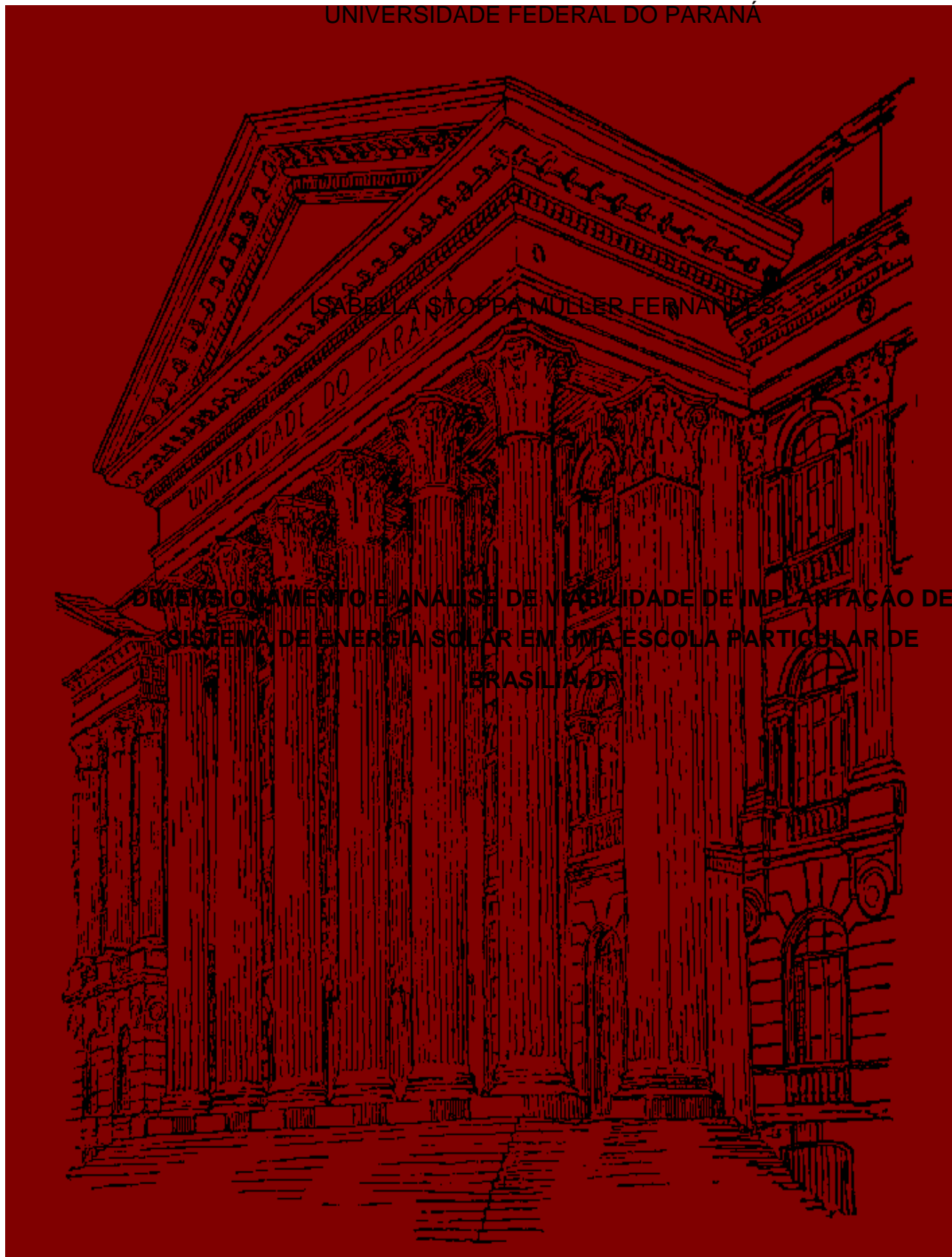


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



ISABELLA STOPPA MULLER FERNANDES

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
SISTEMA DE ENERGIA SOLAR EM UMA ESCOLA PARTICULAR DE
BRASÍLIA-DF

CURITIBA

2016

ISABELLA STOPPA MÜLLER FERNANDES

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
SISTEMA DE ENERGIA SOLAR EM UMA ESCOLA PARTICULAR DE
BRASÍLIA-DF

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. DsC. Dimas Agostinho da Silva.
Co-orientadora: DsC. Cymara Regina Oshiro

