança de forma rápida e em grande volume. Este fato justifica a exploração de meios alternativos de suprir estas necessidades, portanto abre-se a oportunidade de ser realizado um estudo de viabilidade econômica para instalação de um sistema fotovoltaico.

Corroborando para este estudo, seja ela para uso no meio privado ou em âmbito público, atrelado a essa tecnologia, o consumo, visto de maneira geral, de energia elétrica aumenta dia após dia, conseqüentemente o valor da energia irá aumentar cada vez mais. Além deste fato, Santos e Jabbour (2017) citam que mais de 80% das fontes energéticas são de usinas hidrelétricas e, versa também que o país passou por uma crise hídrica há poucos anos. Pensando nisso, buscar fonte alternativa e limpa é o caminho mais viável, e a energia fotovoltaica tem se mostrado a melhor opção para quem busca uma alternativa limpa e econômica, com base nos dados estudados.

Este relato técnico tem como objetivo identificar se há viabilidade econômica do projeto de implantação de utilização da energia solar na unidade de saúde pública, citando as vantagens consequentes desse sistema, e a possibilidade de futuramente ser replicado para todas as outras unidades de saúde e serviços do município de Cascavel - PR.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Melo (2017) as células fotovoltaicas, que compõem o painel fotovoltaico, foram desenvolvidas em 1954 pelos pesquisadores do Bell Laboratories. No início, devido ao seu alto custo essa tecnologia era utilizada somente para geração de energia elétrica em atividades

espaciais, contudo, devido ao avanço tecnológico que reduziu o custo da aplicação de tal processo e aos impactos negativos das fontes tradicionais de geração de energia, o desenvolvimento dessa tecnologia foi impulsionado e começou a ser aplicada e desenvolvida em projetos terrestres.

No início se deu o crescimento desta tecnologia nos países de primeiro mundo com uma cultura e tecnologia totalmente diferente da brasileira, porém sua aplicação tem ganhado espaço em território nacional, mas mesmo assim, muitos, além de desconhecer a história dessa tecnologia desconhecem também como funciona o processo de geração de energia fotovoltaica (MELO, 2017).

De acordo com Jardim (2017) pode-se definir a energia fotovoltaica como a utilização das ondas eletromagnéticas que são captadas por placas solares que são montadas a partir de um conjunto de células solares, que por sua vez são formadas por materiais que devido às suas propriedades físicas ajudam a promover o efeito fotovoltaico.

Silva (2016) afirma que no Brasil, a preocupação e o interesse por diferentes formas de aproveitamento de energia para conversão em eletricidade aumentaram após a crise do sistema elétrico brasileiro e racionamento de energia elétrica passados no ano de 2001. A energia solar fotovoltaica vem se mostrando uma alternativa muito interessante para suplementar a geração do sistema de energia elétrica. Devido à contínua queda no preço dos painéis, este tipo de aproveitamento da energia solar, antes atrativo apenas em regiões remotas ou na zona rural, começa a se tornar uma solução economicamente viável para a utilização em aplicações urbanas.

Esta transição ainda está em processo de implantação, por esse motivo ainda existem algumas dificuldades, e uma das principais seria a tarifação, ocorrendo uma tarifação da energia fotovoltaica ainda em média 2,1 vezes maior do que a cobrada pela energia gerada pelos sistemas tradicionais, fazendo com que algumas pessoas não consigam vislumbrar todas as vantagens dessa utilização. Porém esse custo vem caindo ano após ano e a tendência com o aumento da demanda e otimização dos processos produtivos é que venha a cair ainda mais. (SILVA, 2016).

No Brasil a política é diminuir o custo da energia para o consumidor final, e no ano de 2013 houve algumas reduções nas tarifas tanto para o setor residencial quanto para o industrial. Contudo, ainda, segundo Silva (2016), a tendência mundial para o aumento de energia elétrica é uma realidade para todos, devido a fatores econômicos, políticos e, um dos mais impactantes, que é a escassez dos recursos naturais.

Para aumentar a demanda de utilização de energia solar entre os consumidores, são necessários alguns incentivos fiscais. De acordo com Silva (2016), esses incentivos devem visar à redução de custos na instalação, operação e manutenção do sistema de energia provenientes de fontes renováveis, exemplo disto é a aprovação do projeto que concede benefícios ao aproveitamento da energia produzida por micro e mini geradores, projeto de lei nº 378/2015 da Assembleia Legislativa do Paraná (2018).

Uma ferramenta de auxílio aos gestores para demonstrar a responsabilidade ambiental de um órgão público ou empresa privada é através de relatórios que evidenciem de forma fiel e transparente os gastos de gestão ambiental. Por esse motivo a missão ambiental é um dos fatores essenciais para a implantação do sistema fotovoltaico, pois, quando analisado o cenário como um todo, observa-se que embora a contribuição da energia fotovoltaica ainda seja pequena, as projeções de aumento de demanda desta tecnologia são promissoras, já que a necessidade de fontes limpas e sem a dependência de combustíveis ou recursos naturais finitos são extremamente altas.

