



VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA AEDB

FERNANDA LIMA RODRIGUES CORREIA
nanda-lrc@hotmail.com
AEDB

LARISSA MANUELA OLIVEIRA ALBANO
lari_manu@live.com
AEDB

NAIARA CRISTINA DE SANTANA BARROS
naiarac.s.barros@gmail.com
AEDB

JULIANA GONÇALVES FERNANDES
JULIANA.FERNANDES@AEDB.BR
AEDB

Resumo: Dado o atual cenário do consumo e gasto com energia elétrica no Brasil, faz-se necessário o estudo de outros meios de obtenção e geração de energia para suprir a demanda exigida e diminuir os impactos ambientais gerados neste processo. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar, através de um estudo de caso, a viabilidade da implantação do sistema de energia solar fotovoltaica nas dependências da Associação Educacional Dom Bosco, visando reduzir os gastos com o abastecimento da rede pública de energia elétrica e também reduzir os impactos causados ao meio ambiente.

Palavras Chave: energia elétrica - energia solar - sustentabilidade - -

1. INTRODUÇÃO

A evolução da humanidade está atrelada a energia elétrica, associado ao desenvolvimento tecnológico e industrial, conduz a um grande aumento da demanda energética. Com a crise do petróleo na década de 70, grande parte do mundo, inclusive o Brasil passou por dificuldades econômicas e energéticas, uma vez que em sua matriz energética havia a predominância de derivados desse composto.

Nesse cenário, as fontes de energia renováveis tornaram-se uma ótima alternativa, adquirindo destaque nas políticas públicas no setor energético, visando à diminuição da dependência dos derivados de petróleo. Muitas das fontes de energia utilizadas atualmente têm volumes limitados e poderão se esgotar em um horizonte de algumas décadas.

O Brasil possui uma vasta gama de recursos naturais que podem ser utilizados para a geração de energia elétrica. A água, utilizada nas hidrelétricas, é o principal. Essa alternativa, entretanto, vem sendo cada vez mais questionada com o passar dos anos, muito em virtude de seu alto custo de implantação acompanhado pelo seu elevado impacto ambiental. As estiagens sofridas pelo Brasil nos últimos anos mostraram que a dependência desse tipo de geração pode ser perigosa, uma vez que usinas hidrelétricas nem sempre são capazes de suprir a demanda energética brasileira, fazendo com que se recorra às usinas termelétricas. Essas fazem uso do carvão mineral, um combustível fóssil e uma fonte não renovável e não limpa, que causa um grande impacto ambiental, além de encarecer o custo da energia, e afetar até mesmo setores como economia e emprego.

Esse contexto permitiu o desenvolvimento e expansão da geração de energia por meio de novas alternativas, entre elas, a energia solar, gerada através de placas fotovoltaicas já que a radiação solar chega a nosso planeta de forma abundante e pode ser considerada uma fonte inesgotável.

A tecnologia fotovoltaica usa materiais semicondutores como o silício para converter raios solares em eletricidade, sendo vista por muitos, como um caminho ideal para a geração de energia, através de uma fonte inesgotável e não poluente. É um método de produção de energia sustentável e amigável ao meio ambiente, trazendo benefícios tanto ambientais quanto energéticos. Atualmente, existem no mercado várias tecnologias fotovoltaicas, baseadas em diferentes elementos. No Brasil, entretanto, a energia solar representa 1,3% da energia total produzida no país.

Diante disto, a instalação de sistemas fotovoltaicos no Brasil possui várias características favoráveis para investimentos, entre elas estão o alto nível de irradiação solar, grandes reservas de quartzo (LIMA et al., 2015) e a grande necessidade de diversificar a matriz de energia elétrica através de outras fontes além das já exploradas no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade técnica e financeira de implantação de placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica na Associação Educacional Dom Bosco em Resende/RJ.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso da energia solar tem se tornado cada vez mais comum nas novas construções, visando o ponto de vista ambiental, sustentável, energético e econômico. Com este mesmo pensamento outros tipos de construções, no caso das mais antigas, estão investindo neste recurso renovável e se adequando a nova era das matrizes energéticas. De acordo com o CRESEB (2006), o aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo

milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar de que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol.

Outro fato importante é que anualmente a Terra recebe $1,5 \times 10^{17}$ kWh de energia solar, sendo que o consumo mundial de energia para este mesmo período é 10.000 vezes menor (CRESESB, 2014).

Esse fato indica que o sol é uma fonte inesgotável de energia e possui um enorme potencial de utilização em várias formas de energia. Dentre as fontes de energia renováveis provenientes do sol a energia solar fotovoltaica é uma das mais promissoras (CRESESB, 2014).

O Sol é a estrela mais próxima de nós e a que melhor conhecemos. Basicamente, é uma enorme esfera plasma, em cujo núcleo acontece a geração de energia através de reações termonucleares. Sua estrutura é composta pelas principais regiões: núcleo, zona radiativa, zona convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa (ou às vezes chamada de coroa).

O núcleo é a região mais densa, sendo assim o responsável pelas reações termonucleares e, conseqüentemente, pela geração de energia, aonde as temperaturas chegam a cerca de 15 milhões de graus célsius.

