

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA-FINANCEIRA DO DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO LIGADO A REDE EM UMA UNIVERSIDADE FEDERAL LOCALIZADA EM MOSSORÓ-RN

João Paulo Rufino Gurgel Viana¹, Danielle Simone da Silva Casillo²

Resumo: No dia a dia das organizações, são intrínsecas as tomadas de decisões envolvendo somas consideráveis de recursos. A otimização na escolha dos futuros investimentos economicamente mais vantajosos se faz necessário, pois tais recursos se mostram escassos. O estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior localizada na cidade de Mossoró/RN. Para tal, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de estudo de caso. Para a análise da viabilidade econômico-financeira deste projeto, foram analisados o ¹payback descontado e o valor presente líquido. Os resultados mostraram que o projeto da implantação da usina como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável, considerando os dados projetados.

Palavras-chave: Viabilidade econômico-financeira. Energia solar fotovoltaica. Instituição de Ensino Superior.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura espacial na qual nossa sociedade está inserida atualmente, manifesta diversos desafios em relação a sua própria sustentabilidade. Desde os primórdios o homem estabeleceu uma relação predatória com a natureza, extraindo seus recursos e acarretando grandes impactos ambientais. A demanda atual de energia associada aos novos padrões de consumo não corresponde mais a disponibilidade dos recursos antes empregados, dando origem ao período de renovação, inclinado ao emprego de novas matrizes geradoras de energia renováveis.

Nesse sentido, o aproveitamento da energia solar para conversão em energia elétrica nos últimos anos adquiriu importância na participação da matriz energética no mundo. Destacando-se entre as demais por ser abundante e infinita, se comparada com o tempo terreno. O processo de conversão é realizado pelo Sistema Fotovoltaico (SF), que recorre ao efeito fotovoltaico característico às propriedades intrínsecas do material de seus componentes. Apesar da abundância de energia emitida pelo sol em forma de radiação que atinge a superfície terrestre, apenas um percentual é aproveitado dado a forma como a irradiação incide como também a fatores morfológicos. Nesse cenário, o Brasil possui vantagem no aproveitamento do recurso devido sua localização geográfica e dimensões continentais. Tais parâmetros, configuram ao território brasileiro uma média anual de insolação favorável ao aproveitamento, que varia em horas entre os estados. As regiões do país com maior irradiação são as regiões do chamado Cinturão Solar, área que vai do Nordeste ao pantanal e o Centro-Oeste, cujos valores giram em torno de 5,6 kWh/m²/dia (TORRES, 2012).

Quando se trata desse recurso tecnológico para geração de energia, mesmo com o crescimento apresentado nos últimos anos, considerando os custos para implantação, operação e manutenção, essa matriz ainda apresenta um valor elevado de investimento inicial. Em cada país existem inserções com preços mais acessíveis, decorrentes dos programas de incentivo do governo que ajudam a disseminar o uso da tecnologia. Dentre as técnicas no mundo financeiro, uma bastante empregada nesse contexto é a análise por fluxo de Caixa Descontado. O método tem por objetivo estimar a quantidade total de dinheiro que um investimento pode retornar, e se esse montante for maior que o valor investido, demonstra, geralmente, que vale a pena realizar o investimento. A viabilidade técnica diz respeito à avaliação dos possíveis impactos da inserção da geração fotovoltaica sobre a operação, e eficiência do sistema elétrico.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho possui a finalidade de apresentar uma análise da viabilidade técnico-econômica da implementação de uma usina fotovoltaica ligada a rede, no encargo de suprir a vila acadêmica da Universidade Federal Rural do Semiárido no Rio Grande do Norte - RN. Além da presente introdução, o artigo possui uma seção destinada ao embasamento teórico das variáveis que envolvem o tema

¹payback descontado: (payback = retorno), consiste no período de tempo necessário para recuperar o investimento, avaliando-se os fluxos de caixa descontados, ou seja, considerando-se o valor do dinheiro no tempo

abordado, em seguida, explicita a metodologia adotada no estudo, e posteriormente, é exposto resultados mediante a aplicação das ferramentas da modelagem econômica e financeira, e por fim, a apresentação das considerações finais sobre o estudo de caso.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, são abordados temas que embasam conceitualmente a problemática da pesquisa em questão. Nas primeiras subseções são descritas questões relacionadas a energia solar, na geração fotovoltaica e seu potencial, por fim, é apresentado na última subseção indicadores para análise de viabilidade econômico-financeiros do local em questão.

2.1. Energia solar

O aproveitamento da energia solar pelo homem existe direta e indiretamente ao longo de toda sua história. Entretanto a demanda por energia verificada nas últimas décadas em decorrência da acelerada expansão populacional refletida pelo avanço tecnológico, caracterizado por parâmetros sócio-econômicos, trouxe a atenção devida sobre os eventuais danos aos recursos ecológicos, evidenciando a necessidade de uma fonte de energia limpa e abundante capaz de atuar positivamente nesse quadro. Nesse sentido, as fontes renováveis de energia aparecem como possível solução para essa problemática (EPE, 2012)

Para um desenvolvimento econômico e social sustentável os países devem ter a constante preocupação com a preservação ambiental, provendo mecanismos que acentuem o desenvolvimento tecnológico sustentável em consonância com a economia. O sol como fonte limpa de energia elétrica é um recurso recente no quadro das tecnologias renováveis. A principal vantagem na utilização dessa fonte juntamente com as demais matrizes renováveis é a ausência de emissão de gases poluentes, tendo em vista que essa ainda possui uma expressiva participação na produção energética do país (RUTHER 2000; RUTHER et al, 2004).

Outra tendência que acompanha o uso dessa fonte é a geração distribuída, onde os pontos de geração são estabelecidos próximos aos pontos de consumo, alterando significativamente no modo como tem sido gerado e consumido eletricidade. Dentre as energias renováveis que podem ser desenvolvidas, a energia solar é uma opção viável. Os Sistemas Fotovoltaicos (SF), que se baseiam no efeito fotovoltaico que converte a radiação solar em energia elétrica, são relevantes em instalações remotas, sendo empregada em projetos sociais, agropastoris, de irrigação e comunicações, contando de um potencial na geração de energia de forma prática na captação da radiação solar (EPE, 2016).