Sempre que se aborda temas relacionados a Impactos Ambientais, muitos gestores já tem uma concepção de que qualquer ação relacionada a esse tema irá gerar gastos sem grande

probabilidade de retorno, porém o maior desafio é quebrar o paradigma que as atividades voltadas a resolução de problemas ambientais não trazem benefícios para o empreendimento, e pensando nisso Donaire (1999) versa que:

Algumas empresas, porém, tem demonstrado que é possível ganhar dinheiro e proteger o meio ambiente mesmo não sendo uma organização que atua no chamado 'mercado verde', desde que as empresas possuam certa dose de criatividade e condições internas que possam transformar as restrições e ameaças ambientais em oportunidades de negócios. (DONAIRE, 1999, p. 18).

Considerando-se o equipamento necessário para a instalação do sistema fotovoltaico a Renove Engenharia (2018) indica que o sistema é constituído por: a) painéis fotovoltaicos, b) inversores, c) quadro de luz, d) medidor bi-direcional e e) rede elétrica, demonstrado adiante na Figura 1.



Figura 1 Constituição do Sistema Fotovoltaico.

Fonte: Renove Engenharia (2018, s.p.).

Os componentes do sistema fotovoltaico podem ser descritos como (Renove Engenharia (2018):

a) Os módulos solares são responsáveis pela geração fotovoltaica, convertendo a luz do sol em energia elétrica (CC - Corrente Contínua), os painéis são conectados entre si e enviam toda energia elétrica gerada para o Inversor Solar, pois a conversão do recebimento da radiação solar em energia elétrica é efetuada através das células o que ocasiona em produção de corrente elétrica;

b) Inversores: toda energia elétrica gerada pelos painéis solares está em corrente contínua (CC) e para poder ser utilizada por qualquer equipamento elétrico, deve antes ser convertida em corrente alternada (CA), este é o papel do Inversor Solar;

c) Quadro de luz: após a conversão feita pelo inversor solar, toda energia elétrica é enviada para o quadro de luz e distribuída para o uso; uma vez convertida, a energia está pronta para uso por qualquer equipamento elétrico e pode ser usada para chuveiros, ferro de passar, computadores, lâmpadas, TV, aparelhos de som, máquina de lavar, etc.;

d) Medidor bi-direcional: A energia que for gerada e não for utilizada, será injetada na rede da distribuidora através do relógio bi-direcional; na ausência do sol, o sistema deixa de gerar energia elétrica, e então, é feito o uso da energia da distribuidora normalmente;

e) Rede Elétrica: Se a produção de energia for maior do que o consumo, a energia excedente se torna um "crédito" que poderá ser abatido em uma conta de energia dos meses subsequentes ou de outra unidade consumidora do mesmo usuário, com validade de 60 meses; os créditos de energia são regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) possuindo regras específicas que variam de acordo com a localização e classe de consumo (residência, comercial ou industrial).

De acordo com o tipo de sistema fotovoltaico, classificado como autônomo híbrido ou ligado à rede elétrica, pode haver a adição de outros componentes ao próprio sistema para a sua utilização, sendo esse um dos principais requisitos para que se possa quebrar esse paradigma e mostrar que atitudes visando impactos ambientais positivos podem sim trazer benefícios para a organização impulsionando ainda mais as vantagens da aplicação de um sistema que gera energia limpa sem denegrir o ambiente.

O sistema autônomo ligado à rede elétrica, como o próprio nome diz, depende apenas da energia solar para a produção de energia.

O sistema fotovoltaico tem como objetivo fornecer ganhos, fazendo com que essas ações econômicas e ambientais tenham o impacto correto dentro e fora do ambiente de gestão pública, trazendo assim uma concepção melhor sobre a tecnologia fotovoltaica tanto para seus colaboradores quanto usuários, e, usando essas ações estrategicamente para agregar valor à gestão administrativa, fazendo do impacto ambiental mensurador da viabilidade da aplicação da tecnologia fotovoltaica e mostrando para as municipalidades que tenham interesse por esse sistema uma ótima opção para redução de custos energéticos, com um impacto positivo social e econômico para a gestão pública.

3. MÉTODOS

Trata-se de um estudo exploratório quanto aos seus objetivos, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, para torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (Gil, 2007).

Quanto aos seus procedimentos, consiste em uma pesquisa documental, pois conforme versa Sá-Silva (2009), ela indica estratégias de coletas de dados e análise de documentos.

Foi escolhido para análise da viabilidade o sistema fotovoltaico denominado Grid-Tie, que segundo Silva (2016) faz com que o sistema se torne mais barato, com menor custo de manutenção e que cause menor impacto ao meio ambiente, por não ser necessária a utilização de baterias, já que injeta diretamente na rede o excedente gerado e quando necessário retira da mesma a energia para seu consumo.

