

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO E ANÁLISE DE INVESTIMENTO PARA O INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO

Natanael Fernandes Macêdo Junior

macedonataan@gmail.com

Flávio Mendonça Bezerra

flavio.bezerra@urca.br

Francisca Jeanne Sidrim de Figueiredo

jeanne.sidrim@urca.br

Frederico Romel Maia Tavares

prof_fred@hotmail.com

Antonio Luis Araujo Silva

antonio9237@gmail.com



A energia solar fotovoltaica é uma solução energética que utiliza da luz proveniente do sol para gerar energia elétrica. Tal tecnologia foi descoberta desde o século 19, porém por questões de inviabilidade econômica e tecnologia pouco desenvolvida foi deixada de lado mediante a atratividade de outras fontes de energia como o carvão mineral e outros combustíveis fósseis. Atualmente a tecnologia fotovoltaica vem se tornando recorrente em diversos países por ser uma fonte de energia limpa e renovável. Este estudo tem como objetivo realizar o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico para atender a demanda energética do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, instituição essa que é composta por um prédio que contem 10 salas de aula, 16 laboratórios e refeitório anexo além de salas de administração, coordenação, biblioteca e centros acadêmicos. O estudo visa dimensionar um sistema fotovoltaico que seja capaz de abastecer todo o prédio e esteja possibilitado de suportar uma futura ampliação da instituição. Será feita também uma análise da viabilidade econômica do projeto com base no valor do investimento total calculado e o tempo necessário para pagar tal investimento para isso serão utilizados métodos bastante recorrentes no cálculo econômico, como TIR, VPL e PAYBACK.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica, Análise de Viabilidade Econômica, Solução Energética, dimensionamento

1 Introdução

O Brasil vem enfrentando uma crise energética sem precedentes nos últimos anos, diversos fatores implicam no agravamento desta crise, fatores estes que são: o aumento gradativo no consumo de energia elétrica no país aliado a falta de investimento no setor energético, não bastasse isso, em 2014 destacou-se ainda mais a crise hídrica no país o que influenciou diretamente na decadência no setor energético brasileiro, tendo em vista que 70 % da energia gerada no Brasil é proveniente de hidrelétricas (ANEEL, 2011).

Com o avanço no desenvolvimento de técnicas mais eficientes de aproveitamento da energia solar e baseando-se também no potencial energético da região Caririense. Torna-se pertinente o planejamento e estudo da viabilidade da aplicação dessas novas tecnologias nessa região.

O uso de painéis fotovoltaicos na produção de energia elétrica além de trazer benefícios ao meio ambiente pela redução no uso das termelétricas, ainda implica em uma redução significativa nas perdas técnicas de distribuição elétrica, uma vez que essa nova alternativa possibilita a instalação de unidades descentralizadas.

Levando em consideração esse contexto, o objetivo desse trabalho é dimensionar um sistema fotovoltaico para uma instituição de ensino superior localizada na região do Cariri cearense e ao mesmo tempo realizar uma análise de viabilidade econômica.

2 Metodologia

O trabalho que foi desenvolvido aqui se classifica como um estudo de caso exploratório, que busca levantar dados quantitativos do consumo energético da instituição, para assim dimensionar corretamente um sistema fotovoltaico visando suprir totalmente a necessidade energética do prédio. Foi estabelecida também no projeto uma margem para o caso de expansão da matriz de consumo elétrico da instituição. Após todo o processo de dimensionamento foi realizada uma análise econômica, visando obter ou não a confirmação da viabilidade do investimento.

3 Referencial Teórico

3.1 A radiação solar

A estrela central do sistema solar, o sol, é elemento de suma importância e que desempenha papel fundamental na existência de todos os seres vivos. Além disso, o sol é a fonte de energia com o maior potencial para suprir a necessidade crescente da humanidade por energia. A energia solar pode ser aproveitada diretamente de uma fonte quase que inesgotável e que está disponível para todos, e que não causa nenhum efeito degradante ao planeta terra, além disso, existem alguns fatos sobre a energia solar que também devem ser levados em consideração:

- A energia solar recebida pela Terra é cerca de 5 mil vezes maior do que o consumo mundial de eletricidade e energia térmica somados (ABBOTT, 2010).