Apesar de serem fontes cuja a tecnologia empregada seja inicialmente mais cara, o sistema de leilões associados a contratações de longo prazo viabiliza o financiamento dos projetos. Adicionalmente, a adoção desse modelo juntamente as resoluções da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) trouxeram mais segurança aos investidores no mercado competitivo do país. Com base no Balanço Energético Nacional de 2017, as hidrelétricas ainda são a matriz energética primária totalizando 68,1% de toda energia gerada, uma diminuição de 3,6% desde 2009 (ANEEL, 2015).

2.2. Potencial solar disponível

A composição do sol consiste de uma mistura de gases, a fusão nuclear que ocorre em seu interior converte hidrogênio em hélio, liberando uma grande quantidade de energia no processo. Dessa liberação de energia derivam várias outras fontes energéticas primárias da terra, como a eólica, hidráulica, biomassa e outros combustíveis. Ademais a energia solar é descrita como a energia que chega à superfície da Terra em forma de ondas eletromagnéticas ou fótons. Esta, quando comparada com outras fontes de energia, se destaca por ser abundante e não ser poluente, tanto como fonte de calor como de luz, principalmente quando referenciada a escala de tempo terrestre. O sol irradia de forma constante alcançando $6,41 \times 10^7$ Joules $m^{-2}s^{-1}$. Entretanto ao longo da atmosfera a radiação sofre reflexão, absorções pelos gases e dispersões. Segundo PINHO (2014.) apenas 47% do total de irradiância solar incidente sobre a superfície é absorvida. Segundo Agencia Internacional de Energia de 2014, essa quantia de energia totaliza cerca de 885 milhões de TWh/ano (Terawatt-hora por ano), equivalente a mais de dez mil vezes o consumo de energia mundial no mesmo período (IEA, 2014)

Um dos dados mais recentes sobre o potencial mundial de aproveitamento dessa fonte consiste no Global Solar Atlas, produzido pelo Banco Mundial em conjunto com a Aliança Internacional de energia Solar (ISA). Disponível de forma gratuita na web. O mapa faz uso de dados do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e permite a aproximação a áreas com grande detalhe, com uma resolução espacial de 1km, conforme é mostrado na Figura 1.

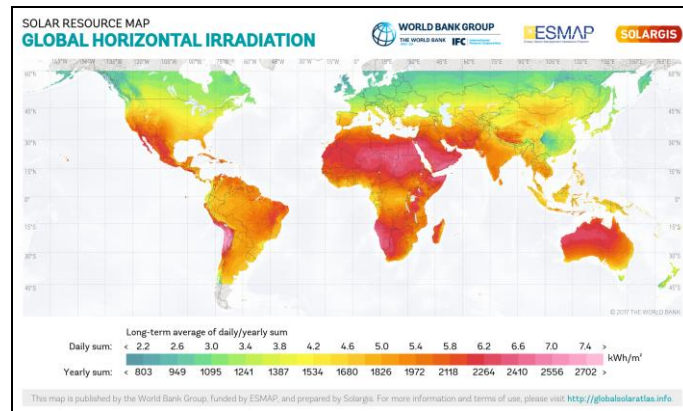


Figura 1- Mapa demonstrativo de irradiação horizontal global
Fonte: <http://globalsolaratlas.info>

É possível observar na Figura 1, que a maior incidência de raios solares ocorre nas regiões que estão mais próximas da linha do equador, ou seja, nas regiões tropicais e equatoriais. Na análise do mapa da irradiação horizontal global mundial, foi possível aferir que as regiões com maior irradiação são: o deserto do Saara, o norte da Austrália, o sul da África (Namíbia), o oeste da América do Sul (Chile) e o Oriente Médio (Arábia Saudita), sendo todas elas, regiões desérticas e com alto potencial para a utilização do recurso. Fatores como a posição geográfica e a extensão territorial do Brasil evidenciam o grande potencial do uso da energia solar. O Mapa de Distribuição da Irradiação Horizontal Global (IHG) do Brasil, configura um mapa mais detalhado que apresenta uma média anual de insolação diária no território brasileiro, com variação em horas de um estado para outro, devido as diferentes características geográficas e climáticas em sua extensão.

Um estudo elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INEP) com base nos dados do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) traçou o mapa de produção de energia solar no território nacional, as regiões do país com maior irradiação são as regiões do chamado Cinturão Solar, área que vai do Nordeste ao pantanal e o Centro-Oeste, cujos valores giram em torno de 5,6 kWh/m²/dia. Uma vez que radiação sofre flutuações devido ao ponto de referência, latitude e época do ano, o índice de insolação se apresenta irregular até mesmo nas regiões principais citadas. Dentre as principais, o Nordeste se destaca no potencial solar devido ao clima predominantemente semiárido altos níveis de insolação durante todo o ano, por possuir baixa pluviosidade e umidade (BANDEIRA,2012; ANEEL, 2015).

2.3. Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. O Efeito Fotovoltaico foi descrito pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que notou a presença de uma tensão entre os eletrodos de uma solução de selênio, quando esta era iluminada pelo sol. Posteriormente o efeito fotovoltaico passou a ser estudado em sólidos. Atualmente as tecnologias que se apropriam do efeito fotovoltaico para geração de energia utilizam de materiais compostos por silício dopado (ROSA,2007; CRESESEB,2008).

Para entender melhor o processo é necessário ter conhecimento dos componentes que envolvem a tecnologia, a fonte e a forma como interagem. A fonte, no caso a luz solar, é composta por fótons ou partículas que empacotam a energia. As quantidades de energia empacotada nessas partículas variam e correspondem a diferentes comprimentos de onda do espectro solar. Os fótons quando absorvidos pelos painéis, possuem a energia transferida para os elétrons em um átomo da célula, que por vez é um semicondutor. A energia transferida excita os elétrons livres para níveis de energia maiores, mas os elétrons tendem a relaxarem e retornarem ao estado inicial de energia (ANEEL, 2008).

2.3.1 Painéis Fotovoltaicos

A base de funcionamento dos Sistemas Fotovoltaicos (SF) não sofreu muitas alterações desde sua implementação no segmento de energias renováveis. A partir do escopo inicial, foram sendo implementadas modificações no material que aumentasse o rendimento. Uma das principais características dos sistemas fotovoltaicos é a modularidade, o que permite o dimensionamento com proporção exata da demanda. O arranjo da tecnologia podendo ser classificado em sistemas interligados à rede, autônomos e híbridos que, em geral, necessitam de algum tipo de armazenamento no sistema as células solares ou fotovoltaicas são os elementos responsáveis pela captação e transformação da energia solar em elétrica a partir de propriedades semicondutoras dos materiais, produzindo geralmente potências elétricas da ordem de 1,5 W (Watts). Para obter valores maiores de potência, as células são interligadas entre si em série e/ou paralelo, que são chamados de módulos, conectados

entre si formando painéis. As células que compõem os painéis são em sua maioria, produzidas com material de silício. O uso do silício como componente principal na fabricação das células se dá pela sua abundância na superfície terrestre ressaltando que se apresenta cerca de 100 vezes menos tóxico que as demais empregadas e podem ser encontradas em três tipos diferentes. Podem ser de silício cristalino (c-Si), que se subdividem em monocristalino e policristalino, ou podem ser de silício amorfo (a-Si) (ABSOLAR, 2016).