2.1 CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA

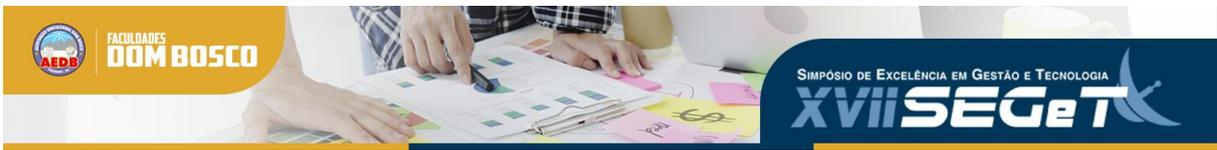
Um dos componentes mais importantes e lembrados quando se fala em captar energia solar é a célula solar, sendo que a maioria delas são produzidas utilizando silício (Si). Dentre as células de silício tem – se diferentes tipos como:

- Célula de silício monocristalino: Esse tipo de célula apresenta a maior eficiência e é bastante utilizada em aplicações comerciais (AMÉRICA DO SOL, 2011);
- Célula de silício policristalino: Estas possuem menor custo que as células de silício monocristalino, porém possuem um rendimento menor (CRESESB, 2014) e;
- Célula de silício amorfo: É muito propício esse tipo de célula quando se pensa em baixo custo. Porém apresenta algumas desvantagens, dentre elas baixo rendimento e degradação nos primeiros meses de operação. Contudo, apresentam suas vantagens, necessitam de baixo consumo energético para produção em comparação as células cristalinas, podem ser fabricadas células com áreas grandes e tem aparência estética mais agradável (CRESESB, 2014).

Um módulo pode possuir um número variado de células, este número depende da necessidade de tensão e corrente (CASTRO, 2008).

Existem alguns fatores que afetam as características elétricas dos módulos, são elas a intensidade luminosa e a temperatura das células. A intensidade luminosa faz com que a corrente dos módulos aumente linearmente com seu aumento. Já a temperatura das células tem efeito contrário, quanto maior for a temperatura, menor será a eficiência do módulo (CRESESB, 2014).

A terra realiza um movimento anual ao redor do Sol, descrevendo uma trajetória na esfera celeste chamada eclíptica. O movimento de translação dura 365,25 dias. PINHO E GALDINO (2014) o descrevem como uma trajetória elíptica com uma pequena excentricidade ($\epsilon \approx 0,017$), e com uma inclinação de seu eixo de aproximadamente $23,45^\circ$. A Eclíptica é um círculo máximo que tem uma inclinação, essa inclinação, dá origem às estações do ano.



2.2 EFEITO FOTOVOLTAICO

Para a energia se transformar no que é comumente conhecida, é necessário passar pelo chamado Efeito Fotovoltaico.

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão (CRESESB, 2006).

Inicialmente o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo agente impulsionador foi a “corrida espacial”. A célula solar era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo e peso) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de permanência no espaço. Outro uso espacial que impulsionou o desenvolvimento das células solares foi a necessidade de energia para satélites (CRESESB, 2006).

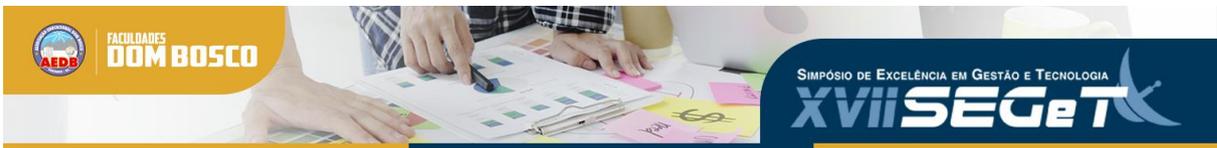
Segundo CRESESB (2006), a crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em aplicações terrestres. Porém, para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais. Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor. Nos Estados Unidos, as empresas de petróleo resolveram diversificar seus investimentos, englobando a produção de energia a partir da radiação solar.

Em 1993 a produção de células fotovoltaicas atingiu a marca de 60 MWp, sendo o Silício quase absoluto no *ranking* dos materiais utilizados. O Silício, segundo elemento mais abundante no globo terrestre, tem sido explorado sob diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. No entanto, a busca de materiais alternativos é intensa e concentra-se na área de filmes finos, onde o silício amorfo se enquadra. Células de filmes finos, além de utilizarem menor quantidade de material do que as que apresentam estruturas cristalinas requerem uma menor quantidade de energia no seu processo de fabricação. Ou seja, possuem uma maior eficiência energética (CRESESB, 2006).

Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou a radiação eletromagnética do Sol, incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores, que conduzem eletricidade de forma mais efetiva que os isolantes e menos que os condutores. Eles se caracterizam pela presença de bandas de energias onde é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e de outra totalmente vazia (banda de condução). Entre as duas bandas encontra-se a banda proibida e pode atingir até 3 eV, e a largura da faixa que diferencia estes materiais dos materiais condutores (CRESESB, 2006).

Segundo Câmara (2011), entre os semicondutores mais usados para aplicação é o silício. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Se acrescido, a rede, átomos com cinco elétrons, como o fósforo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e que ficará fracamente ligado ao átomo. Logo, isso faz com que fique com pouca energia e, este elétron se livre, indo para a banda de condução. Diz-se então, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante tipo n.

Por outro lado, caso o material seja dopado com elementos que possuem apenas três elétrons de ligação, como o boro, haverá falta de um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada lacuna ou buraco, e que ocorre com pouca energia térmica, ou um elétron de uma região vizinha pode passar a ocupar esta



posição fazendo com que a lacuna se desloque. Diz-se, portanto, que o boro é um dopante tipo p (CÂMARA, 2011).

Partindo de um silício puro e introduzindo-se átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, forma-se o que chamamos de junção pn. O que ocorre nesta junção é que elétrons livres do lado n passam ao lado p onde encontram os buracos que os capturam. Isto faz com que haja um acúmulo de elétrons no lado p, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado n, que o torna eletricamente positivo. Estas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico que dificulta a passagem de mais elétrons do lado n para o lado p. Este processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar os elétrons livres remanescentes no lado n (CÂMARA, 2011).