CURITIBA

2016

RESUMO

Uma das fontes de energia mais abordadas ultimamente é a energia fotovoltaica, popularmente conhecida como energia solar, por ser uma fonte de energia limpa, com grande potencial de exploração e inesgotável na escala terrestre de tempo. O Brasil, por ser um país tropical de dimensões vantajosas, possui grande capacidade para a geração de energia fotovoltaica. Esse trabalho visa fomentar o uso da energia solar em Brasília-DF, em função das condições favoráveis de incidência solar da cidade. Dessa forma, este estudo tem como objetivo dimensionar a implantação de um sistema de energia solar em uma escola particular de Brasília-DF e a viabilidade de sua implantação. Inicialmente, foi estabelecida a área de estudo, a unidade consumidora de energia elétrica e a área disponível para implantação do sistema de energia fotovoltaica. Através do levantamento da incidência solar de Brasília foi dimensionado o sistema fotovoltaico e o investimento necessário para sua implantação. A análise de investimentos demonstrou que o valor presente líquido, nesse caso considerado o custo oportunidade do investimento, é de R\$ 3.024.203,50, com uma taxa interna de retorno de 21% e um *payback* descontado de 6 anos, 3 meses e 21 dias, para um sistema de 620 placas solares com potência máxima de 265W e 6 inversores com potência nominal de saída de 27 kW, constituindo um investimento inicial de R\$1.200.000,00.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, viabilidade, sustentabilidade.

ABSTRACT

One of the energy sources that has been most recently discussed is photovoltaics, popularly known as solar energy, as a clean energy source with great potential for exploitation, since it is inexhaustible in Earth time scale. Brazil, for being a tropical country of advantageous dimensions, has a great capacity for photovoltaic power generation, but has some limitations that hinder its spread. Considering the benefits and possibilities of photovoltaic solar energy, this work aims to foster its use in Brasília-DF, since this city has favorable conditions with regard to sunlight. Thus, this study is designed to measure the implementation of a solar energy system at a private school in Brasilia-DF, and to examine the feasibility of its implementation. Initially, it was established the study area. It were analyzed the consumer unit of electricity and the area available for the implementation of photovoltaic power system. We conducted the lifting of sunlight Brasilia, then the PV system is dimensioned, considering the energy generated by a photovoltaic module, the number of necessary modules and the capacity and the number of inverters. The investment analysis showed that the net present value, in this case considered the opportunity cost of the investment, is R\$ 3,024,203.50, with an internal rate of return of 21% and a discounted pay back of 6 years, 3 months And 21 days for a system of 620 solar panels with a maximum power of 265W and 6 inverters with nominal output power of 27 kW, constituting an initial investment of R\$ 1,200,000.00.

Keywords: photovoltaics, viability, sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1 Área de Estudo	7
2.2 Análise da Unidade Consumidora de Energia Elétrica.....	8
2.3 Análise de Área Disponível para Implantação de Sistema de Energia Fotovoltaica.....	8
2.4 Incidência Solar.....	8
2.5 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico	9
2.6. Análise de Viabilidade do Investimento.....	10
3 RESULTADOS	13
3.1 Análise da Unidade Consumidora de Energia Elétrica.....	13
3.2 Análise De Área Disponível Para Implantação De Sistema De Energia Fotovoltaica.....	14
3.3 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico	14
3.4 Análise de Viabilidade do Investimento.....	15
4 CONCLUSÕES	18
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

Desde a Segunda Revolução Industrial, a energia elétrica assumiu papel fundamental na vida da população ao redor do mundo. Ela é responsável pela possibilidade de crescimento das indústrias e, principalmente, pela melhoria da qualidade de vida da população. Dessa forma, o aumento do número populacional e o estilo de vida capitalista implicam em uma necessidade de eficiência energética cada vez maior, a fim de que as novas demandas sejam atendidas.

Torres (2015) afirma que a expansão global do consumo de energia será um dos maiores desafios a ser enfrentado pela sociedade, implicando assim na necessidade de buscar alternativas que tornem o consumo energético mais eficiente e, principalmente, o uso de fontes renováveis de energia.

Por várias décadas, a hidroeletricidade tem sido a principal fonte de geração de energia elétrica da matriz brasileira, devido à abundância de recursos hídricos no território nacional e à sua competitividade econômica (EPE, 2016). Apesar de ser uma fonte de energia renovável com inúmeras vantagens, a hidroeletricidade acarreta em uma série de impactos socioambientais negativos durante sua concepção (principalmente, pelo alagamento de grandes áreas).