- A energia solar que chega a Terra em um ano é cerca de 40 vezes maior do que as reservas mundiais de petróleo, carvão, gás natural e urânio somadas (OPEC, 2005).

Ao atravessar a atmosfera, a radiação interage com as partículas desta e parte dessa radiação é espalhada nas outras direções além daquelas de incidência. A parcela da energia radiante incidente no "topo da atmosfera", que "chega diretamente" à superfície do solo é chamada radiação direta, e a densidade de fluxo correspondente a tal radiação é denominada irradiância solar direta. Pela lei de Lambert é possível perceber que a irradiância solar direta incidente sobre uma superfície qualquer será dada pelo produto entre a densidade de fluxo de radiação incidente ortogonalmente multiplicado pelo cosseno do ângulo zenital (QUASCHNING, 2005), conforme equação 1.

$$R_{Direta} = I_N \cos Z \quad (\text{eq.1})$$

Onde Z é o ângulo de incidência da radiação direta e I_n é o fluxo de radiação incidente ortogonalmente.

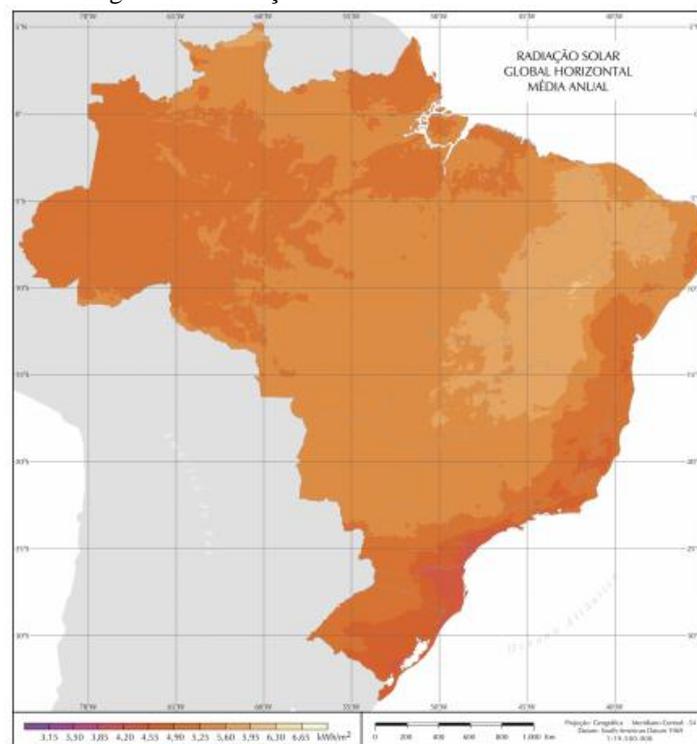
A outra parcela de energia radiante é proveniente da parte da radiação que atinge o topo da atmosfera, mas ao atingir com esta sofre o processo de difusão, atingindo indistintamente a superfície da terra por diferentes direções, sendo denominada assim de irradiação solar difusa. Essa irradiância solar difusa pode ser visualizada imaginando-se que é possível a um observador humano enxergar durante um dia nublado, isto é, quando a irradiação solar direta seja nula (QUASCHNING, 2005). O PONTO VEM SEMPRE APÓS A REFERÊNCIA

O Brasil detém um potencial imenso de geração de energia fotovoltaica, devido aos excelentes níveis de irradiação solar e por ser um país tropical. Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o Brasil tem um potencial técnico de

geração que pode chegar a 30 mil GW. Número superior à somatória de todas as outras fontes de geração do país e mais de 200 vezes maior que a capacidade instalada da matriz elétrica brasileira, que é de 143 GW.

Esse potencial deve ser aproveitado também pelo fato de que os métodos tradicionais de geração de energia estão se mostrando agressivos e prejudiciais ao meio ambiente. Evidenciando a necessidade da adoção de uma matriz elétrica limpa. A figura 1 mostra a radiação solar anual no Brasil.

Figura 1 - Radiação Solar Horizontal média anual.