2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL

O Brasil é um dos poucos países do mundo a possuir uma grande incidência, e por consequência, radiação solar em toda a sua extensão territorial (figura 6). Isso acontece por estar localizado de forma privilegiada no globo, com seus limites se iniciando um pouco acima da Linha do Equador e terminando após o Trópico de Capricórnio, além da inclinação da Terra, tornando todos os fatores favoráveis para o uso deste recurso inesgotável.

As maiores potências de energia no Brasil localizam-se nos estados de Minas Gerais (região Sudeste), Goiás, Tocantins (região Centro Oeste) e nos estados da região Nordeste (CAMARA, 2011).

O Brasil deverá ter um salto de 44% na capacidade instalada de energia solar em 2019, o que levaria o país à marca de 3,3 *gigawatts* (GW) da fonte em operação, projetou em entrevista à Reuters o presidente da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), Rodrigo Sauaia.

O ano também deve marcar uma virada para o mercado solar brasileiro, segundo a entidade, com a expansão puxada pela primeira vez pela chamada geração distribuída — em que placas solares em telhados ou terrenos geram energia para atender à demanda de casas ou de estabelecimentos comerciais e indústrias.

Os projetos de geração distribuída (GD) deverão acrescentar 628,5 megawatts (MW) em capacidade solar ao país, um crescimento de 125%, enquanto grandes usinas fotovoltaicas devem somar 383 MW até o final do ano, um avanço de 21%. De acordo com o Presidente da Absolar:

"É uma marca importante para a geração distribuída. Aquela visão do passado de que a GD é cara não se sustenta mais, ela se tornou uma opção acessível, e existem diversas linhas de financiamento. A GD está ganhando participação no mercado brasileiro".

Entre 2017 e 2018, a geração distribuída já havia mostrado ritmo mais forte, com expansão de 172%, contra 86% nas grandes usinas, mas os projetos de GD, menores, adicionaram naquele período 317 MW, contra 828 MW dos empreendimentos de grande porte, viabilizados após leilões de energia do governo.

Com a disparada das tarifas de energia no Brasil desde 2015 e a redução nos custos de equipamentos fotovoltaicos, os investimentos em GD podem ser recuperados em um período de três a sete anos, de acordo com Sauaia.

A nova dinâmica é resultado também da recente crise financeira atravessada pelo Brasil, que reduziu a demanda por eletricidade e levou ao cancelamento de um leilão de contratação de usinas renováveis em 2016.

Depois, em 2017 e 2018, as contratações de grandes usinas solares foram retomadas, mas os projetos viabilizados nos últimos leilões têm obrigação contratual de iniciar operação em 2021 e 2022, enquanto a geração distribuída tem continuado a crescer em ritmo acelerado.

"Com isso, esse ano de 2019, e até 2020, serão anos de enorme desafio para a geração centralizada. A Absolar recomenda que o novo governo estruture um planejamento previsível, com continuidade de contratação, para que o setor consiga se planejar", disse Sauaia, acrescentando que o cancelamento de leilões em 2016 gerou enorme frustração em investidores.

A Absolar estima que a expansão da fonte neste ano deverá gerar investimentos totais de R\$ 5,2 bilhões, com cerca de R\$ 3 bilhões para a geração distribuída.

Apesar da forte expansão, a energia solar ainda é recente na matriz elétrica do Brasil, dominada por grandes hidrelétricas. A fonte responde atualmente por cerca de 1% da capacidade instalada no país, de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

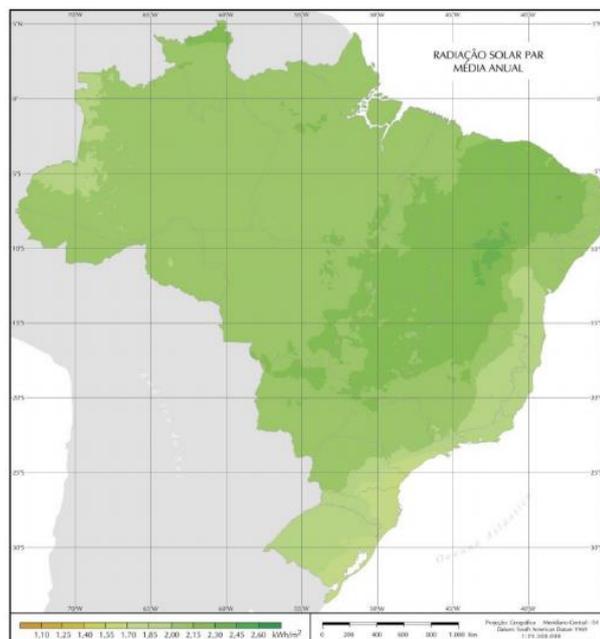
O mercado solar brasileiro é liderado atualmente pela italiana Enel, que possui 703 MW em capacidade em usinas solares em operação no país, seguida pela francesa *Engie*, com 218 MW e pela *Atlas Renewable Energy*, da empresa de investimentos britânica *Actis*, com 174 MW, segundo dados da consultoria *ePowerBay*.

O ranking poderá ainda em breve ser liderado pela chinesa CGN Energy International, que está em processo de aquisição de 450 MW em usinas solares da Enel.

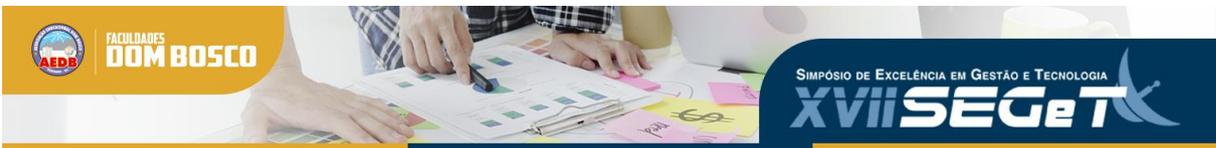
A transação, quando concretizada, deve deixar a Enel na vice-liderança.