A energia solar apresenta-se como uma das alternativas mais promissoras para solucionar parte dos problemas de escassez de energia (TORRES, 2012). A geração fotovoltaica já está em operação há mais de 35 anos (HEINEMANN *et al.*, 2011 *apud* EPE, 2016), o que faz dela uma energia com tecnologia robusta e consolidada. No entanto, a falta de conhecimento tecnológico por parte de todos os agentes prejudica sua maior inserção (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015 *apud* EPE, 2016).

O Brasil ainda encontra-se em fase de posicionamento sobre a definição de políticas públicas que promovam a inserção da energia solar nas concessionárias, além disso, o elevado custo de implantação e o desconhecimento acerca de seus benefícios são os principais fatores que limitam sua expansão no país (CGEE, 2010).

As placas dos sistemas fotovoltaicos podem ser instaladas em áreas urbanas e áreas rurais (IEA, 2010), integrada à edificação ou de forma separada, como uma central geradora de energia elétrica. Além disso, os sistemas podem

aparecer interligados ou não à rede de energia elétrica (sistemas *on grid* ou *off grid*, simultaneamente). Em áreas urbanas, os sistemas fotovoltaicos mais utilizados são instalados integrados às edificações e conectados à rede.

Quanto aos sistemas conectados à rede, o Brasil passou a contar com alguns projetos pilotos instalados em universidades e centros de pesquisa no final dos anos 90 (PINHO; GALDINO, 2014). Porém, apenas em 2012 essa modalidade foi regulamentada pela Resolução Normativa (REN) nº 482/2012, da ANEEL, que estabeleceu as condições gerais para o acesso da micro e minigeração distribuídas e o sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*), o que proporcionou um aumento do uso dessa modalidade energética, e ao final de 2015 estavam registrados 1675 sistemas fotovoltaicos conectados sob o regime da REN 482, totalizando 13,4 MW (ANEEL, 2016).

Em 2015, a ANEEL revisou a REN 482 e lançou a REN 687/2015, que ampliou as possibilidades da micro e minigeração, uma vez que aumentou o limite de potência, criou o mecanismo de compartilhamento de geração, reduziu prazos para respostas das distribuidoras, entre outras alterações importantes (EPE, 2016).

A REN 687/2015 traz em seu artigo 6º, parágrafo 1º, como se dará o sistema de compensação de energia elétrica:

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses (ANEEL, 2015),

Assim, percebe-se que não está prevista a venda de créditos para a concessionária, mas apenas o seu uso posterior pela unidade consumidora ou por outra da mesma titularidade (CPF ou CNPJ), em prazo determinado.

A fim de desmistificar o uso da energia solar e apresentar a potencialidade dessa fonte de energia para o setor privado de Brasília-DF foi realizado esse trabalho, utilizando como estudo de caso a implantação de energia fotovoltaica em uma escola da rede privada de ensino.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo dimensionar a implantação de um sistema de energia solar em uma escola particular de Brasília-DF e analisar a viabilidade de sua implantação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Para a realização deste estudo, selecionou-se um colégio da rede privada de ensino de Brasília-DF, que possui três unidades educacionais (Asa Sul, Asa Norte e Taguatinga). Para este trabalho, especificamente, selecionou-se a unidade da Asa Norte como área de estudo.

A unidade da Asa Norte, assim como as demais, atende alunos dos ensinos Fundamental I (1º ao 5º ano), Fundamental II (6º ao 9º ano) e Médio (1ª a 3ª série). Estão matriculados, atualmente, 2.150 alunos na referida unidade, sendo utilizadas um total de 69 salas, sendo 29 para o Ensino Fundamental I, 23 para o Ensino Fundamental II e 17 para o Ensino Médio.

O colégio tem uma área total de aproximadamente 14.215 m², incluindo área de quadras poliesportivas.

Figura 1 – Localização da escola escolhida para este estudo



Fonte: adaptado de Google Earth, 2016.

Cabe ressaltar que a regulamentação não prevê a distância entre os pontos de oferta e de demanda de energia injetada na rede, apenas determina que o excedente produzido possa ser consumido por outra unidade desde que tenha a mesma titularidade em um prazo de 5 anos. A fim de possibilitar o uso do recurso de compensação de energia conforme estabelecido pela REN 687/2015, foi solicitada à Unidade Sul do grupo educacional o valor médio de consumo de energia.

2.2 Análise da Unidade Consumidora de Energia Elétrica

Foram analisadas as contas de energia elétrica da unidade educacional da Asa Norte referentes ao período de julho de 2015 a julho de 2016, para que se pudesse realizar o presente estudo, observando-se, principalmente, o consumo médio em kWh.