A partir de algumas premissas necessárias, elaborou-se o projeto para instalação de painéis fotovoltaicos conectados diretamente à rede de distribuição. Utilizou-se uma unidade básica de Saúde pública para parâmetros referenciais à intervenção de instalação de um sistema fotovoltaico a partir de dados coletados no setor financeiro da Secretaria Municipal de Saúde da cidade de Cascavel - PR. Os dados obtidos se referem ao consumo de energia elétrica mensal na concessionária de energia elétrica, Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) do ano de 2016. Foram avaliados critérios básicos como a irradiação solar média diária para a localidade a fim de definir a configuração mais adequada.

Para o cálculo do valor teórico da potência e do dimensionamento do sistema fotovoltaico utilizou-se o procedimento para dimensionamento do manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CRESESB – CEPEL, 2014).

Para a análise do dimensionamento de um sistema solar e a viabilidade econômica foram considerados: a eficiência dos painéis, a radiação solar incidente e a *Performance Ratio*, que relaciona a produção de energia efetivamente gerada pelo sistema fotovoltaico e seu valor

calculado teoricamente. Com isso tem-se um valor de referência que possibilita uma comparação direta entre quaisquer sistemas em todo o mundo. Ainda de acordo com Caldas (2016) com isso, tem-se o valor da energia que foi gasta internamente junto com suas perdas para gerar eletricidade e o valor nominal de fato entregue ao micro gerador.

4. CONTEXTO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

O projeto deve ser construído em Unidade de Saúde já existente, na cidade de Cascavel, PR, denominada Unidade de Saúde Aclimação, situada na Rua Recife, nº 3596, bairro Aclimação, para o preposto de captação de energia solar, alcançando auto-suficiência no seu consumo, reduzindo custos com a energia gerada pela concessionária, com direcionamento para financiamento pelo agente financiador ou *stakeholders*, já que o projeto é voltado ao interesse da Prefeitura Municipal de Cascavel e ao Parque Tecnológico da Itaipu - PTI, que é um parque criado para impulsionar o desenvolvimento econômico, turístico, tecnológico e sustentável no Brasil e no Paraguai e, como fruto dessa expansão da Itaipu Binacional, a qual é incentivadora de pesquisas relacionadas ao uso consciente de energias renováveis e métodos de preservação do meio ambiente. Também age de maneira positiva na geração de divisas públicas, através de fomento a projetos para os entes da administração pública.

A Secretaria Municipal de Saúde (SESAU) em Cascavel - PR está organizada administrativamente em três departamentos, atenção à saúde, vigilância sanitária e serviços de saúde, dentre eles, a atenção à Saúde possui 36 unidades de atenção primária (UBS e PSF) e também contém 60 unidades de serviços (SESAU, 2018), e nenhuma tem sistema fotovoltaico, e, o valor gasto pelos departamentos somados gastam um total aproximado de R\$ 137.500,00 mensalmente com energia elétrica pago à Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL).

O benefício da diminuição da fatura de energia elétrica, a partir do total de energia gerada, poderá ser calculado com valor total de energia em reais gerado e economizado pela unidade de básica de saúde pública. Pois o agente público como modelador e integrador da sociedade, deve estar na vanguarda na conservação e melhor aproveitamento de recursos econômicos e naturais.

A instalação em edificações públicas que não contavam com projetos com objetivos ecológico e de economicidade, propicia um projeto de implantação de sistema de geração de matriz energética renovável e sustentável, que servirá de modelo para outras edificações públicas, gerando aumento de produtividade da equipe de profissionais de saúde envolvida, bem como servirá de indicador de tendências.

5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO

Esta proposta apresenta um projeto para instalação de painéis fotovoltaicos em uma Unidade de saúde localizada em um bairro central (Aclimação) na cidade de Cascavel – PR, com coordenadas Latitude: 24°53' e Longitude: 53°23'. Altitude de 660m e apresenta uma inclinação de 02° Sul em relação ao norte geográfico, (GOOGLEMAPS, 2018).

Para mensuração do consumo médio, foi coletado, na secretaria de saúde (SESAU) dados da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) o consumo dos doze meses referentes a 2016, e verificado o consumo total, posteriormente verificou-se a média de consumo anual e a média de consumo diário, conforme Tabela 1.

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA		
Mês	Média diária	Total mensal
	[KWh]	[KWh]

Janeiro	57,88	1794,16
Fevereiro	53,81	1668,11
Março	52,56	1629,36
Abril	47,55	1474,05
Mai	39,62	1228,22
Junho	36,61	1134,91
Julho	38,94	1207,14
Agosto	49,00	1519,00
Setembro	46,27	1434,37
Outubro	51,34	1591,54
Novembro	56,21	1742,51
Dezembro	58,48	1812,88
CONSUMO MÉDIO	47,02	1457,62

Tabela 1: Consumo de energia elétrica da Unidade de Saúde.