Fonte: Atlas solarimétrico do Brasil, 2006

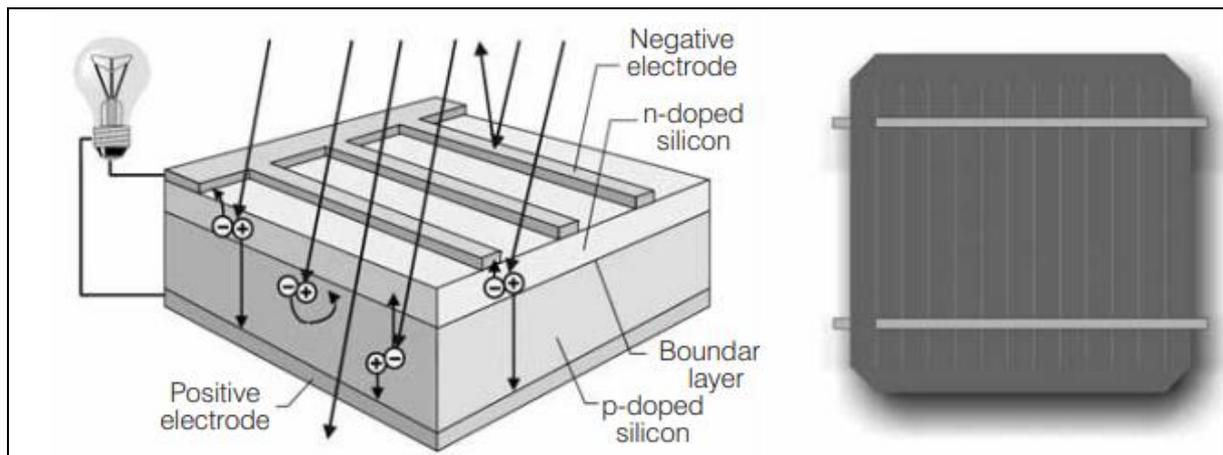
3.1 Efeito Fotovoltaico

É denominado efeito fotovoltaico o processo físico que consiste na conversão da luz solar em energia elétrica por meio de uma célula fotovoltaica. A luz solar é composta por fótons. Os fótons guardam quantidades distintas de energia, quando estes fótons atingem uma célula fotovoltaica eles podem ser refletidos, absorvidos ou podem atravessar à célula. Os fótons que são absorvidos geram eletricidade (QUASCHNING, 2005).

As células solares podem ser constituídas por diferentes tipos de materiais. Os mais comuns são: Silício (Si), Arseneto de gálio (GaAs), Disseleneto de cobre e índio (CuInSe₂) e o

Telureto de cádmio (CdTe), todos estes são semicondutores, e o mais utilizado dentre eles é o Silício (Si), por ser encontrado em abundância na natureza (PEREIRA OLIVEIRA, 2011). As células fotovoltaicas consistem basicamente de duas camadas de material semicondutor, um tipo p e outro tipo n ambas dopadas com silício. A Figura 2 mostra esquematicamente o efeito fotovoltaico e uma célula cristalina de silício.

Figura 2 - Esquema básico do efeito fotovoltaico e visão frontal de uma célula cristalina de silício



Fonte: Quaschnig (2005)

3.2 Sistemas Fotovoltaicos

Sistema solar fotovoltaico, chamado também de sistema de energia solar ou sistema fotovoltaico, é um sistema que possibilita a geração de energia elétrica através da radiação solar. Nos dias atuais existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos básicos: sistemas isolados (*off-grid*) e sistemas conectados a rede (*on-grid* ou *grid-tie*) (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Os sistemas *off-grid* são geralmente utilizados em áreas rurais isoladas, onde o custo de se conectar a rede elétrica é muito elevado necessitam de baterias e controladores de carga para que a eletricidade gerada durante o dia seja utilizada a noite tornando o custo de do sistema mais elevado (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Os sistemas *on-grid* são utilizado em áreas urbanas onde a rede elétrica está próxima das residências o que possibilita o sistema fotovoltaico de ser ligado a mesma, isso permite uma “troca de energia”, onde o excedente de eletricidade gerada é utilizada pela concessionária que em troca dá descontos no valores de aplicados no consumo de energia, diferente dos sistemas *off-grid* este não necessita de baterias nem controladores de carga, pois a noite a

energia que é utilizada pela residência vem da concessionária (PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

Existem basicamente dois componentes principais que constituem um sistema fotovoltaico: painéis fotovoltaico e os inversores de corrente. Painéis fotovoltaicos ou células fotovoltaicas são equipamentos capazes de converter a energia presente na luz por meio dos fótons em energia elétrica. Isso ocorre, pois os materiais que constituem esses componentes são semicondutores dopados com outros elementos (CABRAL, 2001).