2.3 Análise de Área Disponível para Implantação de Sistema de Energia Fotovoltaica

A partir do aplicativo Google Earth, a cobertura da escola foi avaliada para verificar a possibilidade de implantação de sistema de energia fotovoltaica.

Após o levantamento por imagens de satélite, foi realizado o estudo no local para a conferência dos dados previamente obtidos e análise quanto ao sombreamento.

2.4 Incidência Solar

O levantamento da incidência solar em Brasília foi realizado a partir de site especializado (CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito).

O valor da incidência solar no colégio em estudo foi apresentado em Horas de Sol Pleno (HSP), calculado através da Equação 1, para o cálculo da potência do sistema fotovoltaico projetado.

$$HSP = \frac{\text{Irradiação} \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{1 kW/m^2} \quad (1)$$

Para o melhor desempenho das placas solares, geralmente utiliza-se um ângulo de inclinação igual à latitude. Nesse caso, como a latitude é de 15,7°N, arredondou-se o ângulo de inclinação para 16°N.

De acordo com o site da CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), para essa inclinação, obtém-se uma média de irradiação de 5,13 kWh/ m²·dia de Horas de Sol Pleno (HSP) em Brasília-DF (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de Irradiação diária média (kWh/m².dia)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
Ângulo igual à latitude	4,35	5,35	4,56	5,39	5,42	5,68	5,86	6,14	5,43	4,57	4,45	4,35	5,13

Fonte: CRESESB, 2016.

2.5 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, um bloco de armazenamento (PINHO & GALDINO, 2014). O bloco gerador é aquele composto por módulos fotovoltaicos, cabeamento elétrico e estrutura de suporte; o bloco de condicionamento de potência pode ser composto por conversores, inversores entre outros dispositivos de proteção, supervisão e controle; por fim, o bloco de armazenamento é composto por baterias ou outras formas de armazenamento (PINHO & GALDINO, 2014).

Considerando que o sistema fotovoltaico do colégio será *on grid*, tendo em vista a média de consumo em relação à eficiência do módulo fotovoltaico escolhido, foram determinados os equipamentos necessários para sua implantação (especificação do módulo, quantidade de módulos, forma de arranjo dos módulos, especificação do inversor e outros componentes) (Marques et al., 2013).

Os módulos fotovoltaicos utilizados nesse dimensionamento foram escolhidos por serem muito utilizados no mercado e por sua boa qualidade. Suas características estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do Módulo Fotovoltaico Escolhido

Características do Módulo Fotovoltaico	
Máxima Potência (P _m)	265 W
Eficiência do Painel	16,47%
Dimensões do Painel	(1638 x 982 x 40) mm
Peso do módulo	18 kg
Nº de células e tipo	60, Silício Policristalino

Fonte: NEOSOLAR, 2016.

Para o cálculo da energia gerada (E_{gerada}) pelo módulo fotovoltaico, utilizou-se a Equação 2, apresentada por Marques et al. (2013):

$$E_{gerada} = \text{insolação} \left(\frac{Wh}{m^2} \cdot \text{dia} \right) \times \text{área do módulo} (m^2) \times \text{período}(\text{dias}) \times \text{eficiência do módulo} \quad (2)$$

Com a energia gerada por um módulo, calculou-se a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para abastecer o sistema em questão através da equação 3, também apresentada por Marques et al. (2013).

$$\text{Número de placas} = \frac{\text{Consumo médio}}{E_{gerada}} \quad (3)$$

O inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua. Para identificar a capacidade do inversor ideal para o funcionamento do sistema, calculou-se a Potência Máxima do Sistema (W_p) (Equação 4), onde P_m é a Máxima Potência de cada módulo.

$$W_p = P_m \times \text{Número de placas} \quad (4)$$

A fim de minimizar perdas, a literatura recomenda que se utilize um inversor de alta eficiência em toda a sua faixa de operação.

2.6. Análise de Viabilidade do Investimento

Realizou-se um estudo de viabilidade econômica do projeto através da análise de investimentos considerando o Valor Presente Líquido do Investimento (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* descontado.

Para esse cálculo, foi realizada uma pesquisa de mercado, com três empresas do ramo de energia fotovoltaica do Distrito Federal, considerando-se o sistema dimensionado por este estudo, possibilitando a visualização do valor médio de um investimento para um sistema deste porte.

O cálculo do tempo de retorno do investimento desenvolvido levou em consideração as principais variáveis relacionadas ao mercado da energia solar e os principais estudos elaborados na área: vida útil mínima do sistema (25 anos), perda de eficiência do sistema, geração (kWh), tarifa energética e reajuste tarifário anual.