Também se destacam no setor solar do Brasil a Omega Geração e a francesa EDF (com 160,5 MW cada), a norte-americana AES, com a controlada AES Tietê (150 MW), a norueguesa *Scatec* (132 megawatts) e a espanhola GPG, da *Naturgy* (ex-Gas Natural Fenosa, com 120 MW), segundo o ranking da *ePowerBay* (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2019).

Figura 1 - Média da Radiação Solar Anual.



Fonte: CÂMARA, 2011.



O Brasil foi o primeiro país de terceiro mundo a fabricar, de forma comercial, a célula fotovoltaica, a partir do silício monocristalino, não se limitando a simples montagem do painel solar.

A energia solar é a solução ideal para os lugares mais afastados dos grandes centros e cidades, onde não se encontram redes de distribuição de eletricidade, como dito anteriormente, por ter o um grande índice de radiação solar em qualquer parte de seu território.

2.4 RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687/2015 DA ANEEL

Com o objetivo de aumentar o público alvo, melhorar as informações na fatura, diminuir os custos e o tempo para conexão da micro e minigeração bem como compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento, a ANEEL revisou a REN 482, criando a Resolução Normativa 687 de 2015.

No Brasil, o crescimento da geração solar fotovoltaica tem sido favorecido e impulsionado graças à iniciativa da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, por meio da Resolução Normativa 687 de 2015. Esse documento permite reduzir barreiras à geração de energia elétrica por meio de sistemas de geração de pequeno porte instalados em unidades consumidoras.

2.5. SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

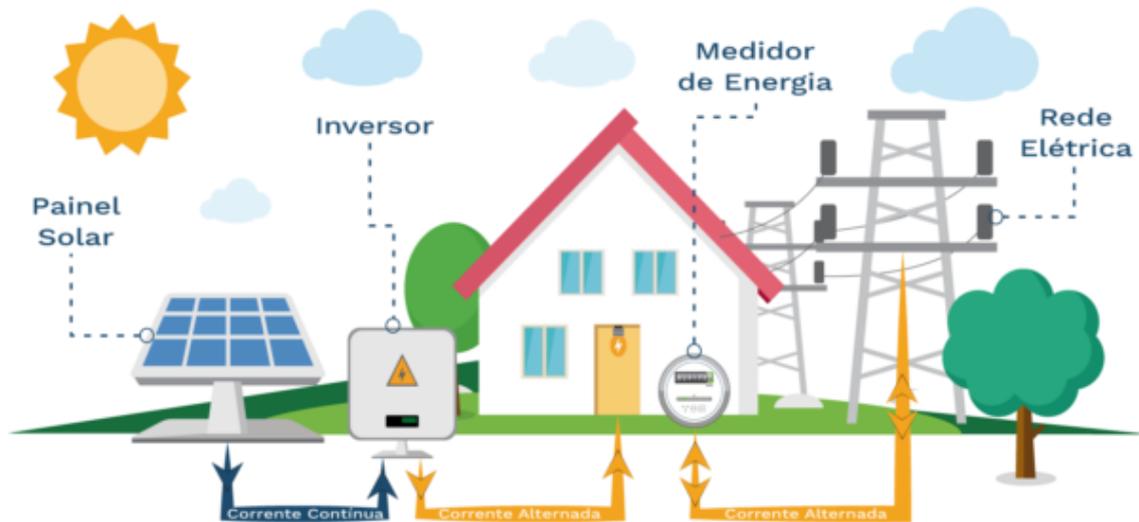
Na RN 687/2015, está descrito que no Sistema de Compensação de Energia Elétrica, o consumidor pagará na sua fatura apenas a diferença entre consumo e a autogeração.

Além disso, só é compensado o valor de energia elétrica ativa. No final do ciclo de faturamento, se houver excedente de energia, este será armazenado, podendo ser utilizados nos meses seguintes, em um prazo de 60 meses. Após este período, os créditos são descartados. Caso o consumidor possua uma outra instalação em seu CPF, ele poderá utilizar os créditos excedentes para compensar nessa outra unidade consumidora. Essa modalidade de compensação é denominada “autoconsumo remoto”.

2.6 SISTEMAS CONECTADOS À REDE (ON GRID)

No caso dos sistemas conectados à rede elétrica, a energia gerada através dos módulos solares, representa uma fonte de energia complementar à energia da distribuidora ao qual o usuário está conectado são sistemas que geralmente não utilizam armazenamento de energia, pois toda energia gerada pelos módulos solares fotovoltaicos (durante o dia), é entregue à rede elétrica instantaneamente. É necessária a utilização de um inversor que atenda às exigências de qualidade e segurança da rede elétrica. Por outro lado, esse tipo de sistema dispensa o uso de baterias uma vez que, na falta de energia, é possível consumir energia da rede (figura 2).

Figura 2 - Sistemas Conectados à Rede (*Grid Tie*)



Fonte: Potenza Energia Solar, 2016.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, serão levantadas as informações sobre o potencial fotovoltaico do estado do Rio de Janeiro, em especial da cidade de Resende, onde será realizado um estudo para a planta da Associação Educacional Dom Bosco, com o objetivo de instalar as placas para geração solar. Este estudo será a base para o desenvolvimento do projeto.

Em seguida foi verificada a potência do sistema implantado, equipamentos necessários, custos preliminares da implantação, e energia elétrica estimada gerada.

Por fim foi realizada uma simulação visando analisar a economia da energia elétrica que foi gerada e qual o tempo de retorno do investimento, e as conclusões finais deste projeto.

