

INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO MERCADO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE ELÉTRICA DO MUNICÍPIO DE ESTREITO/MA

INDICATORS OF ECONOMIC VIABILITY OF THE PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION MARKET CONNECTED TO THE ELECTRICITY GRID OF THE MUNICIPALITY OF ESTREITO / MA

Claudio Roberto Silva Junior¹

Edilange Moreira da Costa¹

Gustavo Henrique Andrade Sousa¹

José Ribamar Santos Moraes Filho¹

Patrício Moreira de Araújo Filho¹

¹Faculdade Pitágoras de São Luis

Resumo

Este artigo apresenta um estudo acerca da viabilidade econômica do mercado de microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica do município de Estreito/MA. Para tal análise, foram utilizados os dados de consumo médio residencial e renda per capita do município referentes ao ano de 2016, os preços médios dos kits solares de aquisição dos equipamentos e instalação e também dos indicadores de viabilidade econômica payback, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Índice de Lucratividade (IL). A partir destes dados, foi constatado que é viável investir-se no setor fotovoltaico em Estreito/MA tanto pelos indicadores de viabilidade analisados quanto do ponto de vista ambiental, apresentando características naturais favoráveis para tal investimento.

Palavras-chave: Viabilidade econômica; energia; Indicadores.

Abstract

This article presents a study about the economic viability of the photovoltaic microgeneration market connected to the electricity grid of the municipality of Estreito / MA. For this analysis, the data of average residential consumption and per capita income of the municipality for the year 2016 were used, the average prices of the solar kits for the acquisition of equipment and installation and also of the economic viability indicators payback, Net Present Value), Internal Rate of Return (IRR) and Profitability Index (IL). From these data, it was verified that it is feasible to invest in the photovoltaic sector in Estreito / MA, both by the viability indicators analyzed and from the environmental point of view, presenting favorable natural characteristics for such investment.

Key-words: Economic viability; energy; Indicators.

1. Introdução

Atualmente, os custos da energia elétrica representaram um aumento significativo no orçamento das empresas e dos consumidores residenciais, fazendo com que estes busquem a otimização de tais custos, para se produzir mais com menos. Atrelada a tais concepções, a energia solar fotovoltaica residencial oferece diversas vantagens para quem deseja investir neste setor, podendo-se destacar: ser uma fonte de energia limpa, minimizar os impactos ambientais, reduzir o preço da conta de energia elétrica dentre outros fatores.

O território brasileiro recebe elevados índices de irradiação solar, se comparados com países europeus, por exemplo, onde a tecnologia fotovoltaica é disseminada para a produção de energia elétrica. Constata-se, entretanto, que o avanço tecnológico no Brasil tem passado por fases de crescimento, bem como por períodos de dificuldades para sua implementação (PINHO E GALDINO, 2014, p. 57).

Vinculado ao desenvolvimento internacional do setor fotovoltaico, o Brasil, embora ainda com pequena capacidade instalada, tem buscado superar as barreiras, através de um conjunto de elementos, para inserção da fonte na matriz brasileira. Os avanços alcançados nos últimos anos contemplaram ações oriundas de múltiplos agentes, em diversas esferas, destacando-se a regulatória, tributária, normativa, de pesquisa e desenvolvimento e de fomento econômico (EPE, 2014).

No que concerne à legislação, a Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) no seu art. 2º, define microgeração distribuída toda central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Corroborando com a Abinee (2012), vai se tornando cada vez mais clara a oportunidade de explorar a energia fotovoltaica no Brasil, não apenas pela alta incidência de irradiação, que é sem dúvida um fator relevante, mas também pela firme trajetória de aumento de eficiência e queda dos custos de implantação de módulos e sistemas fotovoltaicos em nível internacional e nacional. Somam-se a estes fatores de atratividade a presença no Brasil de vasta disponibilidade de matérias-primas na base da cadeia fotovoltaica e o elevado potencial de mercado, dadas as dimensões territoriais e as taxas de crescimento sustentáveis desde a estabilização política e econômica.