Os inversores de corrente ou conversores de corrente são dispositivos que tem a função de converter a corrente contínua proveniente dos painéis solares em corrente alternada para assim poder ser conectada com a rede elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

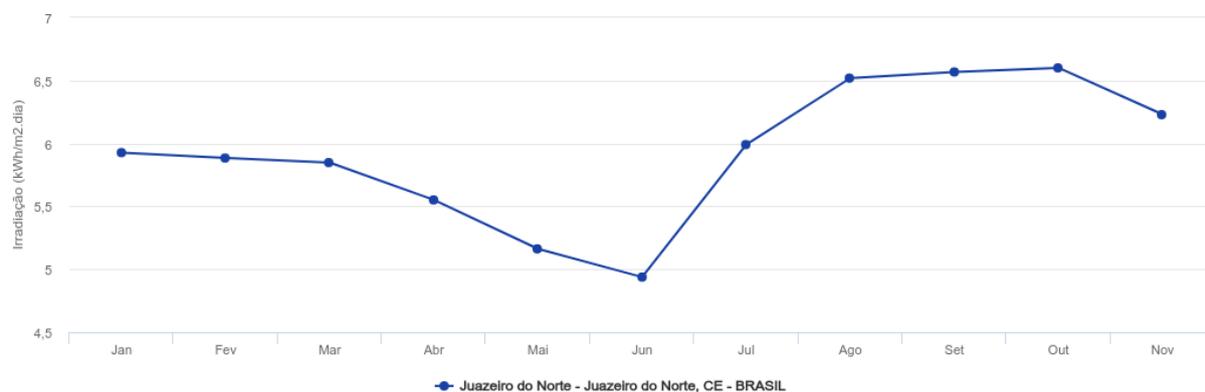
Os inversores *Grid-Tie* tem o papel de interagir diretamente com a rede elétrica proveniente da concessionária de energia, misturando por assim dizer a energia gerada pelos painéis solares com a energia elétrica convencional. Já os inversores *Off-Grid* interagem diretamente com às cargas ,ou seja, não está conectado com a rede elétrica convencional, fator esse que faz com que seja necessário a construção de um banco de baterias para que a energia gerada nas placas seja armazenada e posteriormente convertida para no final ser consumida pelos aparelhos (PINHO & GALDINO, 2014).

4 Estudo de Caso

A instituição na qual foi realizado o estudo de caso está localizada em Juazeiro do Norte – CE. O prédio do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC possui três andares e conta também com uma oficina mecânica anexa ao prédio no térreo, o terreno da instituição possui aproximadamente 14.875m² com área construída de 1.009,8m², a instituição possui um público aproximado de 1600 pessoas por ano.

Os índices de radiação solar registrados na cidade têm uma média de 5,88 kWh/m².dia com uma variação anual de aproximadamente 1,66kWh/m².dia conforme figura 3.

Figura 3 - Irradiação Solar em Juazeiro do Norte



Fonte: CRESESB (2018)

4.1 Irradiação Solar no Local

O estudo dos níveis de irradiação solar no local onde o sistema foi estudado é necessário para o correto dimensionamento do sistema. Estes dados podem ser obtidos em sites especializados no assunto, porém dependendo da fonte podem ocorrer pequenas variações nos índices.

Segundo Fadigas (2004), a partir dos dados fornecidos pelas estações solarimétricas, existem métodos que permitem gerar dados numa escala de tempo qualquer, seja diária, horária ou ainda menor. A utilização de uma escala temporal reduzida permite avaliar o desempenho do equipamento solar em condições mais próximas da realidade. Neste projeto, para a obtenção dos índices de irradiação solar foi utilizada como fonte o CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito).