A célula solar de silício monocristalino é historicamente a mais utilizada como conversor da energia. O painel monocristalino é produzido a partir do crescimento de um único cristal, chamado de cristal semente. O processo para se obter a pureza necessária do silício ocorre em reatores sob atmosfera controlada, com velocidades de crescimento de cristal extremamente lentas, acompanhado do processo de dopagem em elevadas temperaturas. Esse tipo de estrutura é uniforme, produzindo uma cor azul estável e sem marcas de grão, dando-lhe a melhor pureza e consequentemente níveis de eficiência elevados, resultando em uma performance máxima de 25%. Esse processo demanda de muita energia, elevando os custos de fabricação. (Shash, 1999).

Enquanto que as células policristalinas apresentam um nível de eficiência menor, variando de 8 a 15% de acordo com o fabricante. A produção é feita com o derramamento do silício fundido em um molde. O método acarreta em imperfeições na formação do cristal. Essa imperfeição cristalina somada as impurezas tornam a tecnologia menos eficaz porém de menor custo. Diferentemente das demais estruturas cristalinas, a amórfica possui um alto grau de desordem na estrutura atômica. Seu processo de produção ocorre em temperaturas relativamente baixas, cerca de 300° C, esse aspecto permite que sejam assimilados a produtos de baixo custo, como vidro, alguns plásticos e outros materiais. A baixa eficiência apresentada por esse material varia de 5% a 8%, ideais para aplicações que demandam de baixo consumo elétrico, como calculadoras (Shash, 1999).

2.3.3 Sistemas On-Grid, Off-Grid e Híbridos

Em aplicações de média potência, os sistemas podem apresentar três tipos distintos de operação, são os sistemas ligados à rede (On-Grid), os isolados ou autônomos (Off-Grid) e os híbridos. Nos sistemas conectados à rede não existe a necessidade do banco de baterias para armazenamento, a própria rede elétrica atende a essa finalidade. Para tanto, quando há excedente na quantidade de energia gerada pela captação solar, a mesma é lançada na rede elétrica, gerando pontos de desconto. Quando a produção de energia elétrica for inferior ao consumo demandado, a energia em falta será fornecida pela rede. Nos centros urbanos os usos de equipamentos de resfriamento são facilmente atendidos já que geralmente coincidem com os picos de geração, aliviando os picos de consumo da rede (ANEEL 2008).

A utilização de sistemas isolados à rede é de maior interesse em regiões mais remotas, devido a desfavorável distribuição da rede pública, por questões econômicas ou geográficas. Nesse tipo de formatação as baterias são elementos indispensáveis, uma vez que a captação de energia é descontínua, o banco de baterias é responsável por suprir a demanda energética no período sem incidência solar. Devido a necessidade do equipamento de abastecimento no período em que o recurso é insuficiente, o sistema autônomo demanda de manutenção mais frequente com tempo de vida útil menor, podendo aumentar o custo total (ANEEL 2008).

O escopo do sistema híbrido possui os mesmos componentes dos sistemas autônomos, podendo ou não estar conectado à rede. Além de ser empregada juntamente a outras tecnologias de conversão de energias renováveis, por exemplo, a eólica. Neste modo de operação além da economia é permitida um maior grau de confiabilidade para cargas prioritárias e autonomia conforme uma fonte de energia secundária, o que difere do sistema fotovoltaico convencional (ANEEL 2008).

2.4. Panoramas mundial e nacional

A Alemanha, a Itália, o Japão, a China, a Espanha e os EUA são os países mais desenvolvidos no aproveitamento energético a partir dos sistemas fotovoltaicos. Um dos principais fatores são os programas de incentivo na produção e utilização da tecnologia. Segundo a Agencia Internacional de Energia de 2015, a capacidade deste ano era de 227 Gwp² (gigawatt-pico), imprimindo um aumento de 25% referente ao ano de 2014. Ainda no ano de 2015, a China passou a liderar a capacidade total instalada, com 45,5 GWp. Os investimentos na tecnologia aumentaram a competitividade e reduziram significativamente os preços de instalação de médio e grande porte ao passo que aperfeiçoaram mais a eficiência dos Sistemas Fotovoltaicos. Esse comportamento é refletido na capacidade instalada que em 2016 registrou um valor de 380GW, apresentada como uma das principais geradoras de empregos renováveis no mundo (MME, 2009; REN21, 2016).

No Brasil, com a Resolução Normativa N° 482 da ANEEL feita em 2012, seguido dos leilões como modelo de compra de energia, que envolve projetos de grande porte, foram importantes para a difusão da tecnologia no quadro energético brasileiro. Em 2014 ocorreu o LER, o primeiro Leilão de Energia de Reserva, com a ausência de outras fontes concorrentes no sentido de promover o crescimento da tecnologia no país com um total de 400 projetos cadastrados. O ano seguinte, segundo a ANEEL, registrou-se um total de 13,4 MW(megawatt) conectados à rede (ANEEL, 2015).

Segundo a Resenha Energética Brasileira de 2017, referente ao ano de 2016, revela que a participação da oferta interna de energia é da ordem de 61MWp instalada, gerada por 8.691 Usinas Fotovoltaicas. Segundo estimativa emitida pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar 2017), os investimentos

efetuados no ano de 2017 no setor, posiciona o Brasil entre os 30 principais geradores dessa fonte no mundo. Nos últimos anos o crescimento da instalação de sistemas fotovoltaicos tem apresentado equilíbrio entre as de grande porte (usinas solares) e os sistemas distribuídos. Em anos anteriores os sistemas distribuídos em regiões urbanizadas não demonstravam aspecto viável devido o prazo de recuperação do investimento, ou *payback*. O principal fator contributo a esse equilíbrio se dá aos investimentos de grandes empresas e ao incentivo governamental sobre a tecnologia, permitindo uma acessibilidade direta dos consumidores (ABSOLAR, 2017).