Entretanto, diversos fatores que incidem no mercado da microgeração contribuíram negativamente, resultando na incipiente participação de empreendedores na oferta de serviços de instalação de sistemas autônomos de geração fotovoltaica no Brasil. Por exemplo, o Estado do Maranhão, onde, apesar das condições atmosféricas favoráveis à microgeração, há registro de menos de dezessete empresas atuando no setor, segundo o Portal América do Sol (2017), restringindo a população às informações e as contratações diretas de serviços que possibilite produzir energia elétrica para si e comercializar o excedente.

Neste contexto, este artigo apresenta uma análise de viabilidade econômica do mercado de microgeração fotovoltaica *on grid* no município de Estreito/MA, a partir dos seguintes indicadores de viabilidade econômica: *payback*, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e índice de lucratividade (IL). A partir de tal análise, traça-se o perfil econômico e ambiental para investir-se neste segmento no município em estudo.

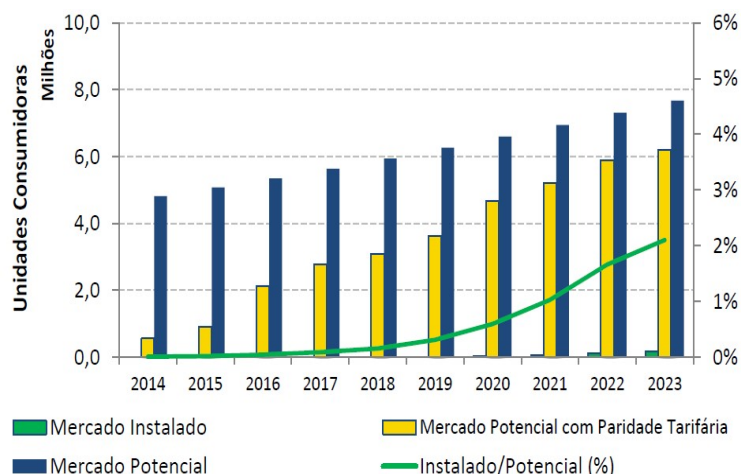
2. Revisão Bibliográfica

Microgeração fotovoltaica de energia no Brasil

A microgeração de energia deixou de ser uma atividade centralizada e de exclusividade de médias e grandes empresas. Em junho de 2016, o Brasil ultrapassou o número de 2.700 microgeradores individuais, um aumento de 44% na comparação com dezembro de 2015, segundo a Associação da Indústria de Cogeração de Energia (Cogen). A potência instalada já é de 27 MW, suficiente para abastecer aproximadamente 20 mil habitantes. A maioria dos microgeradores (cerca de 90%) é representado pela energia solar fotovoltaica, sendo que quase todos estão instalados em residências (COGEN, 2016).

Na figura 1 é apresentada a evolução e projeção do mercado de sistemas fotovoltaicos no Brasil até 2023, simulado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). A barra azul apresenta o número de unidades consumidoras potenciais, isto é, residências com consumo superior a 400 kWh/mês e comércios (sem restrição à nível de consumo). A barra amarela representa como o mercado vai se tornando economicamente viável ao longo dos anos, atingindo a viabilidade para mais de 80% dos consumidores potenciais em 2023. Em verde é mostrado o número de consumidores que terão instalados sistemas fotovoltaicos ao longo do horizonte decenal (forma de barra) e o percentual em relação ao potencial, em linha (EPE, 2014).