4.2 Espaço Físico

Outro aspecto importante no dimensionamento é o espaço físico com disponibilidade de instalação dos painéis solares, parâmetros como a presença de sombra e a possibilidade de futuras obras de ampliação do local devem ser levados em conta para evitar gastos ocasionados por necessidade de realocação dos painéis.

No prédio do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC), há uma disponibilidade de 734,8m² no teto da instituição e 275m² na cobertura do galpão, totalizando uma área de 1009,9m², além da possibilidade de fazer uma cobertura no estacionamento com Painéis fotovoltaicos caso seja necessário.

4.3 Consumo de Energia Elétrica

O consumo da Instituição varia de acordo os meses do ano, por se tratar de uma instituição de ensino conforme o decorrer dos semestres letivos fazem-se necessárias aulas práticas com a utilização dos laboratórios o que gera um pequeno aumento no consumo. Já nos meses de férias (janeiro, julho e parte de agosto) percebe-se uma queda brusca no consumo de energia devido ao período de férias isto pode ser percebido na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica na instituição (2015).

Mês	Consumo médio (kw/h)	Dias de Cons./Mês	Média diária (kwh/DIA)
Janeiro	21635	32	676,094
Fevereiro	18192	30	606,400
Março	19300	31	622,581
Abril	15883	30	529,433
Mai	20738	31	668,968
Junho	18826	29	649,172
Julho	16910	30	563,667
Agosto	15139	29	522,034
Setembro	19859	29	684,793
Outubro	19973	32	624,156
Novembro	23205	31	748,548
Dezembro	20174	30	672,467
Média	19153	30	630,693

Fonte: CENTEC (2018)

4.4 Dimensionamento do Sistema

Através do cálculo da potência nominal (gerada a partir da radiação solar) necessária para atender ao consumo médio diário da edificação, pode-se estimar a área de painéis a ser instalada. Este cálculo mostra, de forma aproximada, a capacidade da edificação de manter-se autônoma, apenas fazendo uso energia solar, ou seja, independente da energia da rede elétrica pública (MARINOSKI, 2004).

Para a realização deste cálculo é necessário ter conhecimento prévio de alguns dados como o consumo anual dividido pela quantidade de dias no ano que nesse estudo equivale a 630,693 kwh/dia. O índice de radiação diária que incide sob a região onde a instituição está localizada onde foi adotado 5,49. Estes dados foram apresentados previamente neste projeto. É

necessário também definir um rendimento esperado (aproximado) para o sistema, como ao longo deste projeto vem sendo frisado que será adotado um método conservador para que o sistema dimensionado possa suprir as necessidades energéticas da instituição caso ocorra uma eventual ampliação do prédio, foi determinado um rendimento de 85%, a equação 2, utilizada pode ser vista logo abaixo.

$$P_{cc} = (E/G)/(R) \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

Pcc = Potência média necessária (kWpcc);

E = Consumo médio diário durante o ano (kWh/dia);

G = Ganho por radiação solar: média mensal do total diário (kWh/m²/dia);

R = Rendimento do sistema (%)

A partir da equação 2, foi obtida uma potência média necessária de 135,15 kW_Pcc para atender a demanda energética diária da instituição. Com este valor é possível estimar a área total que será ocupada pelos painéis solares. Os painéis fotovoltaicos possuem diferentes graus de eficiência que variam de acordo com a tecnologia utilizada na confecção de cada painel, o modelo que foi escolhido para ser utilizado neste projeto possui eficiência de 16,20% (é considerada uma alta eficiência). Dessa forma pela Equação 3 é possível determinar a área total a ser ocupada pelos painéis.

$$A_{Total} = \frac{P_{cc}}{Eff} \quad (\text{eq. 3})$$

Onde:

A_{total} = Área total dos painéis (m²)

Pcc = Potência média necessária (kWpcc);

Eff = Eficiência do painel (%);

Dessa forma obtemos uma área total necessária de 834,26m² compatível com a área total do telhado do prédio que mede 1009,9m², ou seja, apenas com o espaço disponível no telhado será possível suprir a demanda energética da instituição.