O Brasil é um dos poucos países do mundo, que recebe insolação superior a 3000 horas por ano. A região Nordeste figura como a região líder do território brasileiro no potencial de aproveitamento da tecnologia, possuindo dentre as demais regiões o maior índice de insolação. Ainda assim o quadro de desenvolvimento é lento quando equiparado ao potencial resignado a essa região. Um passo importante foi dado nesse aspecto pelo Banco do Nordeste (BNB) com o lançamento de uma linha de financiamento direcionada para a implementação de projetos de micro e mini geração de energia pelo Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste -FNE, titulado de FNE SOL (BANCO DO NORDESTE), destinado a empresas agroindustriais e comerciais. O projeto além de incentivar a difusão da tecnologia se alia ao contexto econômico presente em regiões menos favorecidas como o semiárido (BNB, 2017).

Ainda na região Nordeste, existem projetos de grande porte em funcionamento. A Enel Green Power Brasil Participações Ltda, no ano de 2015 ficou responsável pela construção do Parque Solar Nova Olinda no Estado do Piauí, ocupando quase 700 hectares com capacidade de produção de 600Gh/ano. No interior da Bahia o Parque Solar da Lapa entrou em operação em junho de 2017, também construída pela Enel Green Power. O projeto é dividido em duas plantas, Bom Jesus da Lapa capaz de produzir 80 MW e a Lapa com capacidade de geração de 78MW. As projeções futuras são positivas para o crescimento da capacidade instalada no país com demais projetos em execução (Enel,2016).

2.5. Indicadores para análise de viabilidade econômica do projeto.

Nesta subseção é apresentada uma breve revisão de literatura em relação aos diferentes tipos de indicadores de viabilidade econômico-financeira, que variam de acordo com o projeto. No intuito de analisar a viabilidade da energia solar fotovoltaica serão analisados os *payback* descontado e o valor presente líquido, que são apresentados na literatura como umas das ferramentas mais difundidas.

2.5.1. Payback descontado e Valor Presente Líquido (VPL)

O tempo de retorno do investimento em energia solar ou *payback* representa o tempo necessário para que o custo de instalação se pague. Normalmente o cálculo é feito pelo levantamento do custo total do investimento dividido pela economia proporcionada mensalmente. O método pondera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para apurar o número exato de períodos, em que o projeto recupera o valor inicial investido. O retorno sofre interferência de fatores de radiação solar, tarifas de energia elétrica da cidade, e outras condições como o tamanho do projeto instalado e o fornecedor escolhido (Lemes Júnior, Rigo e Cherobin 2002).

O VPL consiste em uma métrica direcionada ao cálculo do valor presente de uma sucessão de pagamentos futuros, deduzindo uma taxa de custo de capital. Segundo SOUZA (2013,p 74), o valor líquido corresponde “a diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário”. O VPL é uma técnica de orçamento que considera na base de cálculo o peso do dinheiro no tempo. Resumidamente, o VPL permite trazer para o presente todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento, somando-o ao montante inicial, possibilitando avalia-lo de forma a investigar sua viabilidade. Ressaltando que esse conhecimento é fruto da matemática financeira (GITMAN, 2007).

Os resultados possíveis do VPL podem ser positivos, negativos ou neutros. Cada um desses resultados representam um panorama diferente, onde o investimento é inviável para um VPL negativo, executável para um resultado positivo que indica a valorização do investimento. Quando apresentado o resultado neutro, condiz com um investimento equilibrado, sem prejuízo. Para Evangelista (2006), as principais vantagens no método consistem na utilização do fluxo de caixa (lucro líquido + depreciação) em lugar do lucro líquido, analisa o valor do dinheiro no tempo, possibilita identificar o risco de investimento. Como desvantagem, projetos com grandes montantes iniciais tendem a apresentar um VPL maior que os projetos com baixos valores iniciais, dando ao investidor a falsa impressão de que os grandes investimentos são mais vantajosos que os pequenos EVANGELISTA (2006)

3. METODOLOGIA

A pesquisa quanto aos seus objetivos é caracterizada como descritiva, pois considera os aspectos da formulação das perguntas que norteiam a pesquisa. Possui o aspecto quantitativo por apresentar apuração de dados e diagnostico posterior dos mesmos. No que condiz aos objetivos, é caracterizada como uma pesquisa exploratória, realizada por meio de um estudo de caso em uma instituição de ensino superior localizada no estado do Rio Grande do Norte, através de uma abordagem que busca informações mais explícitas sobre o

assunto. Segundo Gil (2002), esse tipo de pesquisa possui uma abordagem com caráter mais flexível e assume a forma de estudo de caso, pois foi realizada uma exploração na estrutura da instituição analisada.

O estudo contempla inicialmente a coleta de dados diretamente da instituição a partir do levantamento de cargas (iluminação, aparelhos eletrônicos, eletrodomésticos, entre outros), demanda média e os períodos de picos, bem como fatores inerentes as condições ambientais da região, haja vista a interferência direta na eficiência do sistema. O dimensionamento foi direcionado ao tipo de sistema ligado a rede, ou seja, um sistema que dispensa o uso de bancos de baterias estacionárias.

Em seguida foram realizados os cálculos da demanda energética com base no perfil de cargas, os cálculos que indicam o levantamento dos materiais (coletores, inversores e demais) e cotação com os fornecedores. Tendo em vista encontrar os melhores materiais para aplicação, considerando os de menor custo, com o objetivo de diminuir o custo de investimento. Por fim, foi executado o cálculo do investimento inicial e posteriormente feita a análise técnico-econômica através do *payback* que consiste no período necessário para que se recupere o investimento inicial em um projeto, onde é calculado a partir das entradas de caixa enquanto que o valor presente líquido trás ao valor atual os saldos de caixas projetados, seguido do valor presente líquido.

Em seguida, foram realizadas análises técnicas dos sistemas propostos pelos possíveis fornecedores, incluindo painéis solares, inversores de frequência, entre outros itens necessários ao processo de construção da central de geração ligada a rede. Para os cálculos da geração de energia, foram considerados dados como a localização na qual a instalação será proposta, radiação solar no local (horas de sol equivalente/dia), potência e tensão elétrica dos painéis solares, rendimento dos painéis solares seguindo as especificações do fabricante e por fim o cálculo do investimento necessário para instalação do sistema proposto.

4. ESTUDO DE CASO

Nesta seção, são apresentadas todas informações relativas ao sistema fotovoltaico proposto, bem como a análise econômico-financeira do projeto.