Este trabalho foi desenvolvido seguindo um planejamento sequencial de atividades conforme descrito abaixo:

- Definir a área/local de implantação da placa de fotovoltaica:** Nesta etapa foi definida a área/local de implantação das placas fotovoltaicas, através de análise dos aspectos físicos das instalações da faculdade através das plantas de cobertura conforme Apêndice 01. As plantas fornecem a área coberta e a inclinação dos telhados fator este relevante, pois através da sua inclinação é possível instalar as placas de modo a receber uma maior incidência solar. Para isso, foi necessária uma avaliação da área disponível, a viabilidade de implantação e a incidência solar obtida através do software Múltiplos Pró Hidráulica, que utiliza dados meteorológicos para fornecer este tipo de informação.
- Determinar a potência a ser instalada:** Para determinar a potência instalada, foi dimensionado com a finalidade de analisar o consumo real de todo o campus da faculdade. Para esta etapa, foram necessários os valores de consumo em KWh (quilo watt hora), e para uma análise mais completa, foi considerado o período de janeiro de 2018 a dezembro de 2018. Os dados foram obtidos através da concessionária que fornece energia elétrica, a Enel, por meio das contas de energia elétrica. Para isso, foi necessária uma abordagem avaliando a quantidade de potência requerida e considerando a demanda de uso;
- Estimar o valor de energia que será gerada:** Para estimar o valor de energia que foi gerada, a pesquisa foi baseada em estudos e relatórios técnicos de temas pertinentes ao

assunto. Obtendo-se os resultados através de orçamentos e relatórios para a análise da viabilidade de implantação;

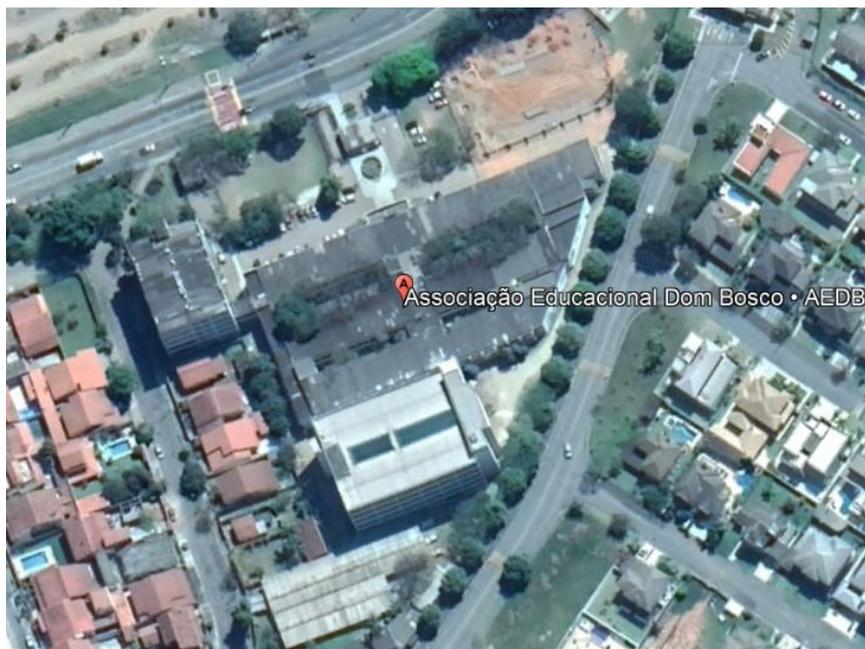
- **Analisar o custo para implantar o sistema**, através de orçamentos obtidos por pesquisa de mercado de empresas especializadas na área foi calculada a economia gerada com a implantação do sistema.
- **Determinar prazo estimado de retorno do capital investido:** Por fim, com os dados anteriores, foi realizado um estudo de viabilidade econômica com base no Valor Presente Líquido (VPL) e o *Payback* (Tempo de retorno do Investimento).

4. RESULTADOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO

O sistema fotovoltaico será instalado na Av. Professor Antonio Esteves, n° 01 – Campo de Aviação – Resende, RJ; a latitude de $-22^{\circ}47'$ e longitude de $-44^{\circ}45'$. A região possui uma incidência solar média de 4,49 KWh/m².dia, (software Multiplos Pró Hidráulica). Na figura 3, tem-se a visão aérea do local no qual será instalado.

Figura 3 - Visão aérea da Associação Educacional Dom Bosco



Fonte: Google Earth, 2019.

4.2 INCLINAÇÃO

O campus da Associação Educacional Dom Bosco, conta com 5 prédios que foram construídos em diferentes datas e por isso sua cobertura é composta por dois tipos de telhado. Sendo assim, os prédios de 01 a 04, possuem em sua cobertura telhas de fibrocimento, com uma inclinação de 9% e o prédio 05, possui em sua cobertura telhas metálicas trapezoidais, com uma inclinação de 10% (Apêndice 01 e 02). A partir dos dados da descrição da área a ser implantado, obtém-se um painel inclinado a 22° N.

Tabela 1 - Escolha do ângulo de inclinação do módulo

Latitude Geográfica do Local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: GAZOLI VILLALVA ,2012.

Conforme a tabela 1, as latitudes entre 21° e 30°, que é o caso de Resende, o ângulo de inclinação recomendado é:

$$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ \quad (1)$$

Onde α é o ângulo de inclinação recomendado. Portanto, o ângulo de inclinação recomendado é 27° (22°+5°).

4.3 POTÊNCIA A SER INSTALADA E ENERGIA GERADA

De acordo com os dados de consumo elétrico, obtidos através das contas de energia elétrica do campus das faculdades, a potência determinada foi de 150 KW por ano.