Figura 1 – Evolução do mercado de sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil



Fonte: EPE (2014)

Detalhamento do mercado fotovoltaico no Estado do Maranhão

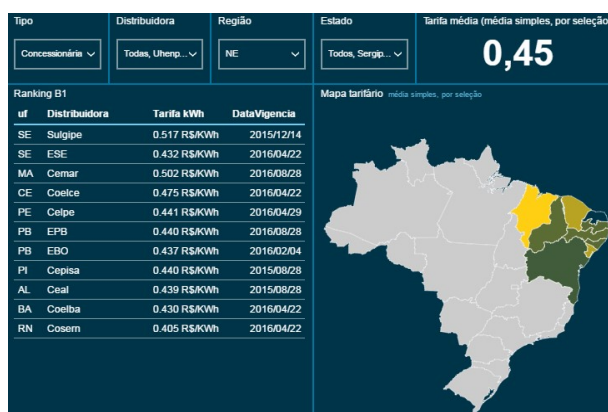
Segundo dados da Secretária de Estado de Indústria e Comércio do Maranhão (2016), o Estado do Maranhão está em uma das regiões com maior incidência de raios solares do país, o que representa um potencial para a instalação de parques para produção de energia fotovoltaica e sistemas fotovoltaicos.

O Governo do Estado tem incentivado a atividade por meio dos incentivos à pesquisa, desenvolvimento e inovação em projetos no setor fotovoltaico no Estado. Além da energia solar, outras fontes de energias renováveis são vislumbradas como promissoras, mesmo que ainda incipientes em nossa região, tais como: energia eólica, biomassa e energia oceânica.

Apesar de apresentar condições climáticas favoráveis para o investimento neste setor, o Maranhão possui apenas dezessete empresas do setor fotovoltaico cadastradas no Portal América do Sol (2017), delimitando a população às informações e as contratações diretas de serviços que possibilite produzir energia elétrica para o seu próprio consumo e comercializar o excedente.

Segundo a Aneel (2016), o Maranhão possui a segunda maior tarifa residencial (R\$ 0,502/kWh) dentre os Estados da Região Nordeste, como ilustrado na figura 2, onde com a adoção do sistema fotovoltaico, promoveria uma redução significativa na conta de energia do consumidor.

Figura 2 – *Ranking* das tarifas residenciais da região Nordeste



Fonte: ANEEL (2016)

Indicadores de viabilidade econômica

Um mercado em ascensão como o fotovoltaico cria uma série de oportunidades para quem pretende se inserir no mundo do empreendedorismo. Compreender como funciona o mercado, suas tecnologias, seus riscos e indicar as melhores soluções para o negócio são pontos essenciais para o seu sucesso.

Os custos iniciais e de instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica dependem principalmente do tamanho e da complexidade da instalação, sendo este valor estimado pelas empresas quando contratadas pelo consumidor. É de vital importância para o consumidor fazer uma pesquisa de mercado e solicitar o orçamento para instalação e, após esses trâmites, constatar qual empresa apresentou-lhe um melhor custo/benefício para instalação, através de uma análise de investimentos.

De acordo com Brom e Balian (2007, p. 13), a análise de investimentos refere-se a uma avaliação da viabilidade financeira dos investimentos, realizada em um contexto que envolve uma série de parâmetros, critérios e objetivos. O maior desafio da análise de investimentos refere-se à interpretação das ocorrências futuras. A análise é feita inicialmente pelo fluxo de caixa do projeto e por indicadores de viabilidade econômica, tais como o *payback*, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e índice de lucratividade (IL).

“O *payback* é o período de tempo em que ocorre o retorno do investimento inicial (BRITO, 2012, p. 51)”. Este método mede o tempo estimado para a recuperação do capital inicialmente investido.

A regra de decisão do método de período de *payback* é a seguinte: (a) se o investimento se pagar dentro do período de tempo estabelecido pelo investidor, aceita-se o projeto de investimento; (b) se o investimento não se pagar dentro do período de tempo estabelecido pelo investidor, rejeita-se o projeto de investimento.

O Valor Presente Líquido (VPL) é a soma algébrica de todos os fluxos de caixa descontados para instante presente, ou seja, o investimento inicial (MOTTA E CALÔBA, 2012, p. 106).