4.1. Caracterização da empresa

A pesquisa foi realizada em uma Universidade Federal, uma instituição pública federal de ensino superior brasileira. A organização, localizada no município de Mossoró-RN, está há 13 anos em atuação e dispõe de graduações, pós-graduação, mestrado e doutorado, bem como moradia para alunos que venham a se enquadrar nas condições pautadas para ocupação da vaga na vila acadêmica. O estudo se concentrou na implantação de um Gerador Fotovoltaico ligado à rede, de modo que esta venha a suprir as necessidades da vila acadêmica masculina.

4.2. Instalação do sistema fotovoltaico

O sistema projetado deve ser conectado diretamente à rede de energia elétrica existente na universidade, fundamentado no fato de que o sistema deve gerar mais eletricidade do que o limite estabelecido para consumo. O sistema fotovoltaico opera em paralelo com a rede elétrica, isto possibilita dispensar o uso do banco de baterias. Vale ressaltar que o sistema conectado à rede é regulamentado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Na regulamentação consta, entre outras informações, o que é necessário para proceder à regularização da geração distribuída, quais os impostos envolvidos e como funciona o sistema de compensação energética no caso da energia excedida na geração injetada na rede.

Para o dimensionamento adequado do sistema fotovoltaico é necessário considerar a quantidade média diária de sol do local onde o mesmo é instalado, pois, a mesma impacta no rendimento dos módulos. Os dados utilizados nesse trabalho foram extraídos do programa *²SunData, destinada ao cálculo da irradiação solar diária mensal em qualquer ponto do território nacional. O programa compila o banco de dados do Atlas Brasileiro de energia Solar – 2º Edição, que foi produzido pelo Centro de Ciência do Sistema terrestre (CCST) do Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do seu Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) (CCST/LABREN/INPE, 2017). O programa é fornecido gratuitamente na web pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB). É apresentado na Figura 2 um esquema da variação sazonal da irradiação global diária média mensal incidente em superfícies com diversas inclinações.

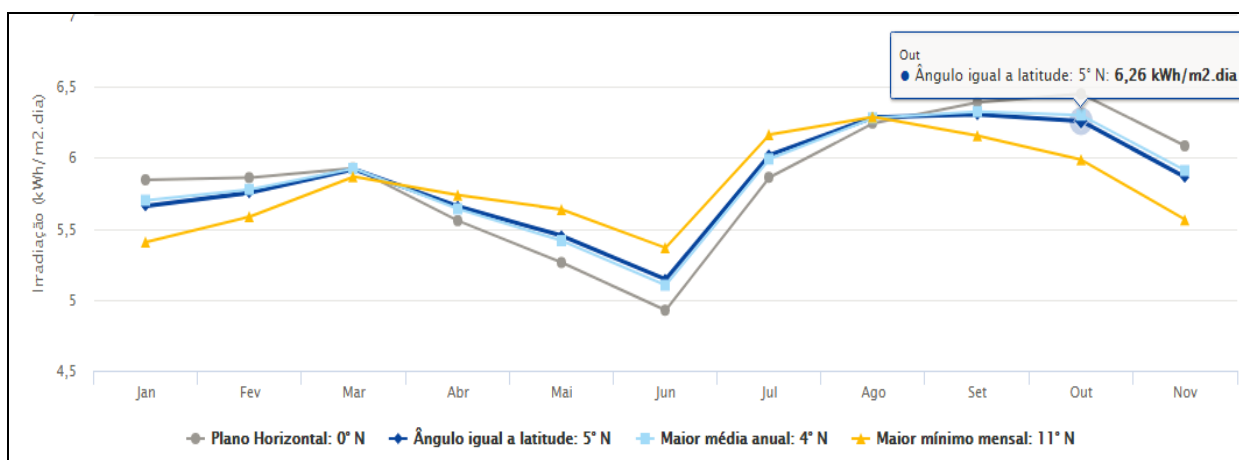
* SunData : Cálculo disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>

Estação: Mossoro Município: Mossoro , RN - BRASIL Latitude: 5,201° S Longitude: 37,349° O Distância do ponto de ref. (5,200864° S; 37,325631° O): 2,6 km																
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Plano Horizontal	0° N	5,85	5,86	5,93	5,56	5,26	4,93	5,21	5,86	6,24	6,39	6,45	6,08	5,80	1,52
☑	Ângulo igual a latitude	5° N	5,66	5,75	5,92	5,66	5,45	5,14	5,43	6,02	6,29	6,30	6,26	5,86	5,81	1,16
☑	Maior média anual	4° N	5,70	5,78	5,92	5,64	5,42	5,10	5,39	5,99	6,28	6,32	6,30	5,91	5,81	1,22
☑	Maior mínimo mensal	11° N	5,41	5,59	5,87	5,74	5,64	5,37	5,64	6,16	6,29	6,16	5,99	5,56	5,78	,92

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

Um fator importante a ser considerado na análise de um gerador fotovoltaico, é que o mesmo não deve ser instalado em superfície horizontal. A fim de evitar acúmulo de sujeira, consequentemente diminuindo os custos com manutenção como também a interferência na geração. Desta forma é indicado instalar o gerador pelo menos com uma inclinação mínima. Nesse sentido, estudos mostram que a produção anual de energia de Sistemas Fotovoltaicos com arranjos fixos é otimizada quando este é orientado para o norte geográfico e com inclinação igual à latitude do local de instalação (ABINEE, 2012).

Em razão a interferência direta no aproveitamento da radiação solar, gerada pela variação de incidência solar durante os meses do ano, foi adotada para o dimensionamento desse projeto a latitude local de 5° N (5 graus a norte do plano equatorial da terra) para a inclinação do arranjo fotovoltaico, os mesmos direcionados ao norte geográfico a fim de possuir o maior aproveitamento possível. Por meio da Figura 3, é possível verificar que na cidade onde foi feita a análise, a média anual de irradiação gira em torno de 6,26 KWh/m².dia. Os meses de Setembro a Novembro apresentam a maior incidência de sol, enquanto que os meses de Maio e Junho registraram as menores incidências, com menos de 5,15 KWh/m².dia.



Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

Outro dado importante para a procedência do dimensionamento do projeto é o levantamento de cargas, uma vez que esse valor irá definir a quantidade necessária de painéis para suprir a demanda do consumo. O levantamento considerou as potências de cada carga, quantidade de cargas do mesmo tipo e também o tempo de uso durante o dia, assim obtendo a unidade de Wh/dia. Na Tabela 1 são apresentados os valores aproximados de potência, uso e consumo na Tabela 1.