Este reajuste foi determinado através dos percentuais de reajustes dos anos de 2004 a 2014 fornecidos pela Companhia Elétrica de Brasília (CEB), chegando a uma média de reajuste de 4,32% ao ano, uma vez que existem aumentos e reduções das tarifas, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Reajuste Tarifário Anual CEB

ANO	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Média
Reajuste Tarifário Anual (%)	17,12	7,64	2,78	8,15	10,79	9,52	7,30	-3,22	-1,59	1,23	2,44	4,32

Fonte: CEB, 2016.

Assim, elaborou-se uma tabela a fim de ilustrar o valor gerado ao longo dos anos considerando a tarifa energética ajustada e o valor investido e acumulado, responsável por mostrar o momento em que o investidor paga o custo inicial do projeto e passa a ter lucro.

Em função da não disponibilidade comercial da energia gerada ou excedente, ou seja, não ser permitida a venda, a análise do investimento em questão pode ser definido como o custo oportunidade da geração e utilização de energia solar. O conceito de "custo de oportunidade" foi criado e aplicado por Frederich Von Wieser (1851- 1926) para definir o valor de um recurso produtivo em qualquer uso que lhe fosse dado (BURCH; HENRY, 1974). Ele é definido como "a renda líquida gerada pelo uso de um bem ou serviço no seu melhor uso alternativo".

Neto *et al.* (2006) afirmam que a análise do custo de oportunidade na análise de investimentos evidencia, dentre as alternativas cabíveis, qual o custo da opção abandonada, bem como os benefícios que poderiam ser obtidos com ela ou a renda gerada em aplicações alternativas. Os autores afirmam, ainda, que "a comparação entre o investimento aceito e a melhor alternativa rejeitada pode oferecer relevantes elementos para se avaliar a decisão". Quando a primeira alternativa supera a segunda, tem-se que a escolha foi acertada e, assim, gera-se um lucro. Caso contrário, observa-se um prejuízo.

Dessa forma, foi analisado o Valor Presente Líquido do investimento e sua Taxa Interna de Retorno que, visto não ser possível a venda da energia gerada, corresponde ao custo oportunidade da aplicação de recursos na autogeração e compensação de energia elétrica.

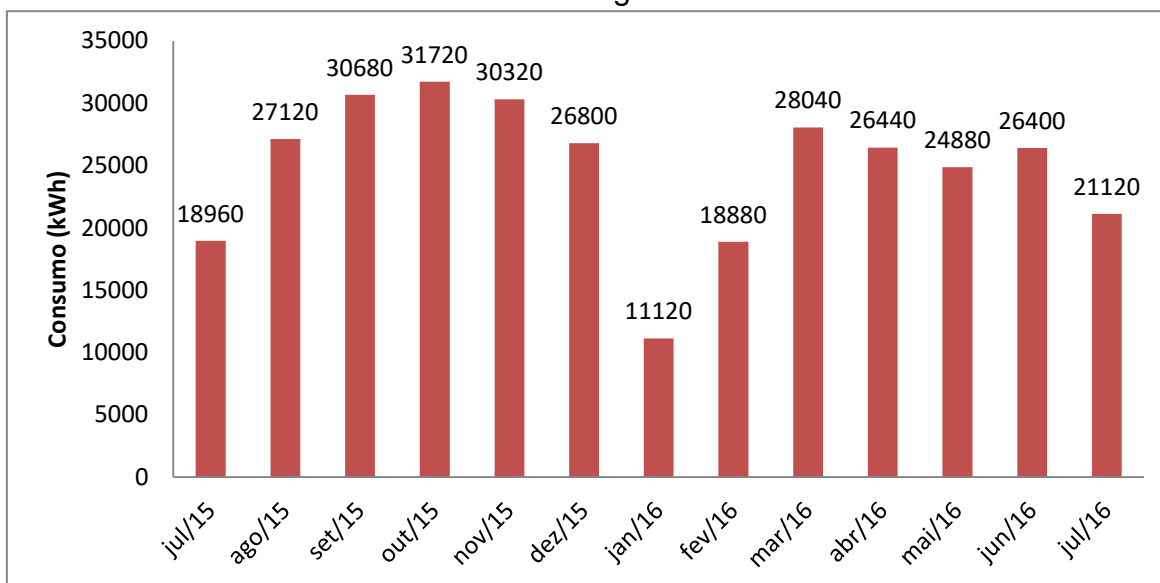
3 RESULTADOS

3.1 Análise da Unidade Consumidora de Energia Elétrica

Por meio de análise do histórico de consumo do colégio (Gráfico 1), notou-se que o mês de maior consumo de energia foi o mês de outubro/2015, chegando a um total de 31.720 kWh. Esse valor elevado pode ser justificado pelas altas temperaturas desse mês, que segundo o Observatório do Clima (2015), foram até 9 graus superiores à média em Brasília, e conseqüentemente maior uso de aparelhos de ar condicionado e ventiladores. Já os meses de julho/2015, janeiro/2016 e fevereiro/2016 apresentaram consumos reduzidos, o que se justifica pelo período de férias.