Também conhecido como método de avaliação de fluxos de caixa descontados, o VPL proporciona uma comparação entre o valor do investimento e o valor dos retornos esperados, com todos os valores considerados no momento atual (BROM E BALIAN (2007, p. 14). Algebricamente, o VPL é representado conforme a Equação 1:

$$VPL = -Invest. + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde: VPL (valor presente líquido), FC_n (fluxo de caixa após imposto no ano n), i (taxa de desconto ou de atratividade) e n (vida do projeto em anos).

Existe uma regra de decisão básica pelo método VPL, conforme a seguir: (a) se $VPL > 0$: o projeto é viável (aceita-se o projeto de investimento), pois os retornos oferecidos cobrirão o capital investido; (b) se $VPL = 0$: o projeto de investimento apresenta-se indiferente, pois o retorno do investimento apenas cobrirá o capital investido e o retorno mínimo cobrado pelo investidor (não oferece qualquer vantagem ou ganho); (c) se $VPL < 0$: o projeto é rejeitado, pois os retornos oferecidos não cobrirão o capital investido acrescido do retorno mínimo exigido pelo investidor.

A taxa interna de retorno (TIR) representa a taxa média periódica de retorno de um projeto suficiente para suprir, de forma integral, o investimento realizado.

Um ponto importante a ser elencado para aceitação, indiferença ou rejeição da TIR é se determinar a taxa mínima de atratividade (TMA). Brom (2011, p. 15) a define como uma taxa de retorno minimamente requerida pelo investidor, ou seja, de um retorno mínimo aceitável pelo investidor. Esta também pode ser definida como o custo de capital (próprio) da empresa, que é a expectativa mínima de remuneração dos investidores.

Algebricamente, a TIR é representado conforme a Equação 2:

$$VPL = -Invest. + \frac{FCL}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} = 0 \quad (2)$$

Assim como para o VPL, existe uma regra de decisão básica pelo método TIR: (a) se $TIR > TMA$: aceita-se o projeto de investimento; (b) se $TIR = TMA$: VPL será zero (indiferente); (c) se $TIR < TMA$: rejeita-se o projeto de investimento.

Por fim, o índice de lucratividade (IL) é um método que considera a relação entre o valor atual líquido do investimento e o valor inicial do investimento. Segundo o Sebrae (2013), “o índice de lucratividade é um dos principais indicadores econômicos das empresas e consumidores, pois está relacionado diretamente à sua competitividade”. Algebricamente, o IL é representado conforme a Equação 3:

$$IL = \frac{\frac{FCn}{(1+i)^n}}{Investimento} \quad (3)$$

A regra de decisão básica para o índice de lucratividade é a seguinte: (a) se $IL > 1$: recomenda-se o projeto de investimento (quanto maior o índice, mais atrativo será o investimento); (b) se $IL < 1$: o investimento deverá ser rejeitado.

Taxas de atratividade

Em média, um sistema fotovoltaico tem uma estimativa de duração de 25 anos. Tomando-se como base este período, estima-se em uma taxa de juros de 4% ao ano (atualização monetária) sobre o investimento inicial, na perspectiva de se obter todo o capital investido inicialmente.

Outra taxa que pode ser considerada é o Custo Médio Ponderado do Capital (WACC). Segundo Assaf Neto (2010, p. 409), o WACC é frequentemente utilizado na administração financeira como a taxa de retorno mínima a ser exigida nas aplicações de capital de uma empresa em dado segmento. Representam esse custo, em outras palavras, o retorno que os ativos da empresa devem produzir, dados que determinam a estrutura de capital e nível de risco, de maneira que promova a maximização da riqueza de seus proprietários.

Para Damodaran (2017) *apud* Filipe (2015), o custo de capital (WACC) a ser investido no setor fotovoltaico é de 6,18% ao ano e de acordo com o *Fraunhofer Institute for solar*

Energy Systems (2013), o valor de referência correspondente para o WACC para investimentos no setor fotovoltaico em regiões que apresentam uma boa incidência solar é de 4,7% ao ano, representando ao consumidor a taxa de juros neste investimento ao longo dos 25 anos.