Tabela 1- Levantamento do sistema (17 casas)

Aparelhos	Tensão (V)	Potência (W)	Quantia	Uso (h/dia)	Consumo (kWh/dia)
Lâmpadas	12 cc	20	187	12	44,880
Geladeira	220 ca	250	17	24	102,000
Cafeteira elétrica	220 ca	725	04	1	2,900
Ventilador	220 ca	100	204	12	244,800
Torradeira	220 ca	800	17	0,50	6,800
Gelágua	220 ca	160	02	24	7,680
Liquidificador	220 ca	290	17	0,16	0,789
Carregador/celular	12 cc	5	204	4	4,080
Perdas do inversor		465	-	24	11,160
Total	09	2.815	-	-	425,089

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Vale ressaltar que a perdas do inversor ponderam 20% do total da potência das cargas em corrente alternada (CA). Essas informações quando acrescentadas dos dados solarimétricos obtidos pelo programa SunData apresentados na Figura 2, em função da inclinação sugerida ao projeto de acordo com a latitude local de 5°N, permitiram determinar a potência nominal necessária a ser gerada pelos painéis. A avaliação foi feita assumindo o consumo médio levantado na Tabela 1, considerando que para um dimensionamento mais exato é recomendável adotar o valor referente ao mês crítico, correspondente nos dados a 5,14 kWh/m². Através da aplicação da Equação 1 determina-se a Potência Nominal Instalada (Pcc) necessária para atender a demanda do projeto.

$$Pcc = (E/G_{poa})/R \quad (1)$$

onde

Pcc= Potência média necessária (KW_{pcc});

E= Consumo médio (w)

G_{poa}= Ganho por radiação solar: Média mensal do total diário (Kwh/m²/dia)

R= rendimento do sistema (%)

Desta forma, para um rendimento de aproximadamente 98% (valor do modelo de inversor de corrente utilizado), seria necessária uma geração solar de 84,39 KW_{pcc} (quilowatt hora de potência média necessária) para atender as necessidades diárias de consumo do projeto. A partir deste valor é possível estimar a área total a ser ocupada pelos painéis. Cada tecnologia de painel fotovoltaico possui diferentes graus de eficiência de conversão, para este projeto o painel adotado é dotado de 16,47% de alta eficiência. Assim, através da divisão da potência média necessária pela eficiência do painel encontra-se uma área resultante (Equação 2).

$$A_{total} = Pcc/Eff \quad (2)$$

onde:

A_{total} = Área de painéis (m²);

Pcc= Potência média necessária (KW_{pcc})

Eff= Eficiência do painel (%)

O valor encontrado a partir da equação, corresponde a uma área total de 513 m², espaço esse existente na lateral da vila acadêmica. A proximidade do espaço físico do gerador em relação ao ponto de distribuição é relativamente curta, o que torna a projeção dos gastos com a interligação com a rede e o restante das conexões ideal para a abreviação. Na Tabela 2, é descrita as características do Pinel Solar Fotovoltaico 265Wp - Canadian CSI CS6P – 265P – BR, escolhido para o projeto.

Tabela 2 - Especificações técnicas do painel de 250 Wp de energia solar*

Dimensões (mm)	1638 x 982 x 40 mm
Tipo de Célula	Policristalino
Máxima Potência (Pm)	265 Watts
Tolerância	0 / 5 Watts
Voltagem de Máxima Potência (Vm)	30,6 Volts
Corrente de Máxima Potência (Im)	8,66 Amps
Voltagem de Circuito Aberto (Voc)	37,7 Volts
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9,23 Amps
Voltagem Máxima do Sistema	1000 Volts

Faixa de Potência Pannel	Acima de 155 Wp
Eficiência do Pannel	16,47%
Coefficiente de Temperatura da Potência(Pm)	-0,41 %/°C
Coefficiente de Temperatura da Corrente(Isc)	0,053 %/°C
Coefficiente de Temperatura da Voltagem(Voc)	-0,31 %/°C
Temperatura Nominal de Operação de Célula (TNOC/NOCT)	45±2°C
*Condição padrão de teste STC/CPT: Irradiação de 1.000 W/m², Espectro de Massa de Ar 1.5 e Temperatura de Célula de 25°C	
Fonte: www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-265wp-canadian-csi-cs6p-265p.html	

Tabela 3 - Especificações mecânicas do painel solar

Dimensões do painel (mm)	(1638 x 982 x 40) mm
Código IP da caixa de junção	IP 67, 3 diodos
Número de células e tipo	60, Silício Policristalino
Peso do módulo (Kg)	18,0 kg
Vidro, tipo e espessura	Vidro Temperado de Alta Transmissividade, liga de alumínio anodizado, Vidro Temperado 3,2mm
Fonte: www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-265wp-canadian-csi-cs6p-265p.html	

O Pínel Solar Fotovoltaico 250Wp (watt pico) - Canadian CSI CSP – BR é classificado pelo Inmetro (O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) com Classe A, pertence a uma nova linha de painéis fotovoltaicos, chamada *Quartech*. Agregada de aperfeiçoamento tecnológico na integração das células que o compõem, o que acresce a potência e a confiabilidade no sistema quanto ao rendimento a longo prazo. A fabricante Canadian Solar garante no serviço 25 anos de seguro na cobertura mundial do termo de garantia. Para efeito de projeto, estes são os dados levados em conta para o dimensionamento da quantidade de painéis e o inversor.

O inversor, componente dedicado a conversão da corrente contínua gerada pelo arranjo em corrente alternada, deve atender aos padrões da rede elétrica local. Dentre outras funções desempenhadas por esse componente, é apresentado o Rastreamento do Ponto de Máximo de Potência (MPPT – *Maximum Power Point Tracking*), através do controle da corrente e tensão, esse sistema é capaz de fazer ajustes para manter os módulos fotovoltaicos operando perto do seu ponto de maior potência, que varia de acordo com a radiação solar incidente. Atua também na desconexão e isolamento à rede, do gerador, em caso os níveis de corrente, tensão e frequência não estejam dentro da faixa aceitável dos padrões da rede elétrica ou também do lado da corrente contínua.

Neste projeto o inversor escolhido foi do tipo *ongrid*, distribuído pela *Renovigi*, modelo ST 20000TL com potência de 20 KW. A quantidade estimada de inversores é ponderada em condição da potência média necessária já calculada, uma vez que um gerador costuma entregar menos de sua potência nominal máxima dimensionada em detrimento de interferência por nebulosidade e por baixa irradiação. Desta forma, a quantidade de inversores é suficiente para suprir as necessidades do projeto, mesmo para os meses com valores maiores de irradiação que permitam ao gerador uma produção elevada.

