

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 2

AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR NA CIA.

BRASILEIRA DE TRENS URBANOS DE JOÃO PESSOA/PB: ANÁLISE DA

VIABILIDADE ECONÔMICA A PARTIR DE MÉTODOS

QUANTITATIVOS E PROJEÇÕES DE CENÁRIOS.

INTRODUÇÃO

A produção de energia é considerada de suma importância para o desenvolvimento econômico e social dos países. O funcionamento das máquinas e equipamentos utilizados na indústria, no comércio, na agricultura e nas residências depende quase que totalmente da matriz energética, o que coloca a questão da energia no foco de muitas discussões governamentais e da sociedade como um todo.

Nos últimos anos, com o aumento da dependência humana por tecnologias e, conseqüentemente, o aumento do consumo de energia, a preocupação dos especialistas e

governos tem recaído na busca por alternativas sustentáveis para produção de energia. Além desse aumento da dependência, cabe comentar que o crescente consumo dos recursos não renováveis, aliado com o crescimento populacional e da indústria (e, obviamente, agricultura, comércio e serviços) levanta discussões sobre a sustentabilidade das decisões relacionadas à adoção de sistemas de geração de energia elétrica.

De acordo com Bandeira (2012), o Brasil apresenta uma situação bastante confortável em relação aos recursos naturais como um todo, quando comparado com a maioria dos países. Além de uma diversidade de recursos não renováveis, aproveitáveis na produção de energia (a exemplo do petróleo, gás natural, carvão, urânio etc.), a natureza também foi generosa em relação às possibilidades renováveis, notavelmente percebido a partir do uso consagrado de hidrelétricas na geração de energia no país, além dos recentes avanços no que diz respeito à adoção da energia eólica, solar e da biomassa.

A energia solar tem se mostrado uma promissora possibilidade para superação de uma eventual crise energética. De acordo com o MIT (2015), apesar da energia solar ter conquistado espaço, responde, atualmente, por apenas 1% da matriz energética global, embora, as projeções sugiram que o futuro da energia elétrica global está associado à adoção em larga escala de painéis solares e turbinas eólicas. Segundo Cabral e Vieira (2012), a crise energética é um desafio da atualidade em todos os países e apesar das diferenças de potenciais de produção, a preocupação básica relacionada à produção de energia é a capacidade de renovação das fontes diante do aumento da necessidade humana por energia.

Nos últimos anos o crescente custo da energia elétrica impactou a gestão das empresas e organizações como um todo. Citando-se apenas o período de junho de 2014 a junho de 2

2015, de acordo com o DIEESE (2015), a energia elétrica teve um aumento de 42%, repercutindo negativamente na produção, nos orçamentos das empresas e famílias e, inevitavelmente, no crescimento do país. Esse aumento no custo da energia reforça a necessidade de que famílias e indústrias busquem meios de gerar energia de forma mais barata, antecipando-se assim à elevação dos preços das distribuidoras de energia.

Diante do que foi apresentado, é plausível trazer à tona a discussão sobre a viabilidade econômica da adoção de painéis solares, tendo em vista, principalmente, os estudos que analisam não apenas os benefícios ambientais, mas, da mesma forma, a perspectiva econômico-financeira (a redução de custos com a energia elétrica, no médio e longo prazo, e a antecipação de cenários de elevação de custos).

No contexto metroferroviário a discussão não perde fôlego. Além das operações relacionadas à manutenção, todo um aparato administrativo faz uso de equipamentos diversos e, dessa forma, consomem uma parcela sempre significativa dos recursos financeiros com energia elétrica. Não obstante o custo com energia elétrica, considerando-se que a malha metroferroviária brasileira ainda é modesta, comparativamente a outros países e, dessa forma, tende a ter espaço para crescimento e maturação dos sistemas. Pode-se dizer, portanto, que um cenário praticamente inevitável é o de um aumento do consumo de energia elétrica.

O presente trabalho baseia-se na Cia. Brasileira de Trens Urbanos da grande João Pessoa/PB. A empresa tem suas operações ocorrendo ao longo de cerca de 30 KM de via férrea, atendendo aos municípios de João Pessoa, Santa Rita, Bayeux e Cabedelo e cerca de 145 mil passageiros por mês, permitindo ao público um transporte público barato e

ambientalmente mais adequado do que veículos rodoviários. Apesar da capacidade de operação desprezível, cabe mencionar que o consumo de energia elétrica mensal representa um custo anual de cerca de 200 mil reais, utilizados para as operações das áreas administrativas, estações, via permanente e oficina. Esse custo anual, aliado com as perspectivas de aumentos das tarifas (e, notadamente, o impacto que o aumento do preço da energia em 2015 causou ao orçamento) permitem trazer para debate a necessidade de adoção de medidas que ajudem a otimizar o consumo de energia na empresa, seja por uma questão ambiental ou financeira.

Considerando o que foi exposto, o presente trabalho buscou avaliar a viabilidade econômica e financeira da adoção de uma alternativa sustentável e que vem ganhando destaque no mundo: os sistemas fotovoltaicos para geração de energia solar. Para tal, além dos conceitos relacionados à energia solar, apresentou-se uma breve análise dos aspectos técnicos das células fotovoltaicas e as possibilidades para análise da viabilidade a partir do prisma econômico-financeiro. Métodos como o Payback descontado, o Valor Presente Líquido (VPL), a TIR e o Índice de Lucratividade foram utilizados. Aliados às técnicas de análise de projetos, realizaram-se análises a partir de projeções de cenários.

DIAGNÓSTICO

O diagnóstico do presente projeto está dividido em 4 (quatro) tópicos, quais sejam: (i) Energia Solar: discussões e perspectivas; (ii) Sistemas fotovoltaicos e custos da energia solar;

(iii) Potencial para energia solar no Brasil, no Nordeste e na Paraíba; e por último, (iv) métodos da pesquisa: modelos de avaliação de projetos e metodologia.

I. ENERGIA SOLAR: DISCUSSÕES E PERSPECTIVAS

A energia solar tem se mostrado como uma alternativa bastante convidativa para geração de energia elétrica. De acordo com Barbosa Filho et. al (2015), os sistemas que permitem a geração de energia elétrica a partir do aproveitamento da irradiação solar têm experimentado um crescimento na demanda, comparando-se informações mundiais. Ainda de acordo com os autores, esse crescimento tem sido influenciado principalmente por fatores relacionados à escassez de recursos e estratégias sustentáveis de desenvolvimento.

O debate sobre a energia solar depende de uma delicada análise relacionada a custos, questões técnicas e aspectos de engenharia. Primeiro, cabe comentar que a luz solar que incide sobre a superfície terrestre, apesar de aparentemente abundante, depende de certas condições para que a obtenção de energia ocorra de maneira eficiente. Nesse sentido, comenta-se que, de acordo com Wanderley e Campos (2013), condições atmosféricas (umidade, nebulosidade, etc.), bem como a latitude local e a posição no tempo (horário, dia, ano) influenciam a produção de energia solar. Em segundo lugar, é válido comentar, de acordo com a OECD/IEA (2011), que apesar do alto potencial da energia solar ainda persiste um debate sobre os custos e benefícios relacionados à adoção de sistemas fotovoltaicos. Ainda de acordo com a OECD/IEA (2011), apenas mais recentemente foi que a indústria de equipamentos e componentes de sistemas de energia solar passaram a ter competitividade suficiente para levar a discussões mais detalhadas sobre a aplicação da energia solar, de fato, na geração de energia elétrica.

De acordo com Timilsina, Kurdgelashvili e Narbel (2011), a energia solar experimentou um grande avanço tecnológico nos últimos anos. As tecnologias que permitem a produção de células fotovoltaicas não apenas aumentaram a sua eficiência, mas da mesma maneira permitiram que a indústria passasse a produzir em larga escala e com maior nível de eficiência. Os autores explicam que felizmente os avanços dos últimos 30 anos mudaram o panorama da produção de componentes, derrubando os preços.

Segundo o MIT (2015) a energia solar pode ser vista como um ponto chave, no atual século, no que diz respeito à superação dos desafios da geração de energia. Ainda de acordo com o instituto além das questões ambientais e a limitação de recursos, o crescimento do consumo de fontes não-renováveis tem levantado a discussão em torno do aprimoramento de técnicas de produção de energia a partir de recursos renováveis. Há de se comentar, outrossim, conforme indica o IPCC (2012), que a demanda por energia aumentou em razão das necessidades econômicas, sociais e de aumento da riqueza e do desenvolvimento humano. Nesse sentido a energia solar além de surgir como uma alternativa ambientalmente adequada, também pode se destacar no médio e longo prazo pelo aumento da eficiência das células solares na geração de energia elétrica em pequena, média e larga escala.