Assim, a média de consumo anual da Unidade Norte é 25.293 kWh.

Gráfico 1 – Histórico de Consumo de Energia Elétrica



Fonte: o autor (2016).

A Unidade Sul do grupo educacional apresentou um consumo médio de energia elétrica, entre agosto/2015 a julho/2016 de 13.406 kWh.

3.2 Análise De Área Disponível Para Implantação De Sistema De Energia Fotovoltaica

A cobertura do colégio objeto deste estudo é ideal para implantação do sistema de energia fotovoltaica, sem sombreamento e com uma área disponível mais que suficiente para a implantação do sistema, como pode ser conferido na Figura 1, já apresentada anteriormente (item 2.1).

Cabe ressaltar que o direcionamento da escola não interfere no rendimento do sistema, mas sim o posicionamento das placas fotovoltaicas no momento da instalação.

3.3 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Para o sistema fotovoltaico do colégio em estudo (sistema *on grid*), será necessário: módulos fotovoltaicos, inversor, cabos, estruturas de suporte para os painéis e proteções elétricas.

Uma vez definidos os módulos fotovoltaicos (apresentados na Tabela 2), calculou-se a energia gerada por cada um deles através da equação 2, obtendo o valor de 40,81 kWh. Assim, seria necessário um total de 620 placas para suprir o consumo do colégio (25.293 kWh – consumo médio mês; 25.274,48 kWh – geração média mês).

Considerando, então, que o sistema possui uma potência instalada de 164,3 kW, serão necessárias 6 unidades de um inversor com potência nominal de saída de 27 kW, visando a máxima eficiência do sistema.

Portanto, para que o sistema fotovoltaico funcione de maneira eficiente na escola particular em estudo, será necessária a instalação de 620 módulos fotovoltaicos (potência máxima de 265W) e 6 inversores com potência nominal de saída de 27kW.

No entanto, considerando que os sistemas fotovoltaicos possuem uma vida útil de 25 anos e que eles perdem até 20% de eficiência durante esse período, faz-se necessário dimensioná-lo prevendo essa perda. Dessa forma, para que o consumo médio possa ser suprido durante todos esses anos, foi acrescido 10% na

geração média mês, chegando a 27.832 kWh, visto que a geração excedente poderá ser utilizado pela mesma unidade consumidora por um prazo de 60 meses.

Assim, serão necessárias 682 placas, com potência máxima de 180,73 kW e 7 unidades do inversor com potência nominal de saída de 27 kW.

3.4 Análise de Viabilidade do Investimento

A partir de uma pesquisa de mercado, quando foram solicitados orçamentos a três empresas especializadas, chegou-se a um investimento médio total de R\$ 1.200.000,00 para a instalação do investimento em questão, conforme Tabela 4. Esse valor já inclui gastos com material e mão de obra.

Tabela 4 – Orçamentos para Sistema Fotovoltaico da Escola Particular em Estudo

Empresa	Orçamento (R\$)
X	1.157.100,00
Y	1.187.400,00
Z	1.255.500,00
Média	1.200.000,00

Fonte: o autor (2016).

Para a análise da viabilidade, considerou-se que um sistema fotovoltaico possui uma vida útil mínima de 25 anos (MIRANDA, 2014), com uma perda de eficiência muito pequena: 90% da potência até o 12º ano e 80% em 25 anos (SOLARVOLT, 2016). Assim, considerou-se uma redução de eficiência anual de 0,83% de até o 12º ano e de 0,77% do 13º ao 25º ano.

A Tabela 5 demonstra os resultados estimados do investimento, utilizando-se os dados anteriores, o reajuste tarifário anual (4,32%) e o consumo médio anual de 303.516 kWh. Cabe ressaltar que, uma vez que análise de investimento considerou o custo oportunidade do mesmo, a taxa mínima de atratividade (TMA) estabelecida foi de 5%, por ser próxima à média do reajuste tarifário anual.