4.2.1. Investimento em equipamentos para instalação do sistema e geração de energia.

Com base nos dados coletados, o sistema proposto para a Instituição de Ensino Superior em estudo é composto dos equipamentos descrito na Tabela 4, com os respectivos investimentos necessários.

Tabela 4 – Investimento do Projeto

Material	Quant.	Valor R\$ (un.)	Valor total R\$
Painel Solar Fotovoltaico 265Wp - Canadian CSI CS6P-265P – BR	338	700,00	236.600,00
Inversor “on grid”, distribuidor Renovigi, fabricante B&B Power, modelo ST 20000TL, potência de 20,0kW.	5	13.400,00	67.000,00
Suporte de fixação de painéis	338	196,80	66.518,40
Comissionamento e star-up	1	12.000,00	12.000,00
Interligação com a rede de energia existente		7.500,00	7.500,00
Painel de proteção e distribuição de energia fotovoltaica (PPDEF)	1	9.200,00	9.200,00
Instalações elétricas das placas fotovoltaicas	1	62.000,00	62.000,00
Projeto Elétrico	1	22.000,00	22.000,00
Total			482.822,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Os painéis solares, descrito na tabela 4, serão instalados na área designada no projeto posicionada na lateral

do conjunto residencial da vila acadêmica. Os quais estarão fixados em estruturas de aço. Os inversores e painéis, bem como a conexão com a rede elétrica existente estarão localizados em uma sala específica na lateral da usina, para facilitar a manutenção e gerenciamento do processo de produção de energia elétrica. O Comissionamento e *Start-up* de instalações referem-se a procedimentos de Boas Práticas de Engenharia e devem ser aplicados nos mais diversos setores da Indústria. Todo e qualquer tipo de instalação deve ser comissionada e deve passar pelo *start-up*. segundo o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), o comissionamento é a atividade que consiste em conferir, testar e avaliar o funcionamento de máquinas, equipamentos ou instalações, nos seus componentes ou no conjunto, de forma a permitir ou autorizar o seu uso em condições normais de operação. Enquanto que o *start-up* consiste basicamente no acionamento ou energização das máquinas e dispositivos que compõe uma instalação. Ressaltando que essas atividades devem ser realizadas pelos fornecedores de equipamentos e sistemas e não pelo cliente final. Nesse sentido, o projeto elétrico, comissionamento e *star-up* serão feitos por uma empresa especializada da própria cidade. O projeto elétrico deve ser descrito e encaminhado à concessionária de energia local para avaliação e provação, haja vista que este procedimento é uma exigência da própria concessionária, com objetivo de garantir a segurança e bom funcionamento do sistema. Verifica-se que o investimento em equipamentos para instalação do sistema e geração de energia através de painéis fotovoltaicos, conforme pode ser visualizado na Tabela 4, é de R\$ 482.822,00

4.2.2. Análise da viabilidade econômico-financeira do projeto.

A análise do valor presente líquido (VPL), considera os saldos de caixa futuros de um empreendimento, onde são descontados o valor presente ponderando a uma determinada taxa de juros. Essa taxa de juros, ou retorno, é geralmente estabelecida pelo investidor. Os cálculos do valor presente líquido é apresentada na Equação 3.

$$VPL = \sum FC_t / (1+k)^t \quad (3)$$

onde:

VPL = Valor presente líquido

FC_t = É o fluxo de caixa para o período t

K = É a taxa de retorno mínima exigida, ou TMA

A energia atualmente consumida pela Instituição de Ensino Superior é fornecida pela companhia energética do estado. Após analisar as faturas de energia elétrica da instituição, foi possível perceber que o valor médio do kWh pago para o fornecedor equivale a R\$ 1,66 kWh. Ao considerar um custo do kWh de R\$ 1,66 e a possibilidade de geração média mensal do sistema proposto de 2.531,7 kWh, é possível economizar anualmente cerca de R\$ 50.431.464, ou seja, mensalmente R\$ 4.202,622. A tabela 5 apresenta o fluxo de caixa projetado para o período de 15 anos.

Tabela 5 – Fluxo de caixa projetado

Anos	Investimento	Economia Fatura Energia elétrica	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa Descontado	Payback Descontado
0	-R\$488.822,00		-R\$482.822,00	-R\$482.822,00	-R\$482.822,00
1		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$48.029,97	-R\$434.792,03
2		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$45.742,82	-R\$389.049,21
3		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$43.565,54	-R\$345.483,67
4		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$41.473,24	-R\$304.010,43
5		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$38.399,58	-R\$265.610,85
6		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$37.635,42	-R\$227.975,43
7		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$35.766,99	-R\$192.204,44
8		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$34.075,31	-R\$158.133,13
9		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$32.478,36	-R\$125.654,77
10		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$30.939,55	-R\$94.715,22
11		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$29.492,08	-R\$65.223,14
12		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$28.174,00	-R\$37.049,14
13		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$26.825,25	-R\$10.223,89
14		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$25.470,44	R\$15.246,55
15		R\$50.431.464	R\$50.431.464	R\$24.269,23	R\$39.515,78

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

No que tange aos critérios de decisão do *payback* descontado, é possível aferir que a análise deve levar em conta o fluxo de caixa descontado, dentro de um período aceitável, para que não resulte em informações desprovidas da realidade. A justificativa acerca da análise do *payback* em relação ao período e o fluxo de caixa consiste no princípio de que o dinheiro tem seu valor determinado em função do tempo, ou seja, o juro. Desta

forma, o projeto apresentou um período de retorno menor que o período máximo aceitável de recuperação de 15 anos, o que torna o projeto viável.

No cálculo o TMA considerado foi de 5% a ano, assim, são necessários 13,50 anos para recuperar o investimento inicial proposto de R\$482.822,00. Para o período de análise demonstrado na Tabela 5 o valor presente líquido apresentado no final do 15º período registra um valor positivo, afirmando a viabilidade do investimento. A fim de compreender melhor o VPL, também é possível o emprego do índice de valor presente que é calculado dividindo o valor presente total dos fluxos de caixa líquidos, estimado no valor de R\$ 756.471,96 pela quantidade a ser investida, correspondente a R\$ 482.822,00. O valor encontrado indica que a cada R\$ 1,00 investido R\$1.57 é retornado.