4.4.1 Escolha dos Painéis

Para escolher o tipo dos módulos fotovoltaicos levou-se em conta fatores como potência nominal máxima, preço, eficiência e área total ocupada, por fim foi escolhido o modelo GBR315p da marca GLOBO BRASIL. Este modelo de painel possui 72 células de silício policristalino, na tabela 2 é possível observar as principais características do módulo fotovoltaico escolhido.

Tabela 2 - Características do módulo fotovoltaico escolhido

Marca	GLOBO SOLAR
Modelo	GBR315p
Tipo	Policristalino
Dimensões	1956x992x40mm
Peso	27kg
Potência Nominal Máxima (Pmax)	36.6V
Eficiência do Módulo	16,20%
Tensão de Potência Máxima (vmp)	36.6V
Corrente de Máxima Potência (imp)	8.61A
Tensão de Circuito Aberto (voc)	45.38V
Corrente de Curto Circuito (isc)	9.50A

Fonte: Globo Solar (2018)

Cada módulo possui potência de 315Wp e 72 células de silício policristalino, condição padrão de teste STC: temperatura ambiente de 25°C e irradiância de 1000W/m². Uma resistente camada de vidro temperado protege as células fotovoltaicas contra chuva, sujeiras e eventuais impactos, a moldura do painel é em alumínio anodizado fosco. O motivo pelo qual foi escolhido um modelo policristalino ao invés de monocristalino foi a temperatura da região que possibilita uma maior eficácia na geração de energia nos modelos de silício policristalino.

Para determinar a quantidade de painéis necessários utilizaremos o valor obtido no cálculo da área total fornecido pela Eq. 3, também será utilizado valor correspondente à área do painel fotovoltaico que foi escolhido para o projeto. Fazendo o quociente entre esses 2 valores obtemos a quantidade de painéis necessários. Nesse estudo foi dimensionado 430 painéis fotovoltaicos de 315W

Dessa forma, obteremos uma potência de pico equivalente a 135kWp e uma produção de energia elétrica anual estimada de 267703,38kW.

4.4.2 Inversores

O modelo de inversor que foi selecionado para compor o projeto é o INGECON SUN 110TL B220 da marca Ingeteam. As especificações técnicas podem ser analisadas na tabela 3.

Para a escolha deste modelo de inversor foi necessário atentar para os valores de corrente e tensão que são fornecidos pelos módulos fotovoltaicos, estes devem ser menores que o valor de entrada do inversor, da mesma forma que o valor de potência deve respeitar o valor de FDI (Fator de Dimensionamento do Inversor)

Tabela 3 - Especificações do Inversor de corrente.

Valores de Entrada (DC)	110TL B220
Alcance do campo de pot. PV recomendado	103 – 130 kWp
Alcance da Tensão MPP	405 – 820 V
Tensão Máxima	1000 V
Corrente Máxima	400A
Nº De entradas	4
MPPT	1
Valores de Saída (AC)	
Potência Nominal	110 kW
Corrente Máxima	368A
Tensão Nominal	220V Sistema IT
Frequência Nominal	50/60Hz
Cosseno Phi	1
Cosseno Phi Ajustável	Sim, Smáx=110 kVA

Fonte: Ingeteam (2018)

O Fator de Dimensionamento de Inversores (FDI) representa a relação entre potência nominal, corrente alternada, do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico, assim como mostra a Eq. 4.

$$FDI = \frac{P_{NCA}(W)}{P_{FV}(WP)} \quad (\text{eq. 4})$$

Onde:

FDI= Fator de dimensionamento do inversor;

$P_{NCA}(W)$ = Potência nominal em corrente alternada do inversor;

$P_{FV}(WP)$ = Potência pico do painel fotovoltaico;

A análise da literatura mostra que os valores inferiores de FDI recomendados por fabricantes e instaladores situam-se na faixa de 0,75 a 0,85, enquanto que o limite superior é de 1,05 (GALDINO, 2014).

Os valores obtidos pelos módulos fotovoltaicos e o inversor de corrente foram respectivamente de 102,29 W e 110 kwp. Dessa forma o resultado obtido com o cálculo do FDI foi de 0,87.