Fonte: SESAU - Prefeitura Municipal de Cascavel (2016)

O sistema escolhido para ser conectados à rede foi o sistema conhecido como *grid-tie*, que não utiliza acumuladores, como baterias, pois a energia que é gerada tem dois possíveis caminhos: o consumo diretamente para a carga que está ligada (residência) ou ser injetada na rede de distribuição. Com isso, segundo Caldas (2016), o gerador fotovoltaico apresenta-se como uma fonte complementar ao sistema elétrico da concessionária reduzindo assim a energia consumida a partir de fontes geradoras concentradas.

Segundo Caldas (2016), é importante ressaltar que a concessionária exige um custo de disponibilidade, conhecido como consumo mínimo, equivalente a 50 kWh/mês (padrão bifásico), ou seja, mesmo sem utilizar, o cliente deve pagar a taxa mínima, conforme resolução ANEEL 687 de 24.11.2015. Logo, não é interessante que o sistema solar gere esta energia e por isso deve-se retirar 1kWh/dia na média do consumo final, segundo o preconizado por Caldas (2016).

Com dados extraídos do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) pelo programa SunData que se destina ao cálculo da irradiação solar diária média mensal (HSPma) em qualquer ponto do território nacional, podem ser mensurados os níveis de radiação solar incidente para a região central da cidade de Cascavel, conforme Figura 2.

Latitude: 24,883333° S
Longitude: 53,383333° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]		Mês												Média	Delta		
					Latitude [°]	Longitude [°]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez				
✓	Cascavel	Cascavel	PR	BRASIL	24,901° S	53,349° O	Distância [km]	4,0	6,27	5,55	5,18	4,30	3,37	3,01	3,22	4,23	4,41	5,19	6,02	6,38	4,76	3,37
✓	Cascavel	Cascavel	PR	BRASIL	24,901° S	53,449° O		6,9	6,27	5,54	5,13	4,28	3,36	3,00	3,21	4,22	4,41	5,19	6,01	6,38	4,75	3,38
✓	Cascavel	Cascavel	PR	BRASIL	24,801° S	53,349° O		9,8	6,31	5,55	5,18	4,31	3,39	3,03	3,23	4,22	4,44	5,19	6,05	6,43	4,78	3,40

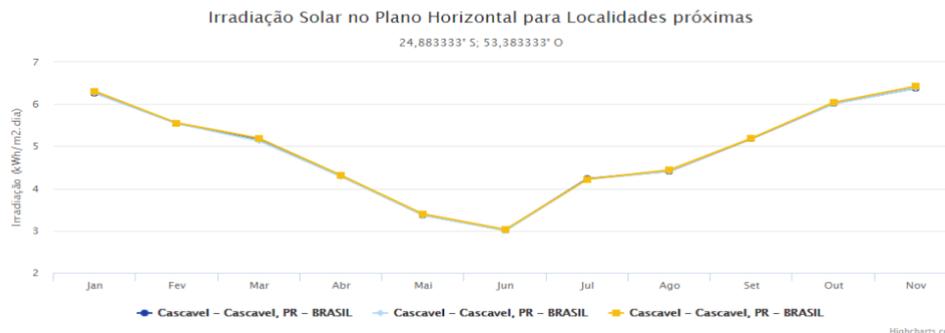


Figura 2 - Irradiação Solar Média Diária.

Fonte: CEPEL-CRESESB (2018)

Adotando o sistema mais interessante do ponto de vista econômico, descrito por Caldas (2016), foi calculada a geração ligeiramente inferior ao consumo encontrado, pois o excedente

gera apenas créditos com data de vencimento de 60 meses. Então, a geração solar fotovoltaica deve funcionar como fonte complementar de energia, suprimindo apenas parcialmente a demanda, ou seja, 94%.

De acordo com o procedimento para dimensionamento presente no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CRESESB – CEPEL (2014), pode-se calcular a potência do sistema em questão a partir da Equação 1:

$$P_{fv} = \frac{E/TD}{HSP} \quad (1)$$

Onde:

P_{fv} – Potência de pico do sistema fotovoltaico [Wp];

E – Consumo diário médio da edificação [Wh/dia];

TD – Taxa de desempenho do sistema – [adimensional]

HSP – Número de horas de sol pleno – média diária a uma intensidade de 1000W/m²[h];

Um valor padrão para a taxa de desempenho encontrada em literaturas e recomendado por fabricantes é de TD=0,78, que considera perdas diversas encontradas no sistema como a eficiência do inversor, sombreamento ou poeira sobre o módulo solar, perdas nos condutores e possível redução de potência devido ao coeficiente térmico negativo do módulo (quanto maior a temperatura interna, menor é a capacidade de gerar energia).