Ao observar, ainda na Tabela, apenas a economia acumulada durante um período de 10 anos, é possível identificar um valor total de R\$ 504.315,64, ou seja, já é R\$21.492,64 superior ao custo total da instalação do sistema de geração solar. Portanto, a partir de aproximadamente 10 anos é possível concluir que, para um TMA de 5% ao ano, o projeto de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados.

Considerações finais

O estudo foi proposto na análise da viabilidade econômica- financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de ensino superior de Mossoró. Para tal, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de um estudo de caso. Para a análise da viabilidade econômica- financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados o *payback* descontado e o valor presente líquido. A Instituição analisada possui posicionamento geográfico favorável ao que condiz como aproveitamento do sol como recurso energético e características voltadas a disposição territorial livre para implementação como também a malha de energia elétrica. Característica essa, que ajuda na redução dos elevados custos de transmissão e distribuição por trazer a geração próxima ao consumo final. Aumentando assim a confiabilidade, e provocando possíveis reduções nas tarifas de energia elétrica ao consumidor.

Os resultados apontaram uma economia de R\$ 50.431,464 no período de um ano, foi possível analisar a viabilidade do sistema comparando com os custos de implantação. Dessa forma, o total de R\$482.822,00, e obteve-se um período de retorno inferior aos 15 anos calculados, dando uma estimativa de cerca de 13,50 anos. Os módulos utilizados possuem 25 anos de garantia contra defeito de fabricação e materiais, além de 25 nos contra perda de produção (80%) com vida útil superior aos 35 anos, enquanto que os inversores possuem 5 anos de garantia contra defeito de fabricação e materiais com uma vida útil estimada de 10 a 15 anos. Para uma TMA de 5% ao ano, o projeto de energia solar fotovoltaico, apesar do elevado custo de implantação, como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável.

É possível aferir também que o valor presente líquido se apresenta positivo dentro do período calculado. A restrição do período em 15 anos teve o objetivo de diminuir os erros sobre o TMA, uma vez que essa taxa sofre variância correspondente ao quadro econômico sobre o investimento, ou seja, sobre a tecnologia do gerador. Nesse sentido, a tecnologia do gerador fotovoltaico no cenário brasileiro ainda está em desenvolvimento, impulsionado pelo mercado competitivo que cresce com o passar dos anos junto com os incentivos governamentais que reduzem preços para investimentos, como também tarifas sobre implantação dos sistemas fotovoltaicos. Nesse sentido, os valores de investimento nesse setor tendem a ser reduzidos conforme o tempo, acrescentando uma variável positiva para o retorno de investimento.

O presente trabalho mostrou que para o consumidor final é possível, além de se obter o retorno do investimento, conseguir rentabilidade ao longo da vida útil do sistema. Em todo o caso estudado, é observado um VPL positivo, que por sua vez, em termos de análise de viabilidade, representa rentabilidade de um projeto. Portanto, mesmo que a geração fotovoltaica conectada à rede elétrica esteja ainda em amadurecimento no Brasil, os estudos e análises ilustrados ao longo do trabalho afirmam a viabilidade e a disponibilidade das concessionárias para iniciarem a ligação de consumidores dispostos a utilizarem da geração distribuída.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abinee – Associação brasileira da Indústria Elétrica e eletrônica. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**, 2012.
- Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília – DF, 2015. 2ª Edição.
- Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL). **Resultados dos leilões regulares de compra de energia elétrica, 2015**.
- Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica**. Encontro nacional dos Agentes do Setor elétrico – ENASE. Rio de Janeiro, 2016;
- Atlas de energia elétrica do Brasil/ Agência nacional elétrica. 2. Ed – Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplica%C3%A7%C3%B5es/Atlas/index.html> Acessado em 09/2011, 2005
- BANDEIRA, F. P. M. **O aproveitamento da energia solar no Brasil – situação e perspectivas**. Brasília. Câmara dos Deputados. 2012

BNB (BANCO DO NORDESTE), Programa FNE SOL. Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/programas_fne/programa-de-financiamento-a-micro-e-a-minigeracao-distribuida-de-energia-eletrica-fne-sol, 2017.

CEPEL – CRESESB, grupo de trabalho de Energia Solar – GTES. Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2008

Enel, Green Power. Relatório Anual de Monitoramento 2016. Desempenho socioambiental, Enel Brasil Participações, 2016

EPE Empresa de Pesquisa Energética, **Nota Técnica EPE – Análise da Inserção da geração Solar na Matriz energética brasileira**, 2012.

EPE Empresa de Pesquisa Energética, **Nota Técnica EPE – demanda de Energia 2050, 2016.**

EVANGELISTA, M. L. S. **Estudo comparativo de análise de investimentos em projetos entre o método vpl e o de opções reais:** o caso cooperativa de crédito – Sicredi Noroeste. 163f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: . Acesso em 17 mar. 2013.

GIL, A. C. Como elaborar Projetos de Pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas: 2002.

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

IEA International Energy agency, **World Energy Outlook 2014**, 2014

Ministério de Minas e Energia (MME). **Estudo e propostas de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas.** Brasília: MME, 2009

ROSA, V. H. S. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil:** em busca de um modelo sustentável. 207. 440 f. Tese (Doutorado em desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Org.). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014.

RUTHER, R. **Pré-dimensionamento de Sistema solar Fotovoltaico: estudo de caso do edifício-sede do CREA-SC.** In: Conferência Latinoamericana de Construção Sustentável, 1.; Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, 10. 2014, São Paulo – SP. I CLACS; X ENTAC, 2004.

RUTHER, R. **Instalações solares fotovoltaicas integradas e edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública.** Florianópolis, 2000.

Relatório da Situação Mundial. REN21 – Renewable Energy policy network for The 21st Century. **Energias Renováveis 2016**, 2016

SHAH, A. Photovoltaic Power Generation. Suisse: Plasma Physics & Controlled Fusion, 1999.

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.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Va Viana, João Paulo .
ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA-FINANCEIRA DO
DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO LIGADO
A REDE EM UMA UNIVERSIDADE FEDERAL LOCALIZADA EM
MOSSORÓ-RN / João Paulo Viana. - 2017.2.
12 f. : il.

Orientadora: Danielle Simone Casillo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2017.2.

1. Energia Solar Fotovoltaica. 2. Viabilidade
econômico-financeira. 3. Instituição de Ensino
Superior. 4. Energia Solar. I. Casillo,
Danielle Simone, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.