Segundo o GENI (2011), a energia hipoteticamente disponibilizada pelo Sol, diariamente, é suficiente para suprir as necessidades humanas no mundo por mais de 20 anos. Para se ter uma ideia preliminar sobre o potencial para geração de energia proveniente do Sol, de acordo com Lewis (2007), a energia proveniente da luz solar que atinge a Terra em uma hora é o equivalente ao consumo de energia elétrica da humanidade em um ano. Essa visão ainda utópica (em relação ao aproveitamento total da energia solar), apesar de distante da

realidade atual, abre perspectivas que permitem visualizar a importância que a energia solar pode ter ano após ano, com o aprimoramento das tecnologias e, da mesma maneira, o aumento da demanda por energia. Acrescenta-se, em relação à demanda por energia que existe uma expectativa de aumento de cerca de 5% ao ano no mundo. Esse aumento relativo da demanda traz uma série de implicações para a importância que a energia para o desenvolvimento humano como um todo.

Além das pesquisas acadêmicas, também tem ficado mais evidente na mídia a importância crescente da energia solar como meio capaz de suprir as necessidades humanas. Artigos jornalísticos, seja no contexto nacional ou internacional, têm destacado a viabilidade econômica, a importância social e os impactos ambientais da adoção de sistemas fotovoltaicos. O “The Economist”, importante publicação inglesa de notícias, veiculou em 16 Abril de 2016 matéria com o título “Follow the sun”, chamando atenção para o papel central que a energia solar vem ganhando nos últimos anos, inclusive atingindo, atualmente, equivalência (em total relativo de GW produzidos) com outras fontes de energia. A matéria apresenta informações importantes como por exemplo a queda nos últimos anos no preço da geração de energia solar e a tendência, até 2018, de aumento da adoção de sistemas de energia solar no mundo.

Outra notícia, veiculada dessa vez na Bloomberg, que se trata de uma das mais importantes agências de notícias voltadas para tendências de mercado e informações sobre tecnologia e finanças, traz novamente à tona o crescimento da energia solar. O artigo de título “Wind and Solar are crushing fossil fuels”, de 6 de Abril de 2016, também reforça a tese de que crescimento de fontes alternativas para geração de energia têm implicado em uma

verdadeira mudança no antigo paradigma da geração de energia. Notavelmente a matéria chama a atenção para a queda nos preços de componentes necessários em sistemas fotovoltaicos e o crescimento dessa indústria nos últimos 15 anos. A matéria destaca a queda nos preços dos componentes tem levado a um aumento na quantidade de instalações de sistemas fotovoltaicos.

No Brasil a Folha de S. Paulo publicou artigo também chamando atenção para a geração de energia solar no Brasil. A matéria de título “Investimento em painel solar compensa em 23 Estados”, de 27 de agosto de 2015, cita em momento oportuno a viabilidade da adoção de sistemas de energia solar (à época, o elevado aumento do custo da energia elétrica no Brasil chamava atenção de empresas e famílias para soluções alternativas). De acordo com a matéria a instalação de painéis fotovoltaicos, segundo cálculos de uma consultoria, só não se mostrava vantajosa nos Estados do Amazonas, Roraima e Amapá. O artigo cita ainda informações prestadas por especialistas quanto à vida útil dos equipamentos (cerca de 25 anos) e o tempo de retorno do investimento (entre 6 e 12 anos).

II SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS E CUSTOS DA ENERGIA SOLAR

A história das tecnologias capazes de aproveitar a irradiação solar, embora pareçam recentes, remontam a meados do século XIX. De acordo com Pinho e Galdino (2014), o efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 por Becquerel. O cientista observou que a partir da iluminação de uma solução ácida, era detectada uma diferença potencial entre os eletrodos da solução. Alguns anos depois, ainda segundo Pinho e Galdino (2014), os cientistas Adams e

Day observaram um efeito semelhante em um material sólido. Esse experimento, por sua vez, marcou a origem das células fotovoltaicas.

De acordo com Brito e Silva (2006), uma célula fotovoltaica simples consiste em um diodo de grande área e um substrato de material semicondutor (onde é criado um campo elétrico permanente). Segundo os autores, quando a radiação solar atinge um átomo do semicondutor libera-se energia elétrica que pode ser conduzida. É válido comentar que o material utilizado para produção de células fotovoltaicas é o silício cristalino, material esse escolhido em razão da abundância no planeta, não toxicidade e sua eficiência na para geração de energia solar.

Wanderley e Campos (2013) explicam que o material mais utilizado na fabricação de células fotovoltaicas é o silício, seja na forma monocristalino (mais caro e com eficiência de até 25%) ou na forma policristalino, que é mais utilizado em razão do seu custo de produção menor e rendimento em torno de 16%. Os autores explicam, ainda, que as tecnologias de células fotovoltaicas têm evoluído de forma rápida em relação ao custo/benefício.

A Figura 1 apresenta dois exemplos de sistemas baseados em células fotovoltaicas:



Figura 1 - Painéis Solares. Fonte: The Future of Solar Energy, MIT, 2015.

Para montar um sistema fotovoltaico são necessários, de acordo com Cabello e Pompermayer (2013): (i) um ou mais painéis fotovoltaicos, a depender da capacidade planejada, cujo a função é gerar energia elétrica a partir da energia solar; (ii) inversor de corrente, cuja função é converter a energia elétrica de corrente contínua para corrente alternado, para assim poder ser consumida por eletrodomésticos tradicionais; (iii) controlador de carga, cujo a função é garantir a segurança dos equipamentos, evitando assim sobrecargas ou descargas excessivas; e (iv) baterias, adotada apenas nos casos de armazenamento de energia. Nos casos de sistemas integrados à rede, o uso de baterias não se faz necessário. A Figura 2 apresenta, de forma sintética, a esquematização de um sistema fotovoltaico para geração de energia solar e utilização em equipamentos:

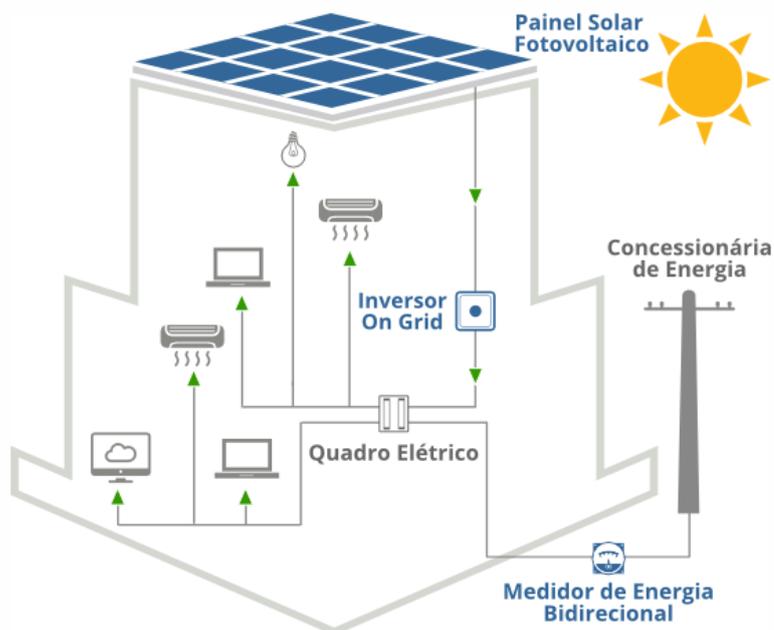


Figura 2 - Esquematização de um sistema ligado à rede elétrica para geração de energia solar.

Fonte: Solar Energy do Brasil, 2016.

No que diz respeito ao custo do aproveitamento da energia solar, Cabello e Pompermayer (2013, p.17) explicam que viabilidade financeira “(...) é constatada quando valor gasto para instalar os painéis mostra-se inferior aos gastos que o consumidor incorre com a compra de energia elétrica de sua distribuidora.” Comenta-se, nesse sentido, que existe a necessidade de se conhecer o custo médio da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, considerando-se o investimento nos equipamentos e na instalação, o custo de manutenção, a vida útil dos equipamentos, o custo do capital investido e a produtividade do sistema no que diz respeito à eficiência na produção de energia.

Ainda de acordo com Cabello e Pompermayer (2013) e somando-se a visão de Shayani, Oliveira e Camargo (2006), uma vez obtido o custo do investimento e dos benefícios gerados pela energia solar, faz-se necessário realizar o estudo da tarifa para pela energia elétrica compara de distribuidoras e, da mesma maneira, projeções em relação ao consumo.