4.5 Estimativa de Custos e Análise de Investimento

Para a realização desta análise econômica são considerados gastos com painéis fotovoltaicos, inversores de corrente, estruturas de montagem, equipamentos elétricos auxiliares e também o custo com a instalação do sistema.

4.5.1 Custos com Equipamentos e Instalação

São tratados aqui custos com cabos e conexões, estruturas mecânicas de suporte aos painéis e também no que tange montagem e instalação do sistema propriamente dito, tais custos podem representar até 40% do investimento total. Para a estimativa destes custos será feita aqui utilização da tabela 4, fruto de um estudo realizado por Landeira 2013, onde foi feita uma análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica. CapEx representa o montante de dinheiro gasto na aquisição dos produtos.

Tabela 4 - Estrutura do CapEx para uma central geradora fotovoltaica

	CapEX		Porcentagem (R\$)
CapEx Módulos	2,47	R\$/Wp	40,76
CapEx Inversores	0,90	R\$/Wp	14,69
CapEXBos	1,70	R\$/Wp	28,05
CapEx Instalação	1,00	R\$/Wp	16,50
Total	6,07	R\$/Wp	100

Fonte: LANDEIRA (2013)

É importante destacar que os valores referentes aos inversores e painéis foram estabelecidos mediante uma pesquisa de mercado on-line, o preço dos painéis solares foi cotado com ajuda do site CivicSolar já os inversores na Autosolar. Estes valores podem ser conferidos na Tabela 5.

BoS que é mostrado na Tabela 5, faz referência a todos os componentes auxiliares à instalação, estão cotados aqui valores de: estruturas de suporte; cabos elétricos; quadros e proteções elétricas; sistema de proteção contra descargas atmosféricas e o sistema de monitoramento.

Tabela 5 - Custo Total do Sistema

Quantidade	Equipamento	Custo Total (R\$)	Custo R\$/wp	Porcentagem (%)
2	Inversor de Corrente	387.000,00	2,86	42
430	Painel Fotovoltaico	168.400,00	1,24	18
	Instalação	135.450,00	1,00	15
	BoS	230.265,00	1,70	25
	Total	921.115,00	6,8	100

Fonte: O autor

4.5.2 Análise de Investimento

Nesta etapa são utilizadas duas técnicas que são as mais recorrentes na literatura para análises de investimentos, são elas: VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

O valor presente líquido do fluxo de caixa é obtido subtraindo-se os investimentos iniciais de um projeto de valor presente das entradas de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo de oportunidade da empresa. O projeto deverá ser aceito quando seu VPL for positivo, o que

significa que ele proporcionará um retorno à empresa superior ao seu custo de capital (FREZATTI, 2008).

Quando se usa a TIR para tomar decisões de aceitação/rejeição, os critérios “... garantem que a empresa receba, pelo menos, o retorno requerido. Tal resultado deve aumentar seu valor de mercado e, portanto, a riqueza de seus proprietários” (GITMAN, 2010).

Para a realização desta análise foi adotado o método de projeção que as empresas de energia solar utilizam ao prepararem seus orçamentos. Portanto será utilizada aqui a tarifa de energia mais alta registrada durante o ano em estudo (2015) com um acréscimo estimado de 1% nos próximos anos, dessa forma poderemos constatar em qual ano o investimento passará a gerar lucro à instituição. Para o VPL será considerada uma TMA (Taxa Mínima de Atratividade) de 7,5% ao ano. Para a análise do investimento foram analisados dois cenários, variando apenas o tempo em questão, no caso 10 e 15 anos respectivamente.

No cenário 1 o investimento foi analisado levando-se em conta posteriores dez anos, foram então calculados o VPL, TMA e PAYBACK.

Realizados os cálculos foi constatado que em 10 anos o saldo acumulado já ultrapassa o valor total do investimento com o PAYBACK previsto para o 9º ano. O VPL torna-se positivo no 6º ano que é um tempo razoavelmente curto. Para esse período a TIR é de 20%, quase três vezes maior que a TMA, portanto tal investimento já seria viável caso considerássemos o tempo de 10 anos.