Logo, pode-se determinar a potência gerada do sistema a partir dos valores mencionados anteriormente, o valor de 12,48 Wp. A partir da potência encontrada, foi escolhido como referência, painéis solares conforme características técnicas da Tabela 2.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÓDULOS	
Fabricante:	BLUESUN SOLAR
Modelo:	BSMP-60 BSM260P-60
Tecnologia de construção:	Silício policristalino
Características Elétricas	
Potência máxima:	260 W
Rendimento:	15,90%
Tensão Nominal:	30,6 V
Tensão em aberto:	38 V
Corrente nominal:	8,5 A
Corrente de curto-circuito:	9:00 AM
Dimensões	
Dimensão:	991mm x 1640mm
Peso:	18,2 Kg

Tabela 2: Características técnicas dos módulos

Fonte: BLUESUN SOLAR (2018)

De acordo com estas especificações técnicas, pode-se mensurar a quantidade de painéis necessários para gerar a energia suficiente ao consumo médio diário, conforme a Equação 2.

$$N = \frac{P}{P_m} \quad (2)$$

Onde:

N= número de módulos
P = Potência nominal do gerador
Pm= potência dos módulos

O número de painéis necessários é de 48 módulos e, a potência nominal do gerador será de 12480W. A área ocupada de acordo com dimensões do painel segundo o fabricante é de 78m². Vale relatar que a área de cobertura útil, que pode ser utilizada para o projeto na unidade de saúde é de 418 m², ficando assim a área calculada aquém da área máxima. O cálculo da energia total produzida pelo sistema nas condições normais STC (radiação de 1000W/m², temperatura de 25°C) é calculado como:

Exposição	Nº módulos	Radiação Solar	Energia [KWh]
		[KWh/m ²]	
Exposição 1	48	1.782,33	22.243,46

Tabela 3: Tabela de Exposição
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A exposição será com uma orientação de -176,00° (azimute) em relação ao sul, e terá uma inclinação horizontal de 21,00°. A produção de energia da exposição é condicionada por alguns fatores que determinam uma redução de radiação solar de sombreamento para o valor de 0%.

Outro fator importante para análise do número de painéis necessários é inferir o desgaste natural do equipamento ao longo de sua vida útil. Este fabricante traz em média que, durante os 25 anos, haverá uma perda máxima de 20%. Então, considerando uma perda linear para o presente estudo, deve-se verificar que ao fim da vida útil, este sistema ainda possa fornecer a energia necessária para o uso da edificação ao qual foi projetado.

O sistema solar deve entregar, mesmo ao fim da sua vida útil, a potência gerada resultante da Equação 2. Com isso, será projetada a potência necessária constante e a respectiva curva com perda linear ao longo de sua utilização, apresentado na Equação 3.

$$E = E_n * (1 - Perd) \quad (3)$$

onde:

E= Energia elétrica gerada

E_n= Energia [KWh]

Perd= percentual de perda.

Portanto, haverá um excedente de energia elétrica gerada ao longo dos primeiros anos de instalação do sistema de acordo com a tabela 4.

PERDA DE POTÊNCIA OBTIDA	
Perda por sombreamento totais:	0,00%
Perda por aumento de temperatura:	7,30%
Perda por descasamento:	5,00%
Perdas por corrente contínua:	1,50%

Outras perdas:	5,00%
Perdas na conversão:	2,40%
Perdas Totais	19,60%

Tabela 4: Perda de potência obtida
fonte: BLUESUN SOLAR (2018)

Este excesso é injetado na rede elétrica da concessionária e o gerador individual receberá o ressarcimento na forma de créditos acumulados por no máximo 60 meses, conforme Resolução ANEEL 687.

No que tange o inversor solar, o sistema de conversão é composto por um conjunto de conversores estáticos (inversores). O conversor CC/CA utiliza um sistema idôneo de transferência de potência a rede de distribuição, em conformidade aos requisitos técnicos e normas de segurança.

Para o sistema *grid-tie* devido ao nível de tensão mais elevado se comparado a outros sistemas autônomos deverá ser verificada a tensão total série do sistema, a tensão corrigida pelo efeito de temperatura e a potência total do sistema para que se possa encontrar um inversor compatível.

Os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, de acordo com cálculos realizados em paralelo, portanto, os valores de saída são compatíveis com os valores da rede ao qual está conectado ao sistema. A unidade de conversão consiste no uso de 3 inversores.

DADOS TÉCNICOS DO INVERSOR		
Fabricante:	INVIT SOLAR TECHNOLOGY	
Modelo:	BG Series BG4KTR-US (60 hz)	
Número de rastreadores:	2	
Entrada para rastreadores:	2	
Características Elétricas		
Potência nominal:	4 KW	
Potência máxima:	4,1 KW	
Potência máxima por rastreador:	2 KW	
Tensão nominal:	610 V	
Tensão máxima:	1000 V	
Tensão mínima por rastreador:	180 V	
Tensão máxima por rastreador:	800 V	
Tensão máxima de saída:	220 Vac	
Corrente nominal:	20 A	
Corrente máxima:	20 A	
Corrente máxima por rastreador:	10	

Tabela 5: Dados técnicos do inversor
Fonte: INVT SOLAR TECHNOLOGY (2018)

O cabeamento elétrico será feito por meio de cabos condutores isolados, conforme a descrição abaixo, considerando a seção do condutor de cobre calculado de acordo com a norma NBR 5471/1986 e cabo tipo FG21, se a passagem de cabos for externa e/ou FG27 se a instalação for subterrânea. Os cabos também estarão de acordo com as normas do fabricante e com códigos e cores conforme norma NBR 5471/1986.