Segundo Farmer e Lafond (2016), considerando-se o período de 1956 a 2013, o custo da geração de energia solar no mundo caiu, em média, 10% ao ano. A análise realizada pelos autores tomou como referência os avanços das tecnologias e o barateamento dos custos de produção. Os autores projetaram, ainda, que apesar do decréscimo médio, a probabilidade é de que os preços se estabilizem até 2030, mas sem grandes mudanças em relação aos valores encontrados nos últimos anos. Apesar dessa informação parecer pouco animadora, os dados da pesquisa revelam ainda que considerando a escassez de recursos, o aumento do preço da energia de outras fontes, bem como o aumento populacional e de consumo, há de se considerar que a estabilização dos preços de componentes para geração de energia solar é

11

algo bastante vantajoso, uma vez que as previsões parecem confirmar que os avanços tecnológicos aliados ao contexto econômico podem colocar a energia solar em posição central na geração de energia elétrica bem antes de 2030.

Comenta-se, por fim, que as previsões realizadas pelos autores Farmer e Lafonde (2013) são compatíveis com o que a literatura em geral apresenta sobre a energia solar. Cabe citar, por exemplo, que o trabalho de Wanderley e Campos (2013), bem como Rehman, Bader e Al-Moallem (2007), sinalizam essa perspectiva de adoção massiva da energia solar até 2030, como possível solução para as demandas crescentes por energia elétrica e meios sustentáveis de produção de energia. Ademais, cabe citar ainda que o Plano Nacional de Energia 2030, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2007), alinhada com as tendências de energia, também projetou esse prazo para delimitação de soluções para geração de energia elétrica no Brasil. No caso do PNE 2030 salienta-se ainda que a energia solar é sinalizada como possivelmente viável a partir de 2020, considerando-se, nesse sentido, a geração doméstica e ou micro geração, de forma a se reduzir custos com energia elétrica em residências, comércios, indústrias etc.

III O POTENCIAL PARA ENERGIA SOLAR NO BRASIL, NO NORDESTE E NA PARAÍBA

O Brasil, apesar do alto potencial para geração de energia a partir de fontes renováveis, ainda se mostra muito tímido no tocante à energia solar, principalmente quando comparado com países líderes na geração de energia solar fotovoltaica. Segundo Cabello e Pompermayer (2013), diferente de países como a Alemanha, o Japão e a Espanha, que tradicionalmente

utilizavam tecnologias poluidoras, o Brasil tem a sua matriz energética baseada principalmente em hidrelétricas. Nos países líderes na utilização de energia solar e a questão ambiental, aliados à necessidade de adoção de energias renováveis, incentivaram a utilização em larga escala de sistemas fotovoltaicos. No contexto brasileiro, por outro lado, uma vez que as hidrelétricas atendem à demanda nacional e, da mesma maneira, enquadram-se no rol de fontes renováveis, a energia solar (assim como a eólica e a proveniente de biomassa) ficou ofuscada, seja pelo custo econômico ou pela eficiência energética e produtiva.

No que diz respeito à perspectiva de adoção massiva de painéis solares para geração de energia elétrica, de acordo com o EPE (2007), no documento intitulado Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), que apresenta projeções de cenários até o ano de 2030, a adoção de sistemas de energia solar apesar da ampla penetração no mercado brasileiro, ainda se mostrava (até 2007, ano da finalização do plano) com baixa representatividade.

O PNE 2030 chama atenção, no entanto para a grande promessa que surge com o uso da energia solar fotovoltaica de forma integrada à rede. De acordo com a EPE (2007), deve-se considerar, no entanto, que o custo das células e da instalação dos sistemas, bem como a competitividade do mercado de insumos e componentes dos sistemas são os principais desafios para a geração viável de energia solar em pequena escala. Comenta-se, ainda, que de acordo com o Plano que as projeções indicavam (à época) que somente em torno do ano de 2020 a viabilidade de sistemas fotovoltaicos no Brasil se compararia ao dos Estados Unidos (tido como um país com cenário bastante competitivo e viável na produção de energia solar).

Para Barp, Sehnem e Benke (2015), um aspecto que vem chamando atenção no Brasil para a utilização da energia solar pode ser percebido a partir do prazo de recuperação do

investimento. De acordo com os autores, com o barateamento dos custos de aquisição e instalação dos equipamentos, o tempo médio caiu de maneira significativa. Os autores projetaram, a partir do estudo de caso em uma empresa de distribuição de energia, um tempo médio de recuperação de cerca de 6,5 anos (considerando apenas o método payback). Salienta-se que apensar do método não ser robusto para análise de projetos, pode servir de norteador para decisões e inclusive indicador preliminar de possibilidades de adoção de outros métodos de análise. Comenta-se, ainda, que esse resultado demonstra uma tendência promissora da inserção da matriz energética fotovoltaica na geração doméstica de energia.

Barbosa Filho et al (2015) ressaltam alguns aspectos que devem ser considerados para análise do potencial de energia solar de um país. No caso Brasileiro, informações relativas à irradiação média, ao número de horas de luz solar e o potencial para geração anual de energia solar são de suma importância para comparações de investimentos. A Figura 3 apresenta o potencial, em KWh, por metro quadrado, em um ano, estimado para o mundo.

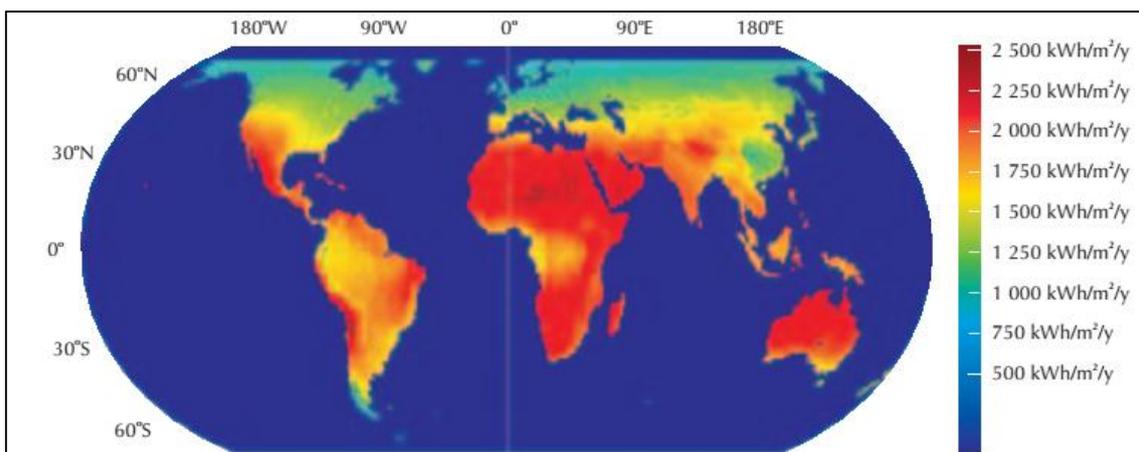


Figura 3 - Potencial de geração de energia solar, em KWh/m²/ano, estimado para o mundo.

Fonte: Solar Energy Perspectives, IEA, 2011.

A partir da análise da Figura 3, obtida em pesquisa realizada pela IEA (2011), podem ser salientadas algumas informações úteis, quais sejam: (i) o potencial mais elevado (2.000 a 2.500 KWh/m²/ano) é evidenciado em países da África, na Austrália, parte do Oriente Médio, México e algumas regiões da América Central, Brasil e Chile; (ii) países que atualmente tem adotado a matriz energética fotovoltaica de forma mais ampla, tais como a Alemanha, figuram pelo mapa em uma faixa próxima de 1.000 KWh/m²/ano; (iii) nos Estados Unidos, na área aproximada dos locais onde mais se utiliza energia solar, evidencia-se um potencial de 1.250 a 1.750 KWh/m²/ano. Essa capacidade é semelhante, por exemplo, à da Espanha; (iv) a região nordeste do Brasil aparenta ter o maior potencial, comparativamente às outras regiões, estando na faixa de 2.000 a 2.250 KWh/m²/ano; (v) o estado da Paraíba, especificamente a localização da cidade de João Pessoa, aparenta possuir potencial próximo de 2.000 KWh/m²/ano.

As informações iniciais sugerem que o potencial Brasileiro é bastante elevado e tomando-se como ponto de análise a região nordeste, especificamente no Estado da Paraíba, verifica-se um potencial superior a outros Estados do Brasil, especialmente os do Sudeste, Sul e Norte do país. Comparando o potencial da Paraíba ao de localidades na Alemanha, por exemplo, pode-se perceber uma estimativa 100% superior, no tocante à produção de KWh/m²/ano pela localização da Paraíba no mapa. Tomando-se, ainda, como comparação os Estados Unidos, evidencia-se um potencial do Estado da Paraíba aproximadamente em torno de 25 a 60% superior.