Por fim, em entrevista com empresários do segmento fotovoltaico do Estado do Maranhão, grande parte das empresas do Estado optam pelo financiamento de energia solar pela FNE Sol, onde a taxa de juros para o consumidor residencial é em média de 6,5% ao ano.

3. Metodologia

Neste artigo foi utilizado os métodos de pesquisa descritiva e exploratória, com abordagens qualitativa e quantitativa de dados, referentes ao mercado de microgeração fotovoltaica no Estado do Maranhão e análise de viabilidade econômica para sua realização no município de Estreito/MA.

A pesquisa descritiva visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com um fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode também se apresentar por meio de um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto (PEROVANO, 2014).

A pesquisa exploratória visa uma maior familiaridade do pesquisador com a temática proposta, podendo ser construído com base em hipóteses ou intuições. Tais abordagens foram efetuadas por meio de pesquisas bibliográficas acerca da temática proposta, assim como pesquisas *in loco* em empresas e fornecedores e processamento de dados (base de dados de irradiação solar incidente no Brasil e Maranhão e simulador solar).

Apesar do Estado do Maranhão possuir condições climáticas favoráveis para o investimento no setor fotovoltaico, o mesmo possui a menor renda *per capita* do País, sendo caracterizado como um Estado de “extrema” pobreza. Segundo o IBGE (2016), a renda per capita do município de Estreito/MA foi de R\$ 503,29.

4. Resultados

Para a elaboração do fluxo de caixa, o investimento inicial no sistema fotovoltaico foi baseado na média do consumo anual residencial (kWh) do município estudado e, diante deste valor, foi projetado no simulador solar do Portal Solar (2017), acrescido de 20% sob o valor

do sistema em decorrência dos custos de frete e instalação dos equipamentos, conforme demonstra o quadro 1.

Quadro 1 – Preço médio dos *kits* solares para determinados municípios do Estado do Maranhão

Município	Valor médio (Investimento inicial)
Açailândia	R\$ 14.054,40
Alto Parnaíba	R\$ 17.348,40
Balsas	R\$ 17.128,00
Estreito	R\$ 17.054,40
Imperatriz	R\$ 16.689,60
Paço do Lumiar	R\$ 12.736,80
Pedreiras	R\$ 14.383,80
Porto Franco	R\$ 16.579,80
São José de Ribamar	R\$ 14.274,00
São Luís	R\$ 18.787,20

Fonte: Os autores (2017)

O quadro 2 apresenta o consumo médio anual residencial de 2016 para determinados municípios do Estado do Maranhão disponibilizados pela concessionária local. É importante salientar que devem ser consideradas as perdas típicas quantificadas em um sistema fotovoltaico conectado à rede, num valor estimado de 18% (LARONDE E VALLINA, 2010). A partir de tais perdas, pode-se estimar valores mais reais e concretos aos estudos de viabilidade econômica.

Quadro 2 – Geração de energia elétrica para determinados municípios do Estado do Maranhão

Município	Geração anual (kWh/ano)	Geração com perdas (18%) (kWh/ano)
Açailândia	1852,95	1519,4190
Alto Parnaíba	2279,74	1869,3868
Balsas	2263,02	1855,6764
Estreito	2706,69	2219,4858
Imperatriz	2644,85	2168,7770
Paço do Lumiar	1996,19	1636,8758
Pedreiras	1837,49	1506,7418
Porto Franco	2200,63	1804,5166
São José de Ribamar	1897,53	1555,9746
São Luís	2598,72	2130,9504

Fonte: Os autores (2017)

Quanto ao reajuste tarifário, foi considerado o reajuste realizado em 2016 no Estado do Maranhão de 8,24% ao ano na tarifa (com base em estatísticas passadas da Aneel para o ano de 2016 e previsões do IGPM e IRT). Segundo a Aneel (2016), “os valores de reajuste tarifário no Estado do Maranhão a partir de 2016 são os seguintes: para os consumidores residenciais, a alta média será de 8,24% e para a indústria a elevação média será de 8,28%”.