Para não comprometer a segurança dos trabalhadores durante a instalação, verificação ou manutenção, os condutores seguirão a tabela de cores conforme a Tabela 6.

CABEAMENTO ELÉTRICO	
Cabos de proteção:	amarelo-verde (obrigatório)
Cabos de neutro:	Azul claro (obrigatório)
Cabos de fase:	Cinza/Marrom/Preto
Cabos de circuito c.c.:	Com indicação específica de (+) para positivo e (-) para negativo

Tabela 6: Tabela de cabeamento elétrico

Fonte: NBR IEC 60079

Como se pode notar na especificação exposta acima, a seção dos condutores do sistema fotovoltaico é superdimensionada com referimento a corrente e as distâncias limitadas. Com estas seções a queda de potencial está contida dentro de 2% do valor medido a partir de qualquer módulo para o grupo de conversão.

Quanto ao quadro elétrico serão utilizados dois quadros elétricos, que serão o 'quadro de campo lado corrente contínua' e o 'quadro de paralelo lado corrente alternada'. Com isso, será prevista a instalação de um quadro de CC em cada conversor para conexões em paralelo dos módulos, medições e controle dos dados de entrada e saída em cada gerador fotovoltaico, e, será prevista a instalação de um quadro de paralelo em alternada localizado depois dos conversores estáticos, para realização da medição e controle dos dados de saída do inversor. Dentro será adicionado o sistema de interface com a rede e o medidor da distribuidora, Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL).

É previsto o isolamento galvânico entre a corrente contínua do sistema fotovoltaico e a rede. Soluções técnicas diversas podem ser utilizadas e são aceitáveis desde que respeitem as normas vigentes e de boas práticas.

O sistema fotovoltaico será supervisionado por um sistema de Tecnologia da informação (TI), sem pólo aterrado. Os conjuntos dos módulos serão apresentados pelo número de módulos fotovoltaicos individualmente desligáveis; o sistema possui diodos de bloqueio e proteção contra surtos. Por razões de segurança, se alguma parte da rede não suportar uma maior intensidade de corrente, esses sistemas devem ser protegidos individualmente. A estrutura de suporte será aterrada.

O sistema de monitoramento e controle (SMC), a ser instalado juntamente com o sistema de TI, permite por meio de um computador e um software dedicado, comunicar em cada instante com o sistema de modo a verificar a funcionalidade dos inversores instalados com a possibilidade de visualizar as indicações técnicas (tensão, corrente, potência, etc.) para cada inversor. Também pode ser lido o histórico de eventos de cada inversor.

As estruturas de apoio para os módulos de painéis fotovoltaicos serão montados em suportes de aço galvanizado, com ângulo de 21°, terão todos a mesma exposição solar. O sistema de fixação da estrutura deverá resistir a rajadas de vento com velocidade de até 120 Km/h.

Para efeitos de comparação e obtenção de um orçamento estimativo, foi requisitado à *BlueSun Solar do Brasil* um sistema que atenda aos requisitos acima citados, tendo como resultado os valores seguintes, demonstrados na tabela 7.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO		
Número total de painéis fotovoltaicos 260 KWp:	54	Painéis
Número total de inversor(es):	1	Inversor
Capacidade Total do(s) Inversor(es):	20	KWp
Capacidade Total do Sistema Fotovoltaico:	14,04	KWp
Total de energia média gerada mensalmente (KWh)	1661	KWh
Total de energia média gerada anualmente (KWh)	19,926	KWh
Inclinação ideal dos painéis para sua localidade:	21	Graus

Tabela 7: Tabela de Dimensionamento do sistema fotovoltaico
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

A relação entre a produção de energia efetivamente gerada pelo sistema foto voltaico e seu valor calculado teoricamente é conhecida como *PerformanceRatio* (CALDAS, 2016). E, o valor resultante em módulo, não depende do alinhamento nem da radiação que incide sobre o mesmo. Com isso tem-se um valor de referência que possibilita uma comparação direta entre quaisquer sistemas em todo o mundo.

A *PerformanceRatio* deve designar a relação entre o rendimento real e o teórico, de forma percentual. Com isso, tem-se o valor da energia que foi gasta internamente junto com suas perdas para gerar eletricidade e o valor nominal de fato entregue ao micro gerador. Segundo o fabricante da BlueSun Solar do Brasil (2018), em seu informe técnico, o *PerformanceRatio* em sistemas eficientes atingem um valor médio de 80% conforme a Equação 4.

$$PR = \frac{\text{RendimentoRealdoSistema}(KWp/Ano)}{\text{RendimentoNominaldoSistema}} \quad (4)$$

A partir da Equação 4 pode ser verificado anualmente (tempo ideal para análise) o desempenho do sistema solar a fim de verificar perdas excessivas ou possíveis erros de instalação.