Prosseguindo-se com as informações básicas para compreensão do potencial de geração de energia solar no Nordeste brasileiro, verifica-se na literatura (BARBOSA FILHO et

al, 2015; CABRAL; VIEIRA, 2012; WANDERLEY; CAMPOS, 2013) a importância de se conhecer a radiação média na região. De acordo com Bandeira (2012), apesar das diferenças climáticas observadas no Brasil, em média a irradiação global no país é bastante uniforme, com valores altos durante o ano e em todo o território. O autor explica, ainda, que o valor máximo registrado é de 6,5 KWh/m² e ocorre no norte do estado da Bahia, próximo à fronteira com o estado do Piauí. Ressalta-se, ainda, que se trata de um local com baixa precipitação anual e baixa cobertura de nuvens. O autor apresenta também informações sobre o menor índice de irradiação solar no território brasileiro, que é de 4,25 KWh/m² e ocorre no litoral norte de Santa Catarina. Ambos os valores (máximo e mínimo) são, comparativamente, superiores aos limites encontrados na Alemanha (0,9 a 1,25 KWh/m²), França (0,9 a 1,65 KWh/m²) e Espanha (1,2 a 1,85 KWh/m²).

Com base nos dados apresentados pelo Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006), pode-se avaliar o nível de radiação que incide sobre o território brasileiro, além de outras informações. A Figura 4 apresenta um mapa do território brasileiro, com a ilustração da radiação solar, na média anual, projetada.

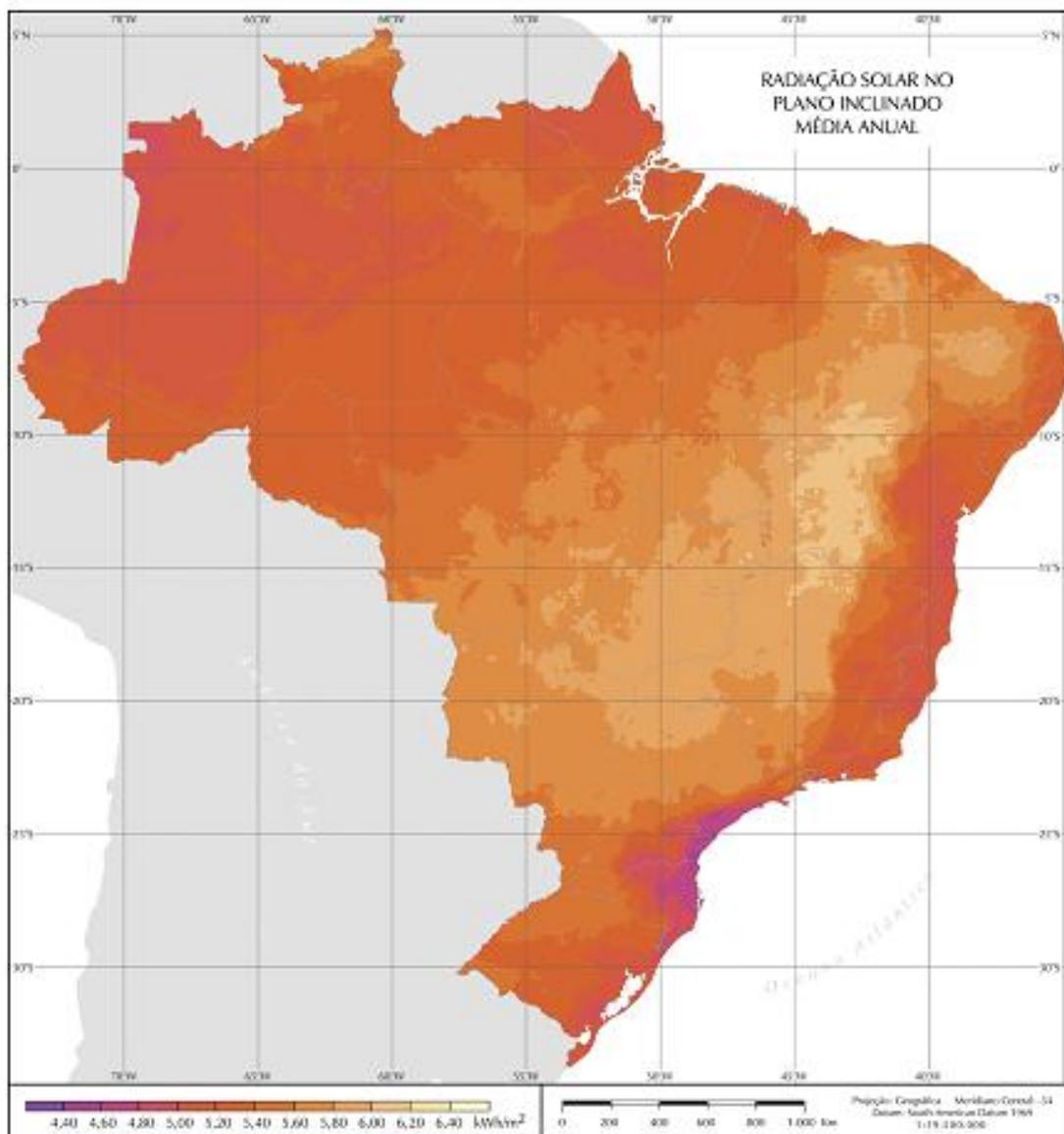


Figura 4. Radiação Solar no Brasil. Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006.

A partir das informações apresentadas no mapa pode-se afirmar que com exceção de uma pequena parte do Sudeste e Sul do Brasil, o restante do território brasileiro apresenta um nível alto de irradiação solar, com uma média em torno de 5,6 KWh/m². Essa informação também é importante para verificação da viabilidade técnica na instalação de um sistema de

energia solar. Reforça-se, ainda, o notável potencial para geração de energia solar na região nordeste, especialmente no litoral.

Finalmente, cabe apresentar informações a respeito à média anual de horas de insolação diária, aspecto técnico importante para a viabilidade da instalação e para verificação da capacidade de recuperação do investimento. Relatórios técnicos como os realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) sinalizam que com exceção da região Norte do país, as demais regiões possuem médias de horas de luz solar boas o bastante para justificar projetos de sistemas de energia fotovoltaica. Apresenta-se na Figura 5 um mapa da insolação diária em horas:

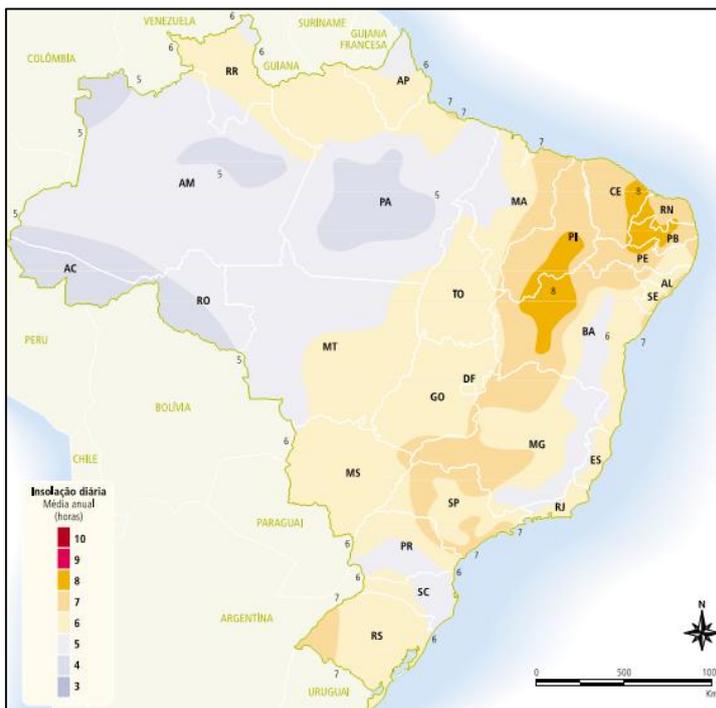


Figura 5 - Mapa da insolação diária (média anual), em horas, no Brasil. Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil, UFPE, 2000.

IV MÉTODOS DA PESQUISA: MODELOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS E METODOLOGIA

Com o propósito de elucidar os métodos quantitativos e qualitativos adotados para as análises, a presente sessão apresenta conceitos referentes a: i) modelos quantitativos de avaliação de projetos e investimentos; ii) conceitos relacionados com a análise de cenários; e iii) aspectos metodológicos adotados para organização das análises e discussões de resultados.

A literatura indica que a decisão a respeito de investimentos e projetos, quando se toma como parâmetro o aspecto financeiro, envolve a avaliação de propostas de aplicação de capital e o retorno proveniente da aplicação do capital ao longo de um período ou em uma data estimada. De acordo com Assaf Neto e Lima (2011), os investimentos e projetos podem ser definidos, de forma geral, como tudo aquilo que, quando aplicado capital, tende a definir o futuro de uma empresa, sua viabilidade econômica e, finalmente, sua capacidade de se manter competitiva. Ainda de acordo com o autor, o objetivo de se avaliar investimentos é escolher, entre oportunidades disponíveis, aquelas que mostram viabilidade econômica.