- PAYBACK = 9anos

- TMA = 7,5% ao ano

- VPL = R\$ 587.080,57

- TIR = 20%

- Total Acumulado (10 anos) = R\$ 1.291.493,03

Para um cenário de 15 anos tal investimento já se torna altamente atrativo com um saldo acumulado em geração de energia no 15º ano de R\$ 2.483.147,74 e o VPL cobrindo o valor total do investimento no ano 14. A TIR para essa projeção é de 23% mais que três vezes maior que a TMA.

5 Conclusão

O trabalho aqui desenvolvido teve como objetivo dimensionar um sistema solar fotovoltaico juntamente com um estudo de viabilidade econômica para atender a demanda energética do Instituto CENTEC, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios com base na análise econômica.

Com a realização deste trabalho foi possível concluir que atualmente no Brasil não é viável para fins de investimento a instalação de um sistema *offgrid*. É importante ressaltar também que o valor de investimento obtido aqui foi uma estimativa do real valor. Para a instalação dos painéis solares foi utilizado quase todo o espaço disponível no telhado da instituição, para o estudo da radiação solar foram utilizados valores correspondentes ao índice de incidência de raios solares, obtidos no site do CRESESB mediante as coordenadas do local estudado.

Com base nos valores obtidos com os cálculos do VPL, TIR e *PAYBACK* obtivemos que o investimento possui sim viabilidade econômica considerando um período de 10 a 15 anos, pois o *PAYBACK* será obtido no 9º ano, o VPL cobrirá o valor total do investimento em 14 anos.

A contribuição prática é a possibilidade de que este trabalho seja utilizado como base para aplicação em outros ambientes. A contribuição acadêmica está na publicação deste estudo de caso, permitindo a todos que se interessem pelo assunto um maior entendimento.

Como pesquisas futuras, fica a proposta de aplicação deste método em outras empresas para validar dados e aperfeiçoar o método de análise de viabilidade econômica para este tipo de negócio.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, Derek. **Keeping the Energy Debate Clean: How do We Supply the World's Energy**. Vol. 98, Nº 1, 2010.

ANEEL. **Fontes hidráulicas geram a maior parte da energia elétrica**, 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/fontes-hidraulicas-geram-a-maior-parte-da-energia-eletrica>> Acesso em: 28 março 2018.

CABRAL C. **Energia Fotovoltaica**. Universidade Federal de Viçosa. MG – Brasil, 2001.

- CRESESB – **Centro de Referência Para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>> Acesso em: 27 março 2018.
Disponível em:<<http://www.opec.org/library/Annual%20Statistical%20Bulletin/pdf/ASB2005.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2018.
- FADIGAS, E.AF. **A Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica**. Grupo de energia escola politécnica da universidade de São Paulo (GEPEA), São Paulo, 2004.
- FREZATTI, Fábio. **Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2008.
- GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- GLOBO BRASIL. **Fornecedor do painel solar**. Disponível em: <<http://www.paineisglobobrasil.com.br>> Acesso em: 08 março 2018.
- INGETEAM. **Fornecedor do Inversor**. Disponível em : <https://www.ingeteam.com/br/pt-br/energy/energia-fotovoltaica/s15_24_p/produtos.aspx> Acesso em: 10 abril 2018.
- LANDEIRA J. **Análise Técnico-Econômica sobre a Viabilidade de Implantação de Sistemas de Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil**. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.
- MARINOSKI, SALAMONI, RÜTHER. **Pré-Dimensionamento De sistema solar fotovoltaico estudo de caso do edifício sede do CREA-SC**. Santa Catarina, 2004.
- Organization of Petroleum Exporting Countries - OPEC .**Annual Statistical Bulletin**, 2005.
- PEREIRA OLIVEIRA, Denis Rafael. **Construção e Caracterização de Célula Solar Tipo Barreira SCHOTTKY CdTe/Al**. Viçosa –MG, 2011.
- PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.
- PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.
- QUASCHNING V. **Understanding Renewable Energy Systems**. Londres – Inglaterra, 2005. Disponível em: <<https://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/understanding-renewable-energy-systems.pdf>>. Acesso em: 23 abril 2018.
- VALLÊRA, António M.. **Meio Século de Historia Fotovoltaica**. Gazeta de Física.Lisboa – Portugal, 2010.
- VILLALVA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Editora Erica, 2012.