Como o sistema em questão é uma projeção teórica para instalação de células fotovoltaicas em uma unidade de saúde pública na cidade de Cascavel, não será possível fazer medições periódicas para atestar um bom valor da *PerformanceRatio* neste momento. Porém, em sistemas reais, este valor demonstra-se muito importante para conjectura da estimação de custos e sua rentabilidade.

Seguindo os cálculos para a potência energética desejada, segundo o CRESESB – CEPEL (2014) e diante dos parâmetros indicados pelo fabricante, *Bluesun Solar do Brasil* (2018), na Tabela 8 se pode mensurar o custo total de instalação do sistema da mini usina fotovoltaica.

VALOR DA MINI USINA FOTOVOLTAICA	
Valor Final do Sistema Conectado à Rede e Homologado	R\$ 62,066,35
Retorno Financeiro (PAY-BACK - em Anos)	4,1

Tabela 8: Valor da mini usina fotovoltaica
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Quando se atualiza todo o fluxo de caixa de um investimento para o valor de hoje, utilizando uma taxa de desconto no cálculo conhecida como Taxa Mínima de Atratividade

(TMA) é calculado o Valor Presente Líquido (VPL), isto serve para se saber qual o valor atual de um investimento, bem como a sua rentabilidade (Diário Financeiro, 2018). O sistema conta com Valor Presente Líquido (VPL) após 10 anos de R\$ 53.161,31 e a Taxa Mínima de atratividade (TMA) ou Taxa Interna de Retorno (TIR) de 29,29%, e com a taxa composta de retorno de 10,286% e, o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento é chamado de *Payback* segundo o site Contábeis (2018). O *payback* esperado do investimento é estimado em 4,1 anos. É importante mencionar a alta taxa de retorno proporcionada pelo sistema ao fim de sua vida útil (VPL) após 10 anos é estimada em 53.161,32 e, é estimado após 26 anos em R\$ 272.840,40, de acordo com a Tabela 9.

Ano	2018	2028	2043
Energia Produzida [kWp]	17.234,70	16.569,00	6.685,50
Consumo simultâneo da energia próprio [kWp]	8.486,00	8.453,40	3.807,10
Economia consumo simultâneo [R\$]	6.587,51	7.245,16	4.391,50
Fluxo de caixa [R\$]	13.076,78	14.061,60	7.711,85
Fluxo de caixa acumulado [R\$]	-3.073,91	65.210,90	272.840,40
Capital próprio [R\$]	21.399,80	21.399,80	21.399,80
Montante economia [R\$]	-3.073,91	65.210,90	272.840,40
Taxa de rendimento composta [%]	-172,368	10,66	10,286
VPL [R\$]	-3.967,25	53.161,31	195.115,49
TIR [%]	-4,89	29,29	33,18

Tabela 9 - VPL e TIR para ano 2018, 2028 e 2043

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

O sistema terá uma vida útil até o ano 2043, devendo ser realizada uma sessão de manutenção programada no ano 13, contando com um aporte de R\$ 15.000,00. Contudo, para melhor entendimento e mensuração, o sistema está demonstrado com vida útil de 10 anos, e sintetizada da seguinte maneira: custo total do sistema de R\$ 54.825,00, adicionado de custos de projeto e homologação à rede de baixa tensão de R\$ 7.241,35. Caso seja necessário adequações no telhado, e outros custos distribuídos ao longo dos anos, estes não estão contabilizados. Somando então, têm-se um custo final do sistema de R\$ 62.066,35.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES

A análise econômica para a instalação de um sistema de geração de energia através da conversão fotovoltaica de painéis fotovoltaicos gerará uma potência nominal de 12,48 KWp e energia produzida no primeiro ano de 17.889,60 KWh.

Como pode ser observado, o custo de instalação para este sistema de geração de energia fotovoltaico ainda se encontra em um patamar razoável, o valor do capital investido será de R\$ 62.066,35, apresentando-se de forma viável para o consumo médio de R\$ 1.046,12 da unidade de saúde em estudo na cidade de Cascavel - PR.

O retorno sobre o investimento feito pelo sistema fotovoltaico dado pela sua economia de consumo será de R\$ 54.825,00 no período analisado de 10 anos e de R\$ 272.840,40 durante a vida útil de 26 anos do referido projeto fotovoltaico, demonstrando, assim, sua viabilidade econômica.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas fotovoltaicos conectados diretamente à rede de distribuição da concessionária apresentam-se como uma solução importante para o cenário atual.

Com a análise de viabilidade econômica para sistemas de micro geração realizada neste estudo, infere-se que este depende diretamente do investimento inicial necessário, nível de irradiação solar médio, eficiência do sistema, quantidade de energia gerada e também de condições externas, como a variação tarifária de energia, sendo importantes para a avaliação de qualquer sistema.