Existe uma variedade de métodos para análise de investimentos, desde as de origem matemática até abordagens qualitativas. Segundo Veras (2005), os métodos exatos são os que recebem maior credibilidade e, de forma geral, são representados pela técnica do Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). De maneira complementar, Assaf Neto (2011) explica que além do VPL e da TIR, outras técnicas costumam ser utilizadas dependendo da importância do investimento, a exemplo do Payback (inclusive o descontado), que geralmente é utilizado em projetos simples, de baixo risco ou relevância; da TIR modificada (ou TIRM), que é recomendada como alternativa à TIR, principalmente quando a

19

técnica da TIR apresenta-se inconclusiva (casos de múltiplas TIR); e do Índice de Lucratividade (ou Profitability Index). O Quadro 1 apresenta as principais fórmulas e métodos utilizados para cada modelo:

Técnicas	Descrição/Fórmula
Payback e Payback Descontado	Na prática trata-se da determinação do tempo necessário para que o investimento seja recuperado, considerando-se os fluxos de caixa (FC) durante o período. A diferença entre o Payback Simples e o Descontado é que no segundo os FCs são trazidos para o presente (adota-se o valor presente dos FCs).
Valor Presente Líquido (VPL)	$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - [I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t}]$ <p>Na formulação do VPL o que se busca é o resultado líquido dos Fluxos de Caixa (FCs) de um projeto, descontados a uma taxa de atratividade ou custo de capital adequado. A noção de liquidez, por sua vez, considera os Investimentos (It) realizados ao longo do projeto, que da mesma maneira devem ser descontados no tempo.</p>
Taxa Interna de Retorno (TIR)	$VPL = 0 = I_T + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}$ <p>A TIR é considerada como a taxa que remunera o investimento realizado em um dado projeto. A lógica da TIR é apresentar o retorno de um projeto de investimento a partir de uma taxa. Quando a TIR mostra-se inadequada pode-se utilizar a TIR modificada (TIRM).</p>
Índice de Lucratividade (IL)	$IL = \frac{VP \text{ dos benefícios líquidos de caixa}}{VP \text{ dos desembolsos de caixa}}$ <p>A lógica do IL é obter, em termos de Valor Presente (VP), quanto o projeto oferece de retorno para cada unidade monetária investida.</p>

Quadro 1 - Fórmulas e métodos para avaliação de investimentos. Fonte: Adaptado de Assaf Neto e Lima (2011).

As técnicas apresentadas até o presente momento possuem, apesar das diferenças conceituais, aspectos que são permanentes. De acordo com Ardalán (2012) esses componentes são o investimento inicial, os fluxos de caixa, o custo do capital (ou taxa de

atratividade) e, finalmente, o tempo para recuperação do capital. É válido comentar, conforme discute Antonik (2004), que independentemente da técnica escolhida, os profissionais envolvidos na análise de projetos devem considerar os riscos que afetam os fluxos de caixa.

Além da adoção de um ou mais técnicas para análise de investimentos ou projetos, de acordo com Damodaran (2004), uma empresa pode adotar a análise de cenário para estimar um ambiente de risco e de retorno de um projeto. O autor explica, ainda, que o conceito, embora simples, envolve quatro componentes críticos, quais sejam: i) determinar os fatores em torno dos quais os cenários serão considerados; ii) definir a quantidade de cenários a serem analisados para cada fator; iii) estimar as despesas e receitas do projeto em cada cenário; e iv) atribuir probabilidades para cada cenário.

Apesar das técnicas apresentadas serem as mais consagradas na literatura financeira, cabe mencionar que um método de destaque, atualmente, para avaliação de projetos é o método das opções reais, que de acordo com Saito, Távora Jr. e Oliveira (2010) é um modelo de precificação de projetos que pode ser utilizado para analisar a tomada de decisões a respeito de investimentos. Ainda de acordo com os autores, trata-se de um modelo que avalia a flexibilidade que um gerente tem para tomar decisões a respeito de ativos reais. Apesar da atratividade do uso do método, cabe salientar que no presente trabalho não foi adotada a modelagem por opções reais devido, principalmente, à dificuldade de obtenção de dados para estimar com razoável grau de precisão do risco do projeto e, da mesma maneira, a série histórica curta para estimação dos fluxos de caixa. Dessa maneira, embora a literatura sinalize

o método das opções reais para análise, optou-se pela adoção apenas dos modelos clássicos (payback, TIR e VPL) e, alternativamente, o Índice de Lucratividade.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados do presente trabalho estão divididos em dois tópicos: (i) apresentação dos dados para avaliação, com informações sobre custos de sistemas fotovoltaicos, expectativas de consumo e custos de energia elétrica, indicadores econômicos e projeções sobre o setor; e (ii) análise dos resultados a partir dos resultados gerados pelos métodos de avaliação de investimentos mais usuais (Payback, VPL, TIR e IL).

Em todas as fases as discussões sobre cenários são realizadas com o propósito de evidenciar três situações hipotéticas, quais sejam: cenário normal, cenário pessimista e cenário otimista. Optou-se por apenas três cenários de forma que se possa garantir uma maior fluidez nas análises e, da mesma forma, na percepção dos pontos fortes e fracos de cada método, inclusive quando comparados entre si.

1 - DADOS CONSIDERADOS PARA AVALIAÇÃO DO PROJETO

A fim de que se possa estimar o consumo médio da CBTU, foi coletado, por meio das contas de energia, o consumo em KWh/mês nos últimos seis meses. Comenta-se que o período não pode ser maior em virtude de troca de medidores ocorridos em meses anteriores, o que gerou mudanças (valores acumulados de leituras) em meses imediatamente posteriores. Considerando-se, portanto, os últimos seis meses, o período definido para

estimação foi de janeiro a junho de 2016. Além dessa informação, destaca-se que apenas o consumo e valores pagos com energia elétrica na sede administrativa (Estação João Pessoa) foram considerados para as análises, tendo em vista que se trata de um projeto piloto. A Tabela 1 apresenta os dados referentes ao consumo de energia da Estação João Pessoa:

Mês	Estação João Pessoa		
	Consumo (KWh)	Valor	R\$/KWh
Janeiro/2016	13.127	R\$ 9.693,96	R\$ 0,74
Fevereiro/2016	12.096	R\$ 8.927,97	R\$ 0,74
Março/2016	13.176	R\$ 9.239,28	R\$ 0,70
Abril/2016	13.671	R\$ 8.714,19	R\$ 0,64
Maior/2016	11.101	R\$ 7.206,39	R\$ 0,65
Junho/2016	12.749	R\$ 8.292,59	R\$ 0,65
Médias	12.653	R\$ 8.679,06	R\$ 0,69

Tabela 1 - Consumo em KWh/mês e valor da energia na Estação João Pessoa.

A fim de que se possa conhecer o preço médio de sistemas de geração de energia solar, foi pesquisado junto a empresas do setor valores médios de sistemas. Optou-se, além disso, com a opção de orçar sistemas capazes de gerar cerca de 3000 KWh/mês. Esse valor foi escolhido em razão da hipótese, novamente, de um projeto piloto. As empresas com cotações são apresentadas na Tabela 2:

Empresa	Capacidade do sistema (KWh/mês)	Valor
Neo Solar	3.290	R\$ 138.750,54
Energia Pura	3.000	R\$ 139.800,00
Solar	3.000	R\$ 146.744,00
Médias	3.096	R\$ 141.764,85

Tabela 2 - Pesquisa de preços de projetos de sistemas fotovoltaicos.

Comenta-se, ainda sobre os projetos de geração de energia solar, que os valores referem-se a Sistemas do tipo Grid Tie (conectados à rede elétrica), com expectativa de luz solar de 5h diárias, 90 painéis com eficiência energética A e 3 inversores.

Além das informações sobre o consumo e o custo da energia elétrica para CBTU/STU-JOP, é importante, para efetuar qualquer um dos cálculos de avaliação de projetos, conhecer-se o tempo médio do projeto. A literatura indica que, em média, a vida útil dos equipamentos é de cerca de 25 a 30 anos. Além disso, a vida útil de equipamentos inversores é de 5 anos. Para fins de análise, optou-se por manter o prazo sempre fixo (independente do cenário) e assim escolheu-se a menor expectativa (25 anos) e para fins de análise desprezou-se a vida útil dos inversores. Apesar dessa escolha, cabe comentar que ao se descontar os fluxos de caixa a taxas relativamente altas, tal informação pode ser relevada de forma que não se prejudique de forma elevada as análises.