Conforme tabela 2, a energia média consumida foi de 11.986 KWh, sendo que os dados utilizados como parâmetros para o cálculo foram do período de janeiro a dezembro de 2018 e os valores de consumo abrangiam apenas cinco dos seis prédios, hoje existentes no campus das faculdades.

Tabela 2 - Consumo anual em KWh

	Consumo KWh	
	¹ *Hora ponta*	**Hora Fora ponta
Jan	3.356	18.123
Fev	3.151	17.934
Mar	5.350	21.672
Abr	7.694	28.434
Mai	5.081	19.740
Jun	3.619	15.330
Jul	4.179	16.548
Ago	3.280	14.364
Set	4.530	18.375
Out	5.000	19.362
Nov	4.608	19.131

¹ *Horário de ponta, ou "horário de pico", é o período definido e composto por três horas diárias consecutivas, durante o qual o consumo de energia elétrica tende a ser maior. Compreendido das 18h às 21h, de segunda a sexta-feira, exceto sábados, domingos e feriados nacionais.

**Hora Fora Ponta, ou "horário fora de pico" é composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares às definidas no horário de ponta, inclusive sábados, domingos e feriados nacionais.

Dez	5.974	22.827
C médio mensal	4.652	19.320
C médio mensal	11.986	

Fonte: Autores, 2019.

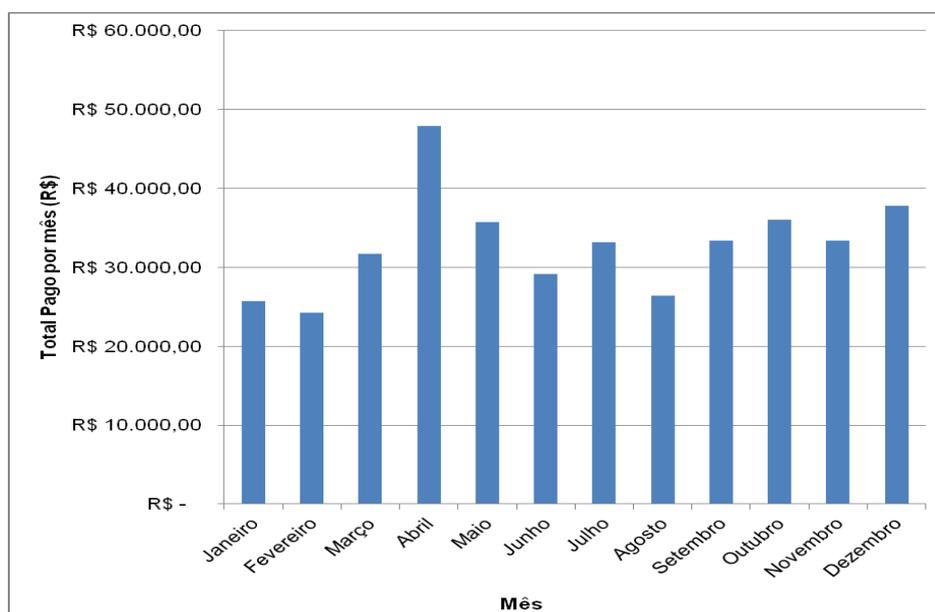
O valor pago em energia elétrica no decorrer do ano de 2018 foi de R\$ 394.653,60, conforme tabela 3 e figura 4, que mostram quanto foi gasto em cada mês.

Tabela 3- Valor mensal da fatura de energia

Mês	R\$
Janeiro	R\$ 25.693,43
Fevereiro	R\$ 24.276,11
Março	R\$ 31.686,63
Abril	R\$ 47.952,43
Maio	R\$ 35.768,94
Junho	R\$ 29.154,48
Julho	R\$ 33.136,20
Agosto	R\$ 26.414,18
Setembro	R\$ 33.403,85
Outubro	R\$ 36.072,44
Novembro	R\$ 33.340,53
Dezembro	R\$ 37.754,38
Total	R\$ 394.653,60

Fonte: Autores, 2019.

Figura 4 - Valores pagos nas contas de energia elétrica no decorrer do ano de 2018



Fonte: Autores, 2019.

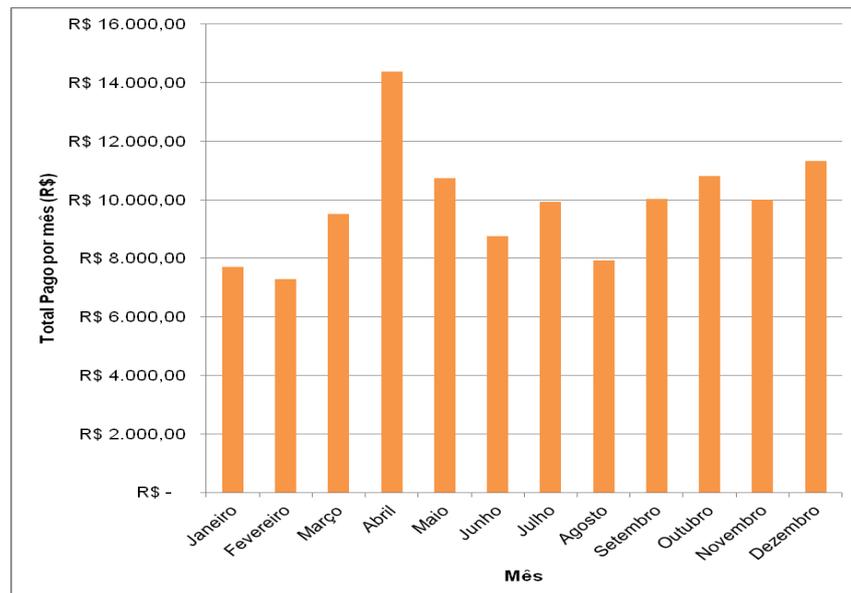
Conforme dados do orçamento (anexo 1) da empresa Primos Solar, a demanda máxima contratada é de 150KW, gerando em média 17.000 KW por mês. A demanda consumida pelos prédios do campus das faculdades é de 11.896KW (tabela 2). Desta forma, a faculdade utiliza aproximadamente 106KW dos 150KW contratados, representando 70% do total e ao mesmo tempo gerando uma redução de 70% (tabela 4 e figura 5) nos gastos com energia elétrica (figura 6).