Tabela 5 – Custo de Oportunidade do Investimento

Ano	Geração (kWh)	Tarifa (R\$)	FC Valor gerado (R\$)	VP FC Valor Gerado (R\$)	FC Desc Acum (R\$)
0					- 1.200.000,00
1	333.986,40	0,63	210.411,43	200.391,84	- 999.608,16
2	331.203,18	0,66	217.672,03	197.434,95	- 802.173,21
3	328.443,15	0,69	225.183,17	194.521,68	- 607.651,53
4	325.706,13	0,72	232.953,49	191.651,41	- 416.000,12
5	322.991,91	0,75	240.991,93	188.823,49	- 227.176,63
6	320.300,31	0,78	249.307,76	186.037,29	- 41.139,34
7	317.631,14	0,81	257.910,54	183.292,21	142.152,87
8	314.984,21	0,85	266.810,18	180.587,63	322.740,49
9	312.359,35	0,88	276.016,91	177.922,96	500.663,45
10	309.756,35	0,92	285.541,33	175.297,61	75.961,06
11	307.175,05	0,96	295.394,41	172.710,99	848.672,05
12	304.615,26	1,00	305.587,48	170.162,55	1.018.834,60
13	302.272,06	1,05	316.336,64	167.760,07	1.186.594,67
14	299.946,89	1,09	327.463,90	165.391,52	1.351.986,20
15	297.639,61	1,14	338.982,57	163.056,41	1.515.042,61
16	295.350,07	1,19	350.906,42	160.754,27	1.675.796,88
17	293.078,15	1,24	363.249,68	158.484,63	1.834.281,51
18	290.823,70	1,29	376.027,13	156.247,04	1.990.528,55
19	288.586,60	1,35	389.254,03	154.041,04	2.144.569,59
20	286.366,70	1,41	402.946,19	151.866,18	2.296.435,77
21	284.163,88	1,47	417.119,98	149.722,03	2.446.157,80
22	281.978,00	1,53	431.792,33	147.608,15	2.593.765,96
23	279.808,94	1,60	446.980,79	145.524,12	2.739.290,08
24	277.656,57	1,67	462.703,52	143.469,51	2.882.759,59
25	275.520,75	1,74	478.979,29	141.443,91	3.024.203,50

Fonte: o autor (2016).

Os resultados apresentaram que investimento e o retorno do mesmo, considerados como custo oportunidade em um período de 25 anos, apresenta um valor presente líquido (VPL) de R\$ 3.024.203,50, com uma taxa interna de retorno (TIR) de 21%. O *payback* descontado é estimado em 6 anos, 3 meses e 21 dias.

Por tratar-se de um custo oportunidade, o VPL do investimento de R\$ 3.024.203,5 corresponde ao que a escola deixará de pagar às concessionárias de energia durante o período avaliado, podendo ainda fornecer em energia à sua outra unidade educacional o equivalente a R\$ 109.702,14, corrigido ao valor presente, o que totalizaria R\$ 3.133.905,65.

Porém, calculando-se o VPL do consumo estimado para 25 anos verificamos um total de R\$ 4.215.885,09, o que contrasta com o resultado do investimento.

A Tabela 6 demonstra que até o 12º ano o sistema tem capacidade de fornecer energia suficiente para alimentar a unidade educacional avaliada e ainda fornecer parte de seu excedente para a unidade localizada na Asa Sul.

Porém, a análise aponta que, se não houver novos investimentos com troca de painéis, atualização do sistema e manutenção dos mesmos para evitar a perda de potência, a escola voltará a comprar energia da rede.

Tabela 6 – Relação entre produção e consumo de energia elétrica fotovoltaica

Ano	Geração (kWh)	Consumo (kWh)	Geração - Consumo (kWh)
0			
1	333.986,40	303.516,00	30.470,40
2	331.203,18	303.516,00	27.687,18
3	328.443,15	303.516,00	24.927,15
4	325.706,13	303.516,00	22.190,13
5	322.991,91	303.516,00	19.475,91
6	320.300,31	303.516,00	16.784,31
7	317.631,14	303.516,00	14.115,14
8	314.984,21	303.516,00	11.468,21
9	312.359,35	303.516,00	8.843,35
10	309.756,35	303.516,00	6.240,35
11	307.175,05	303.516,00	3.659,05
12	304.615,26	303.516,00	1.099,26
13	302.272,06	303.516,00	-1.243,94
14	299.946,89	303.516,00	-3.569,11
15	297.639,61	303.516,00	-5.876,39
16	295.350,07	303.516,00	-8.165,93
17	293.078,15	303.516,00	-10.437,85
18	290.823,70	303.516,00	-12.692,30
19	288.586,60	303.516,00	-14.929,40
20	286.366,70	303.516,00	-17.149,30
21	284.163,88	303.516,00	-19.352,12
22	281.978,00	303.516,00	-21.538,00
23	279.808,94	303.516,00	-23.707,06
24	277.656,57	303.516,00	-25.859,43
25	275.520,75	303.516,00	-27.995,25

Fonte: o autor (2016).