Para a construção de cenários foi considerado o nível de eficiência da geração de energia solar. Esse aspecto da análise pode ser entendido como a ideia de que o ambiente produtivo e econômico que exerce influência direta no projeto pode implicar em mudanças radicais nos níveis de produção de energia, de recuperação do investimento, de custos de energia etc. Tais cenários, portanto, podem levar a uma análise mais próxima da realidade, compensando, dessa forma, falhas na estimação de valores e captura de fatores que efetivamente podem influenciar (de forma positiva ou negativa) o projeto ao longo do tempo de vida.

2 - AVALIAÇÃO DO PROJETO A PARTIR DOS MÉTODOS DO PAYBACK, VPL E TIR

A avaliação pelo método do Payback é considerada bastante simples. Foram desenvolvidos, para fins de análise, cenários hipotéticos com diferenças de nível de eficiência na produção de energia no período adotado como vida útil do projeto. Considerando-se, no entanto, que o Payback descontado é menos frágil do que a versão normal dele, adotou-se a

24

versão com fluxos de caixa descontados. Para corrigir o preço da energia optou-se por utilizar uma projeção, obtida por regressão, do IPCA anual de 2005 a 2015, projetando-se os demais valores até 2040 (25 anos a mais). Para descontar o fluxo de caixa, por sua vez, optou-se por utilizar a mesma metodologia (projeção de valores até 2040) para o IGP anual. Os fluxos de caixa, por sua vez, foram obtidos a partir da multiplicação da capacidade de 3000 KWh/mês pelo preço médio da energia elétrica encontrado (em R\$/KWh). A Tabela 3 apresenta o Payback descontado para cada cenário de eficiência na produção de energia.

Período	Fluxos de Caixa (Líquidos)	Cenário Normal (EF = 100%)	Cenário Pessimista (EF = 90%)	Cenário Otimista (EF = 110%)
		Saldo (IO – FC desc.)		
0	-R\$ 141.764,85	-R\$ 141.764,85	-R\$ 141.764,85	-R\$ 141.764,85
1	R\$ 25.321,73	-R\$ 116.443,12	-R\$ 118.975,29	-R\$ 110.847,01
2	R\$ 22.738,03	-R\$ 93.705,08	-R\$ 98.511,06	-R\$ 80.029,93
3	R\$ 20.417,74	-R\$ 73.287,34	-R\$ 80.135,09	-R\$ 49.313,60
4	R\$ 18.334,03	-R\$ 54.953,31	-R\$ 63.634,47	-R\$ 18.698,02
5	R\$ 16.462,79	-R\$ 38.490,52	-R\$ 48.817,96	R\$ 11.816,81
6	R\$ 14.782,37	-R\$ 23.708,15	-R\$ 35.513,82	R\$ 42.230,89
7	R\$ 13.273,34	-R\$ 10.434,82	-R\$ 23.567,82	R\$ 72.544,22
8	R\$ 11.918,22	R\$ 1.483,40	-R\$ 12.841,42	R\$ 102.756,80

9	R\$ 10.701,33	R\$ 12.184,73	-R\$ 3.210,23	R\$ 132.868,63
10	R\$ 9.608,58	R\$ 21.793,31	R\$ 5.437,49	R\$ 162.879,71
11	R\$ 8.627,32	R\$ 30.420,62	R\$ 13.202,08	R\$ 192.790,04
12	R\$ 7.746,18	R\$ 38.166,80	R\$ 20.173,64	R\$ 222.599,62
13	R\$ 6.954,95	R\$ 45.121,75	R\$ 26.433,09	R\$ 252.308,45
14	R\$ 6.244,47	R\$ 51.366,23	R\$ 32.053,12	R\$ 281.916,53
15	R\$ 5.606,51	R\$ 56.972,74	R\$ 37.098,98	R\$ 311.423,85
16	R\$ 5.033,66	R\$ 62.006,40	R\$ 41.629,27	R\$ 340.830,43
17	R\$ 4.519,29	R\$ 66.525,69	R\$ 45.696,64	R\$ 370.136,26
18	R\$ 4.057,44	R\$ 70.583,13	R\$ 49.348,33	R\$ 399.341,33
19	R\$ 3.642,74	R\$ 74.225,87	R\$ 52.626,80	R\$ 428.445,66
20	R\$ 3.270,39	R\$ 77.496,26	R\$ 55.570,15	R\$ 457.449,23
21	R\$ 2.936,06	R\$ 80.432,32	R\$ 58.212,60	R\$ 486.352,06
22	R\$ 2.635,88	R\$ 83.068,20	R\$ 60.584,90	R\$ 515.154,13
23	R\$ 2.366,36	R\$ 85.434,56	R\$ 62.714,62	R\$ 543.855,46
24	R\$ 2.124,37	R\$ 87.558,93	R\$ 64.626,55	R\$ 572.456,03
25	R\$ 1.907,11	R\$ 89.466,04	R\$ 66.342,95	R\$ 600.955,86

Tabela 3 - Payback descontado por cenários.

A partir dos dados da Tabela 3 pode-se verificar que o Payback Descontado, em tempo decorrido, acontece no 8º ano do projeto no caso do cenário normal, em que a eficiência energética é aquela descrita nas especificações técnicas dos projetos. Cabe salientar que as especificações dos projetos consideram, em média, o tempo de luz solar de 5h diárias, no entanto, sabe-se que pode-se ter variações para mais ou para menos. No caso do nordeste do país, espera-se que essa variação seja, em média, para mais.

No caso do cenário pessimista (com eficiência energética de 90%), o projeto tem a sua recuperação no 10º ano. Por sua vez, no cenário otimista, com eficiência de 110%, a recuperação do projeto acontece em torno do 5º ano. Considerando-se, portanto, as estimativas do Payback Descontado, pode-se dizer que entre 5 e 10 anos a recuperação do projeto torna-se visível.

Partindo-se, agora, da ideia de que a Taxa Interna de Retorno (TIR) pode ajudar na estimação de resultados do projeto, realizou-se, novamente, análises em relação aos Fluxos de Caixa do projeto em torno de cenários hipotéticos. A Tabela 4 apresenta apenas as Taxas Internas de Retorno por cenário e com estimativa de anos em 25, 10 e 5 anos. Os dados para estimação foram os mesmos adotados no modelo do Payback descontado (fluxos de caixa, taxas de correção do consumo e taxas de desconto).

Período	Cenário Normal (EF = 100%)	Cenário Pessimista (EF = 90%)	Cenário Otimista (EF = 110%)
25 anos	7%	6%	21%

10 anos	3%	1%	17%
5 anos	-10%	-13%	3%

Tabela 4 - Taxas Internas de Retorno, por cenário.

Os resultados foram obtidos junto ao Excel, por meio da função que calcula a TIR. Para fins de visualização do retorno do investimento ao longo do período e, dessa forma, a recuperação do capital investido no projeto, além dos fluxos de caixa líquidos, optou-se por dividir a análise em períodos. Em 25 anos, tempo estimado para vida útil do projeto, o cenário normal apresentou uma TIR de 7% para o período. Em 10 anos, ainda no cenário normal, a TIR foi de 3%, em 5 anos não há recuperação do investimento, mas, na verdade, uma TIR negativa (sugerindo inviabilidade) de - 10%. Os cenários pessimista e otimista revelam realidade bastante distantes, variando, no primeiro de - 13% a 6% e, no segundo, de 3% a 21%.

A TIR revela, novamente, um retorno sobre o investimento, mas agora com a visualização a partir de um índice. Ademais, cabe comentar ainda que o investimento aparentemente não se mostra viável com poucos anos (a exemplo do período de 5 anos), necessitando, assim, de cerca de 10 anos para recuperação do investimento inicial e genuinamente retorno do projeto, sob o ponto de vista econômico.

Cabe o comentário de que, utilizando-se como parâmetro a vida útil sinalizada na literatura (25 a 30 anos), o tempo de recuperação do investimento do projeto, levando-se em conta a economia de energia proporcionada com a adoção de um sistema fotovoltaico, acontece em menos da metade da vida útil do projeto. Além disso, cabe lembrar que os métodos atualizam o valor, mas, em termos de economia anual, ao longo do período (não

considerando-se uma taxa de desconto), pode-se falar em valores próximos de 25 a 28 mil reais por ano, implicando, em termos relativos, em economia média de 23% nas contas de energia (com perspectivas de aumento do percentual, visto que o preço da energia comprada tende a aumentar, segundo projeções). Considerando-se ainda um cenário econômico bastante próximo do que vivemos atualmente (em relação aos preços de energia elétrica), pode-se verificar o quão importante a adoção de sistemas fotovoltaicos tende a ser. Vale ainda argumentar, sobre o ambiente econômico dos preços de energia no Brasil, que recentemente o país passou por uma crise hídrica e energética, o que forçou os preços da energia elétrica de forma inesperada para além do que muitas empresas haviam projetado no ano anterior. Um sistema de energia fotovoltaico, considerando-se as projeções econômico-financeiras para economia de energia elétrica, torna-se ainda mais vantajoso.