Os presentes resultados demonstram que em dias atuais, para a edificação pública, caso da unidade de saúde em questão, classificada de consumo médio segundo a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), a micro geração distribuída é favorável e viável economicamente, contudo, ainda há a necessidade de investimentos em pesquisa e incentivos fiscais por parte do governo.

Entende-se que há um grande potencial a ser explorado para geração de energia solar, e a utilização de um sistema fotovoltaico de geração de energia poderá reduzir custos gastos pela Prefeitura Municipal de Cascavel com energia da Copel, ou seja é viável do ponto de vista econômico. Esse valor economizado poderá ser revertido para outros fins, como em compra de medicamentos, incremento de recursos em espaço físico na unidade de saúde, gerando conforto e melhoria de vida aos servidores e usuários do sistema de saúde.

Foi demonstrado que é importante que se agregue aos projetos para edifícios públicos novas concepções e requisitos que contribuam e melhorem sua inserção e interação com a preservação do meio ambiente. A promoção de estratégias relacionadas à sustentabilidade, tal como, a instalação de painéis fotovoltaicos resultam em inúmeros benefícios e valorização do bem público, como a disseminação do pensamento conservacionista do meio ambiente e a preservação ambiental em si.

Futuramente poderá ser replicado para todas as outras unidades de saúde e serviços, que somados poderão gerar uma grande economia para o município, uma promoção no avanço social e beneficiar milhares de usuários de forma direta ou indireta.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2011.** NBR 10719: informação e documentação: apresentação de relatório técnico-científico. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1986.** NBR 5471: condutores elétricos. Rio de Janeiro, 1986.

ANEEL. **Capacidade de Geração do Brasil.** Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16.08.2018.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO PARANÁ. **Aprovado projeto que concede benefícios ao aproveitamento da energia produzida por micro e minigeradores.** Disponível em <<http://www.alep.pr.gov.br/divulgacao/noticias/aprovado-projeto-que-concede-beneficios-ao-aproveitamento-da-energia-produzida-por-micro-e-minigeradores>>. Acesso em: 16.08.2018.

BLUESUN, S. B. **Relatório Econômico para construção de um sistema fotovoltaico de 12,48 KWp.** Cascavel, PR. 2018.

BLUESUN, S. B. **Projeto Fotovoltaico para construção de um sistema fotovoltaico de 12,48 KWp.** Cascavel, PR. 2018.

CALDAS, H. H. S. **Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores**

Residenciais de Salvador – BA. Revista Brasileira de Energias Renováveis. v.5, p. 164-180, 2016.

CEPEL–CRESESB, Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, 2014.

CEPEL–CRESESB. **Potencial Solar - SunData v 3.0.** Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 16.08.2018.

CONTÁBEIS. **O que é e como calcular o payback.** Disponível em <<https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calcular-o-payback/>>. Acesso em: 18.11.2018.

DIÁRIO FINANCEIRO. **O que é VLP e como calcular.** Disponível em <<https://www.dicionariofinanceiro.com/valor-presente-liquido/>>. Acesso em: 18.11.2018.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa.** 2ª edição – São Paulo, Atlas. 1999.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 4ed. São Paulo: Atlas, 2007.

JARDIM, C. S. **O Potencial dos Sistemas Fotovoltaicos Interligados a Rede Elétrica em Áreas Urbanas: Dois Estudos de Caso.** Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022004000200029&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 25.11.2017.

LAURENCIO, L. O. **Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal.** *Ingeniería Energética*, XXXVII:45-54, Enero/Abril, ISN 1815-5901. Holguín, Cuba. 2016.

MELO, O. B. **Análise da viabilidade técnica econômica de painéis fotovoltaicos instalados no setor residencial.** Disponível em <http://dedalus.usp.br/F/SS7CBGRL7F8A6I9M8QALRKFAI15UP94P3IPQATBEJ7718QCNYA-56754?func=fullset&set_number=005263&set_entry=000012&format=999>. Acesso em: 25.11.2017.

SANTOS, J. B.; JABBOUR, C. J. C. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais.** Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010412902013000300026&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 25 nov. 2017.

SILVA, R. O. **Transição do Sistema Elétrico Tradicional para a Implantação do Sistema Fotovoltaico: Percepção dos Funcionários.** Disponível em <<http://revista.ufr.br/index.php/adminrr/>>. Acesso em: 25.11.2016.

RENOVE ENGENHARIA. **Energia Solar / Como Funciona.** Disponível em <<https://www.renoveengenharia.com.br/energia-solar-como-funciona>>. Acesso em: 16.08.2018.

SÁ-SILVA, J. R. **Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas.** *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais.* Ano I. Número I. Julho de 2009.

TULL, D. S; HAWKINS, D. I. **Marketing Research, Meaning, Measurement and Method.** Macmillan Publishing Co., Inc., London. 1976.