Tabela 4 - Estimativa do valor mensal de energia elétrica com redução de 70%.

Mês	Com Redução
Janeiro	R\$ 7.708,03
Fevereiro	R\$ 7.282,83
Março	R\$ 9.505,99
Abril	R\$ 14.385,73
Maió	R\$ 10.730,68
Junho	R\$ 8.746,34
Julho	R\$ 9.940,86
Agosto	R\$ 7.924,25
Setembro	R\$ 10.021,16
Outubro	R\$ 10.821,73
Novembro	R\$ 10.002,16
Dezembro	R\$ 11.326,31
Total	R\$ 118.396,08
Economia	R\$ 276.257,52

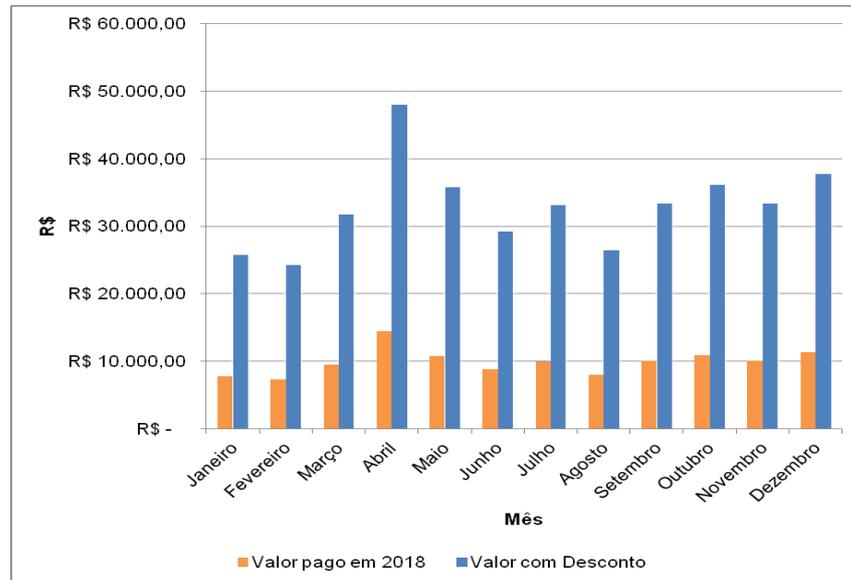
Fonte: Autores, 2019.

Figura 1 - Valores estimados para pagamento das contas de energia elétrica com redução de 70%.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 2 - Comparativo entre os valores pagos e os valores com desconto.



Fonte: Autores, 2019.

Desta forma, existe uma compensação entre a energia gerada pelas placas solares com a energia consumida da rede de distribuição. Pois, conforme visto anteriormente, a energia gerada é de 17.000KW, mas nos horários fora ponta, este valor é ultrapassado. Para atender a demanda exigida pelo consumo da faculdade, foi definido o módulo fotovoltaico e o inversor.

4.4 MÓDULO FOTOVOLTAICO

A norma NBR 10899 (ABNT, 2013) define o módulo fotovoltaico como a unidade básica de um sistema fotovoltaico, sendo formado por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica. O módulo fotovoltaico é composto por diversas camadas.

O módulo escolhido para instalação são os módulos 340Wp modelo policristalino *Canadian Solar*. As dimensões da placa são de 1960x992x35mm. A escolha por esse módulo foi feita conforme análise dos dados fornecidos pela companhia de energia, mediante a necessidade de consumo e as condições de funcionamento garantidas pelo fabricante.

O inversor é responsável por converter a energia de corrente contínua, vinda dos painéis, para corrente alternada, conforme a rede de distribuição pública. O inversor deve possuir potência suficiente para o sistema, podendo ser igual a potência gerada pelo sistema ou superior. O inversor viável para atender ao projeto é o modelo *Renovigi on grid* trifásico (figura 13).

É importante verificar que o equipamento está certificado pelo INMETRO. ABNT NBR 16149:2013 - estabelece as recomendações específicas para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica e estabelece seus requisitos. ABNT NBR 16150:2013 - especifica os procedimentos de ensaio para verificar se os equipamentos utilizados na interface de conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição de energia estão em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 16149.

O inversor é um componente fundamental para complementar o sistema, deve ser selecionado após o dimensionamento do módulo fotovoltaico.

5. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Os custos envolvidos na implantação de um sistema fotovoltaico a serem considerados são: custo de projeto, dos materiais, da mão de obra e da manutenção. Todos foram estimados de acordo com pesquisa real de mercado.

O custo de implantação será de R\$511.117,60 (quinhentos e onze mil e cento e dezessete reais e sessenta centavos). O investimento para ser realizado deve levar em consideração o *payback* que é utilizado na verificação do retorno de um investimento, mede o tempo em que este leva para trazer retorno ao investidor. De acordo com Gitman (2007) é o tempo necessário para o retorno do capital investido, considerando o dinheiro no tempo, mede o risco do investimento, ou seja, quanto maior o resultado do *Payback* maior será o tempo de retorno. O tempo de retorno será de 4 anos conforme dados do orçamento obtido pela empresa PRIMOS SOLAR no mês de outubro de 2019.