Uma vez realizadas as análises a partir do Payback e da TIR, é adequado verificar-se a viabilidade do investimento pelo método do VPL. Novamente adotou-se a ideia de cenários apresentada no Payback descontado e na TIR. Os cálculos foram realizados no Excel, com ajuda da função.

Período	Cenário Normal (EF = 100%)	Cenário Pessimista (EF = 90%)	Cenário Otimista (EF = 110%)
25 anos	R\$ 139.102,12	- R\$ 16.517,50	R\$ 166.138,70
10 anos	R\$ 41.163,86	- R\$ 33.653,64	R\$ 58.406,62
5 anos	-R\$ 27.978,25	- R\$ 61.406,36	- R\$ 17.649,70

Tabela 5 - Valor Presente Líquido (VPL) por cenário.

De maneira semelhante ao que foi feito na análise pela TIR optou-se por verificar o VPL do investimento ao longo de diferentes períodos de tempo (Tabela 5). Com 25 anos, tempo médio vida útil do projeto, o VPL no cenário normal, ou seja, com a eficiência estimada dos projetos de energia fotovoltaica, o valor residual foi de R\$ 139.102,12, indicando, dessa forma, que o projeto gera valor e é viável. Caso, hipoteticamente, abandone-se a ideia de continuar com a geração de energia solar em 10 anos, ainda assim, no mesmo cenário, o projeto gera valor (R\$ 41.163,86). Na hipótese de 5 anos, contudo, o projeto implica em perda de valor no montante de R\$ 27.978,25 (em termos de valor atualizado pelo VPL). Diferentemente dos métodos do Payback e da TIR, contudo, o investimento no cenário pessimista, com 90% de eficiência na produção, implica em prejuízos em todas as hipóteses, seja em 25, 10 ou 5 anos. Cabe, no entanto, comentar que tal cenário implica na aceitação de uma produção sempre aquém do previsto durante o período delineado, o que pode não se configurar como a realidade na região Nordeste do país e, da mesma maneira, em João Pessoa/PB. Por fim, no contexto do cenário otimista, em que a produção alcança níveis superiores à média de produção apresentada nas cotações de preços, o VPL em 25 anos mostra-se bastante satisfatório, com valor de R\$ 166.138,70. Apesar desse valor bastante alto, cabe comentar que, caso o projeto seja abandonado com 5 anos (mesmo no cenário otimista), tem-se um VPL de - R\$ 17.649,70, sinalizando destruição de valor do projeto.

O VPL, considerado mais robusto, permite visualizar o valor final criado ou destruído com o projeto. Cabe salientar, no entanto, que esse valor está descrito em termos de atualização monetária do dinheiro ao longo do tempo, não implicando, portanto, em valores brutos anuais (que poderão ser descontados a uma taxa maior ou menor do que a estimada

para análise). Dito isso, traz-se à tona novamente a ideia de que o investimento mostra-se viável não apenas pela lógica expressa nos métodos de avaliação econômica e financeira de um projeto, mas, também, a partir da ótica de um investimento capaz de antever cenários pessimistas ou otimistas em relação ao comportamento dos preços da energia elétrica no Brasil.

A título de exemplificação, pode-se trazer à tona o fato de que a compra normal da energia elétrica em redes de distribuição, comparativamente à adoção de um projeto de geração de energia elétrica, mesmo que apenas piloto (para economia de um percentual da conta total) mostra-se viável. O VPL demonstra que, com exceção de um cenário de baixa produção de energia solar (ou, da mesma forma, na hipótese de ficar mais caro produzir energia a partir de células fotovoltaicas, o que não aparenta ser a tendência), a viabilidade de um sistema é claramente evidente em termos de valor final obtido com o projeto. Cita-se, ainda, que ao se investir em um projeto de energia fotovoltaica, além da economia residual ao final do projeto, pode-se antever um movimento que claramente vem acontecendo ao longo do tempo e em diversas partes do mundo: a escassez de recursos para geração de energia elétrica leva ao encarecimento da energia, pressionando o mercado a buscar soluções imediatas para geração por meio de fontes alternativas.

Antes da última análise, que se baseia no índice de lucratividade, pode-se comentar que o investimento em energia solar aparenta ter chegado no momento em que sua viabilidade começa a se mostrar vantajosa mesmo para pequenos projetos e em um prazo médio de recuperação do investimento. Tal argumento pode ser justificado pelos resultados do Payback descontado, da TIR e do VPL, como demonstrado anteriormente. Assim, pode-se

dizer que antes de qualquer análise puramente financeira, a lógica econômica por traz do investimento merece destaque, principalmente no que diz respeito aos cenários que se formataram ao longo dos anos (escassez de recursos naturais, pressões sociais em torno da consciência ambiental, redução dos preços de componentes de sistemas de energia solar, aumento da capacidade e da eficiência na produção, aumento dos preços da energia elétrica consumida por empresas e famílias, avanços tecnológicos na produção de materiais para sistemas fotovoltaicos, dificuldades na ampliação da oferta de energia por fontes tradicionais etc.).

Por fim realiza-se a análise pelo método do Índice de Lucratividade, que nada mais é do que a possibilidade de se analisar quanto cada unidade monetária oferece de retorno dentro do prazo estabelecido e considerando-se os fluxos de caixa líquidos do projeto. A Tabela 6 apresenta os resultados pertinentes:

Período	Cenário Normal (EF = 100%)	Cenário Pessimista (EF = 90%)	Cenário Otimista (EF = 110%)
25 anos	2,06	0,87	2,26
10 anos	1,31	0,74	1,44
5 anos	0,79	0,53	0,86

Tabela 6 - Índice de Lucratividade (IL) por cenário.

A partir da análise da Tabela 6 pode-se chegar a uma série de discussões. Primeiro, com base no cenário normal, em que a eficiência na geração de energia é de 100%, em 25

anos pode-se chegar à conclusão de que para cada R\$ 1,00 investido, o investimento gerará um retorno de R\$ 1,06. Na hipótese de 10 anos de vida para o projeto, esse valor cai, mas ainda assim gera-se valor: para cada R\$ 1,00 investido, cerca de R\$ 0,31 são obtidos como retorno (ou no presente caso, economia nas contas de energia). Por fim, na hipótese de encerramento da geração de energia em 5 anos o projeto não gera valor, pelo contrário, destrói: para cada R\$ 1,00 investido, o valor recuperado será de apenas R\$ 0,79, implicando, portanto, em prejuízo de R\$ 0,21 para cada R\$ 1,00 investido. No cenário pessimista, novamente, verifica-se a inviabilidade do investimento, pois em todos os períodos (5, 10 ou 25 anos) há destruição de valor. Por fim, no cenário otimista, com eficiência na geração de energia além da estimativa média dos projetos de sistemas fotovoltaicos, há geração de valor para hipotéticos 10 ou 25 anos.

Por meio das análises realizadas, seja pelo método do Payback descontado, TIR, VPL ou IL, pode-se chegar a várias nuances da aceitação ou rejeição do projeto de um projeto de geração de energia solar. Primeiro, cabe comentar que os métodos demonstraram que supondo-se um cenário normal de geração de energia (cerca de 3.000 KWh/mês) e considerando-se expectativas razoáveis para inflação e desconto nos fluxos de caixa, o projeto mostra-se plenamente viável em menos de 25 anos. Cabe salientar, no entanto, que a medida em que se reduz a vida útil (por exemplo, supondo-se o encerramento das operações de geração de energia solar em menos de 10 anos) o risco de se perder valor com o projeto aumenta substancialmente. Em cinco anos, a partir dos métodos da TIR, do VPL e do IL o projeto mostra-se com alta probabilidade de perda de valor e, portanto, inviabilidade.

A discussão iniciada anteriormente pode levantar olhares mais pessimistas em relação à adoção do projeto, contudo, comenta-se que a literatura em geral sinaliza entre 25 e 30 anos de vida útil do projeto, além de expectativas de encarecimento das fontes de energia tradicionais e, acima de tudo, barateamento de componentes de sistemas fotovoltaicos. Tendo tais informações em mente, pode-se argumentar, dessa forma, que os cenários “normal” e “otimista” parecem mais adequados à análise, visto que as perspectivas econômicas são de melhoria da conjuntura para adoção de energia solar e piora da situação no tocante aos preços e consumo de energia convencional.

Uma importante análise resultante da adoção dos métodos é a percepção que o método do Índice de Lucratividade (IL) proporciona. Ao se analisar a geração de valor por unidade monetária aplicada, não apenas se evidencia a viabilidade do projeto, mas define-se um parâmetro razoavelmente fácil de se perceber a vantagem da adoção de um sistema de energia solar. A título de ilustração, ao se trazer novamente o valor gerado de R\$ 1,06 para cada R\$ 1,00 investido, no cenário normal, em 25 anos, evidencia não apenas a vantagem econômica do projeto, mas também o elevado potencial para economia de energia comprada da rede distribuidora local.