4 CONCLUSÕES

O estudo da implantação do sistema de energia fotovoltaica em uma escola particular de Brasília concluiu que para o sistema em questão serão necessárias 620 placas fotovoltaicas com potência máxima de 265W e 6 inversores com potência nominal de saída de 27 kW. Esse sistema terá um investimento inicial em torno de R\$ 1.200.000,00 e demonstrou ser um investimento viável, considerando o mesmo um custo oportunidade, com o valor presente líquido de R\$ 3.024.203,50, taxa interna de retorno de 21% e um *payback* descontado de 6 anos, 3 meses e 21 dias.

Sendo assim, o investimento no sistema fotovoltaico demonstrou-se viável economicamente, uma vez que apresenta uma taxa interna de retorno quatro vezes maior que a taxa mínima de atratividade. Além disso, esse investimento é viável ambientalmente sob o ponto de vista das mudanças climáticas, visto que pode substituir tanto a energia elétrica quanto a térmica advindas dos combustíveis fósseis e, então, reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia fotovoltaica vem se mostrando cada vez mais uma fonte de energia alternativa com elevado potencial no Brasil, em especial na região Centro-Oeste, onde são observados elevados índices de irradiação solar, como é o caso de Brasília.

Considerando que a população está cada vez mais ligada à ideia da sustentabilidade, muitas empresas estão buscando maneiras de tornar seu empreendimento mais "verde" e, assim, atrair esse tipo de público. Dessa forma, utilizar a energia fotovoltaica, além de promover a sustentabilidade e reduzir gastos, ainda pode ser vista como uma forma de marketing, trazendo novos clientes ao empreendimento.

Deve ser considerada para estudos futuros a necessidade de reinvestimentos nos sistemas para manter o fluxo entre geração e consumo mais estável. Também pode ser apontado que as inserções de tecnologia com menor perda de potência e com valores subsidiados ou reduzidos poderiam melhorar a relação VPL do custo de energia x VPL do investimento dos sistemas fotovoltaicos e aumentar o interesse do público em adquirir o sistema.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Perguntas e Respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/faq_482_18-12-2012.pdf>. Acesso em 20 ago 2016.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Geração distribuída amplia número de conexões em 2015. 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9044&id_area=>>. Acesso em: 17 ago 2016.

CEB. **Companhia Energética de Brasília** . Tarifas. Disponível em: <<http://www.ceb.com.br/index.php/tarifas>>. Acesso em: 20 out 2016.

CGEE. **Centro De Gestão E Estudos Estratégicos**. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: subsídios para a tomada de decisão: Série Documentos Técnicos 2. Brasília. 2010.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452 p.

GOOGLE MAPS. **Escola Parque – Asa Norte**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Escola+Parque+210%2F211+Norte/@-15.7542709,-47.8859891,1060m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x935a3a32e5e485d1:0x10b4e4f6a280e268!8m2!3d-15.7542761!4d-47.8838004?hl=pt-BR>>. Acesso em: 28 ago 2016.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2014.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

TORRES, R. G. **Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação do Potencial de Utilização de Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica em Meios Urbanos**. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

FAEDO, A. **Viabilidade de um Sistema de Energia Fotovoltaica Residencial Ligado à Rede**. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Brasil vive extremos de calor em 2015**. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/brasil-vive-extremos-de-calor-em-2015/>>. Acesso em 29 set 2016.

MARQUES, L. A. A.; FERNANDES, I. C. S.; COSTA, J. A. **Energia Solar Fotovoltaica Em Unidades Residenciais**: Estudo De Caso. In: Congresso de Iniciação Científica do IFRN.; Tecnologia e Inovação para o Semiárido, 2013, Currais Novos – RN. IX CONGIC, 2013.

NEOSOLAR. **Painéis Fotovoltaicos**. Disponível em:<<http://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar.html>>. Acesso em: 29 set 2016.

SOLARVOLT. **Você sabe qual é a vida útil dos equipamentos do sistema de energia fotovoltaica?** Disponível em: < <http://www.solarvoltenergia.com.br/voce-sabe-qual-e-a-vida-util-dos-equipamentos-do-sistema-de-energia-fotovoltaica/>>. Acesso em: 20 out 2016.