6. CONCLUSÃO

No Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica é por meio das hidrelétricas, porém com as secas e maior escassez do recurso hídrico no país torna-se necessário a geração de energia elétrica através de outras fontes para suprir o consumo energético nacional. O aumento do uso das usinas térmicas, aumento do dólar e com o auxílio de outros fatores externos a conta de energia elétrica encareceu ainda mais no país. Fazendo com que se tornasse mais interessante o investimento em fontes alternativas de energia elétrica, como a solar, que é o foco deste trabalho.

A geração distribuída de energia fotovoltaica pode se tornar uma alternativa no planejamento energética brasileiro. Por estar próximo do local de consumo, a energia gerada e injetada na rede de distribuição, pode ser consumida localmente, evitando perdas com a transmissão de energia. O sistema pode ser instalado em telhados e fachadas, melhorando o aproveitamento de áreas subutilizadas e gerando uma energia limpa de forma silenciosa e não poluente.

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede é de suma importância para o processo de desenvolvimento da geração distribuída limpa e sustentável. Fica evidente que o consumo e a demanda por energia é cada vez maior no mundo, e a busca por novos meios de se gerar energia limpa e renovável se intensifica a cada dia. E em relação à aplicação do projeto de energia fotovoltaica na AEDB, conclui-se que é um investimento de alto custo, com base em pesquisa de mercado obteve-se o valor de R\$ 511.117,60 com retorno do investimento de 4 anos. Portanto, o investimento é atrativo, pois o tempo de retorno do investimento não ultrapassa significativamente a sua vida útil.

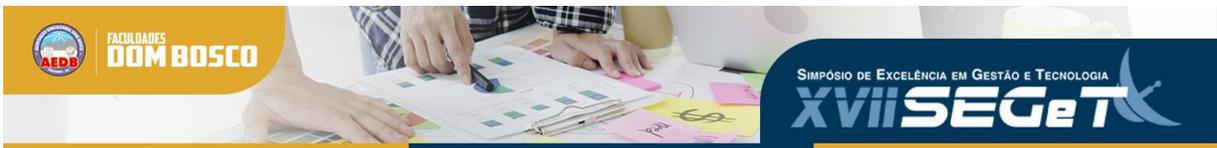
Apesar do custo para a implantação do sistema ser alto, foi observado também através do orçamento de mercado uma grande economia para a faculdade. Cerca de R\$112.385,63 logo no primeiro ano de uso do sistema. E o mais importante deste tipo de energia é o fato de contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANO, G. L. M., 2015, Análise de ciclo de vida da tecnologia fotovoltaica em Portugal. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Energias Renováveis, Conversão Eléctrica e Utilização Sustentável – Universidade Nova de Lisboa, Portugal.

AMÉRICA DO SOL. Energia fotovoltaica. América do Sol, 2011. Disponível em: <<http://americadosol.org/tipos-de-modulos-fotovoltaicos/#toggle-id-2>>. Acesso em: 18/11/2019.

ANEEL, 2012 Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº482. Disponível<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso: 30/04/19.



ANEEL, 2015 Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº687. Disponível <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso: 30/04/19.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10899: Energia solar fotovoltaica — Terminologia: 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16150:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) — Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição — Procedimento de ensaio de conformidade.

BRAGA, Renata Pereira. Energia solar fotovoltaica fundamentos e aplicações. Trabalho de conclusão de curso- Escola politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2008.

CASTRO, Rui M. G.; Introdução à Energia Fotovoltaica. Universidade de Lisboa 2008

CÂMARA, C. F. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Universidade Federal de Lavras, UFLA, MG, 2011.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Energia Solar – Princípios e Aplicações. Eletrobrás, 2006. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=291> Acesso em: 30/04/2019.

CRESESB – Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, 2014. Disponível em:< http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 30/04/2019.

Determinação do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fonte Fotovoltaica em Curitiba. Curitiba: UTFPR – DIBIB, 2015.

ÉPOCA NEGÓCIOS. Disponível em: < <https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2019/01/epoca-negocios-energia-solar-deve-crescer-44-no-brasil-em-2019-com-impulso-de-geracao-distribuida.html>. Acesso em 01/06/2019.

Fontes, Ruy. Módulo Fotovoltaico. Blue Sol. Disponível em:<<https://blog.bluesol.com.br/modulo-fotovoltaico/>> Acesso em: 23/09/2019

G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2012

GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira. 10ª edição, São Paulo: Harbra. 2007.

Infográfico energia solar fotovoltaica no Brasil. ABSOLAR. Disponível em:<<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>>. Acesso em 25/09/2019.

LIMA, Bruno G; HACK, Raysa R; AVENCA, Rebeca.B. Comparação dos níveis de Irradiação apresentados por Diferentes Fontes de Dados no Estado do Paraná e Determinação do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fonte Fotovoltaica em Curitiba. Curitiba: UTFPR – DIBIB, 2015.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014. Disponível em: <

<https://www.passeidireto.com/arquivo/28950165/livro-manual-de-engenharia-para-sistema-fotovoltaicos-joao-tavares-pinho-e-marco-antonio-galdino>> Acesso em: 24/04/2019.

Shayani, Rafael; Oliveira, Marco Aurélio; Camargo, Ivan. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. Brasília. Laboratório de Fontes Alternativas de Energia do Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. 2006. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=Compara%C3%A7%C3%A3o+do+Custo+entre+Energia+Solar+Fotovoltaica+e+Fontes+Convencionais&btnG=>> Acesso em: 01/05/2019

VILLALVA, M. Módulo modelo silício monocristalino 375 Wp. Disponível em: <<http://www.jasolar.com/uploadfile/2018/0807/20180807045422860.pdf>> Acesso em: 24/07/2019.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2012

ZILLES, R; MACÊDO, W. N; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede elétrica. São Paulo: Oficina de textos, 2012.