CONCLUSÕES

A energia solar, além de promissora enquanto possibilidade para geração sustentável de energia elétrica, tem sido constantemente indicada como possibilidade economicamente viável para adoção em micro, pequena, média e larga escala. Apesar das notícias, sejam elas nacionais ou internacionais, sinalizarem a viabilidade econômica, e mesmo com uma

quantidade bastante relevante de trabalhos acadêmicos, tem-se no mercado nacional (e até certo ponto, no restante do mundo) uma certa resistência à adoção de sistemas fotovoltaicos.

Com base na literatura, especialmente estudos que indicam a viabilidade da energia solar, buscou-se analisar a capacidade de produção de energia a partir de células fotovoltaicas no território brasileiro, comparativamente com outras partes do mundo. Durante às pesquisas verificou-se que o território brasileiro apresenta alto potencial para geração de energia solar, especialmente na região nordeste. Os estudos indicam, ainda, que o potencial para geração no nordeste, e da mesma forma na Paraíba, é bastante superior ao de outros países do mundo, a exemplo da Alemanha, Espanha, França e Estados Unidos, todos pioneiros e líderes na adoção da matriz energética solar.

Considerando-se que o contexto nacional é promissor para geração de energia solar e, adotando-se com parâmetro para verificação da viabilidade econômica e financeira, foram analisados cenários em torno da instalação de um sistema fotovoltaico na CBTU/STU-JOP. Baseando-se nas técnicas do Payback Descontado, da Taxa Interna de Retorno, do Valor Presente Líquido e do Índice de Lucratividade, verificou-se que um projeto piloto para geração de cerca de 3.000 KWh/mês é viável, considerando-se um prazo médio superior a 10 anos (sendo mais promissor no longo prazo, em cerca de 25 anos ou mais). A partir da análise de cenários foi possível constatar que diante de um cenário de produção de energia conforme a expectativa média dos projetos de sistemas fotovoltaicos e, marginalmente, diante de cenário pessimista, o projeto mostrou-se viável. Cabe salientar, no entanto, que no caso de um cenário pessimista (com eficiência inferior ao projetado) pode-se chegar à conclusão precipitada de que o projeto é inviável. Vale argumentar, no entanto, que as projeções econômicas de

35

aumento do custo da energia elétrica, bem como barateamento dos custos de painéis solares podem atenuar essa situação ou mesmo implicar em um cenário viável para instalação de sistemas de energia solar.

Por fim, pode-se concluir que a possível implementação de um projeto voltado para geração de energia elétrica a partir de células fotovoltaicas, aos moldes da ideia que foi apresentada no presente trabalho, mostra-se plenamente viável. É válido comentar, no entanto, que estudos mais rigorosos e detalhados devem nortear qualquer decisão. Apesar de se fazer necessário um maior detalhamento técnico, pode-se argumentar em favor da adoção do sistema, pelo menos inicialmente e sob a forma de projeto piloto, como meio de se aproveitar a tendência de adoção de células fotovoltaicas para geração de energia de maneira sustentável e economicamente viável. A adoção implica, além de economia no custo financeiro da energia elétrica da empresa, em uma imagem mais sustentável e justificada pela eficiência no processo de economia de energia e recursos financeiros. O estudo, como um todo, permitiu vislumbrar, pelo menos de forma inicial, uma solução sustentável e eficiente para lidar com aumentos do consumo de energia elétrica, mudanças na dinâmica de preços da energia elétrica e necessidades sustentáveis para geração de energia elétrica.

Acompanhando-se, portanto, a tendência mundial, sugere-se que a solução a partir de células fotovoltaicas surge não apenas como tendência ambientalmente adequada, mas, da mesma maneira, como meio economicamente vantajoso para se gerar economia de dinheiro a partir da redução da necessidade de compra de kWh/mês a partir da rede elétrica comum. Um projeto piloto, nesse sentido, pode ajudar não apenas no tocante à consciência ambiental

ou à imagem da empresa (interna e externa), mas, de forma bastante pragmática, em termos de viabilidade econômica e financeira em relação à adoção da energia fotovoltaica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIK, L. R. Análise de projetos de investimento sob condições de risco. Revista FAE, Curitiba, v. 7, n.1, p. 67-76, jan./jun. 2004.

ARDALAN, K. Payback period and NPV: Their diferente cash flows. Journal of Economics and Finance Education. Vol. 11, n. 2, 2012.

ASSAFT NETO, A.; LIMA, F. G. Curso de Administração Financeira. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2011.

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. São José dos Campos, 1ª Edição, 2006.

BANDEIRA, F. P. M. O aproveitamento da energia solar no Brasil – Situação e Perspectivas. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados Federais. Estudo. Março de 2012.

BARBOSA FILHO, W. P.; FERREIRA, W. R.; AZEVEDO, A. C. S.; COSTA, A. L.; PINHEIRO, R. B. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: Impactos ambientais e políticas públicas. R. Gest. Sust. Ambient. Florianópolis, n. especial, p. 628-642, dez. 2015.

BARP, C. A.; SEHNEM, S.; BENCKE, F. F. Energia Fotovoltaica como matriz energética sustentável em organizações. R. Gest. Sust. Ambient. Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 178-203, out.2014/mar.2015.

BLOOMBERG. Wind and Solar are Crushing Fossil Fuels. Notícia de 6 de Abril de 2016.

Disponível em: < <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels> >. Acesso em 12 de junho de 2016.

BRITO, M. C.; SILVA, J.A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade. Revista o Instalador, Lisboa, Julho de 2006.

CABELLO, A. F.; POMPERMAYER, F. M. Energia Fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico. Texto para Discussão. IPEA, Brasília, Fevereiro de 2013.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica X viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia/GO, 19 a 22 de Novembro de 2012.

DAMODARAN, A. Finanças Corporativas: Teoria e prática. 2ª Edição. Bookman, 2004.

DIEESE. Comportamento das tarifas de energia elétrica no Brasil. Nota Técnica, n. 147, agosto de 2015.

ECONOMIST, The. Follow the Sun. Notícia de 16 de abril de 2016. Disponível em: < <http://www.economist.com/news/business/21696941-solar-power-reshaping-energy-production-developing-world-follow-sun?zid=313&ah=fe2aac0b11adef572d67aed9273b6e55> >. Acesso em 12 de junho de 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Ministério de Minas e Energia, 2007.

FARMER, J. D.; LAFOND, F. How predictable is technological progress. *Research Policy*, vol. 45, p. 647-665, 2016.

FOLHA DE S. PAULO. Investimento em painel de energia solar compensa em 23 Estados.

Notícia de 27 de agosto de 2015. Disponível em: <

<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/08/1673818-investimento-em-painel-solar-compensa-em-23-estados-diz-consultoria.shtml> >. Acesso em 08 de junho de 2016.

GENI. Global Energy Network Institute. Review and Comparison of diferente solar energy Technologies. Agosto de 2011.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011/2012.

LEWIS, N. S. Toward Cost-Effective Solar Energy Use. *Science*. Vol. 315, fevereiro de 2007.

MIT. Massachusetts Institute of Technology. The Future of Solar Energy: Na interdisciplinar MIT study. Energy Initiative, 2015.

OECD/IEA. International Energy Agency. Solar Energy Perspectives. OECD/IEA, 2011.

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

CEPEL/CRESESB. Rio de Janeiro, março de 2014.

REHMAN, S.; BADER, M. A.; AL-MOALLEM, S. A. Cost of solar energy generated using PV panels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 11, p. 1843-1857, 2007.

SAITO, M. B.; TÁVORA JR. J. L.; OLIVEIRA, M. R. G. A teoria das opções reais: uma aplicação a projetos de investimento em inovação tecnológica considerando-se o valor da flexibilidade gerencial. VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO, I. M. T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica fontes convencionais. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Brasília/DF, 31 de maio a 02 de junho de 2006.

SOLAR ENERGY DO BRASIL. Esquematização de sistema fotovoltaico integrado à rede elétrica, 2016. Disponível em: < <http://solarenergy.com.br/> >. Acesso em 20 de junho de 2016.

TIMILSINA, G. R.; KURDGELASHVILI, L.; NARBEL, P. A. A Review of Solar Energy: Markets, Economics and Policies. Policy Working Paper. N. 5845. The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, outubro de 2011.

VERAS, L. L. Matemática Financeira. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2005.

WANDERLEY, A. C. F.; CAMPOS, A. L. P.S. Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte. HOLOS, ano 29, vol. 3, 2013.