Por fim, outro ponto importante a ser mensurado é o custo de manutenção, referente à limpeza dos painéis, reaperto de conexões dentre outros, onde apesar de mínimos, custam em

média R\$ 150,00 e atualizados em 3% ao ano, corroborando com Miranda (2014) e empresários do ramo do Estado do Maranhão.

Análise do indicador de viabilidade econômica *Payback*

Corroborando com Miranda (2014), o *payback* é o período de tempo necessário para que se obtenha retorno de todo o investimento executado em dada aplicação. Apesar de ser um método de análise geral, é limitado se comparado aos demais indicadores. Nesse indicador não é considerado o risco, correção monetária ou financiamento, limitando-se ao valor onde o lucro líquido iguala ao valor aplicado no investimento analisado.

Para exemplificar o cálculo do *payback*, realizado no *Microsoft Excel 2016*, o quadro 3 apresenta os dados projetados para o município de Estreito/MA, tendo o retorno do investimento feito inicialmente no período de 10,6 anos.

Quadro 3 – *Payback* estimado para o município de Estreito/MA

Ano	Geração com Depreciação*	Geração com Perdas (18%)**	Tarifa elétrica (kWh)***	Remuneração	Fluxo de caixa acumulado
0					- R\$ 17.054,40
1	2706,69	2219,48	0,502	R\$ 1.114,18	- R\$ 15.940,22
2	2685,03648	2201,729914	0,5433648	R\$ 1.196,34	- R\$ 14.743,88
3	2663,556188	2184,116074	0,58813806	R\$ 1.284,56	- R\$ 13.459,32
4	2642,247739	2166,643146	0,636600636	R\$ 1.379,29	- R\$ 12.080,03
5	2621,109757	2149,310001	0,689056528	R\$ 1.481,00	- R\$ 10.599,03
6	2600,140879	2132,115521	0,745834786	R\$ 1.590,21	- R\$ 9.008,83
7	2579,339752	2115,058596	0,807291572	R\$ 1.707,47	- R\$ 7.301,36
8	2558,705034	2098,138128	0,873812398	R\$ 1.833,38	- R\$ 5.467,98
9	2538,235393	2081,353023	0,945814539	R\$ 1.968,57	- R\$ 3.499,41
10	2517,92951	2064,702198	1,023749657	R\$ 2.113,74	- R\$ 1.385,67
11	2497,786074	2048,184581	1,108106629	R\$ 2.269,61	R\$ 883,94
* Depreciação estimada do painel fotovoltaico em 0,8% a.a. (base no <i>datasheet</i> da maioria dos fabricantes)					
** Perdas elétricas consideradas em 18% a.a.					
*** Reajuste de 8,24% a.a. na tarifa (base em estatísticas passadas pela Aneel e previsões do IGPM e IRT)					

Fonte: Os autores (2017)

Análise dos indicadores de viabilidade econômica VPL, TIR e IL

No que se refere aos indicadores de viabilidade econômica VPL, TIR e IL, o quadro 4 apresenta os dados projetados realizados no *Microsoft Excel 2016* também para o município de Estreito/MA, correspondente a taxa de atratividade de 4% ao ano. Para a análise destes indicadores, serão levados em consideração também a análise comparativa das taxas de atratividade de 4% ao ano, 4,7% ao ano, 6,18% ao ano e 6,5% ao ano, respectivamente, conforme o quadro 5, para outros municípios do Estado do Maranhão.

Quadro 4 –VPL, TIR e IL estimados para o município de Estreito/MA

Ano	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (18%) (**)	Tarifa elétrica (kWh) (***)	Remuneração	Custo de Manutenção (****)	Saldo	Valor Presente (4% a.a.)
1	2706,69	2219,48	0,502	R\$ 1.114,18	R\$ 150,00	R\$ 964,18	R\$ 927,10
2	2685,03648	2201,729914	0,5433648	R\$ 1.196,34	R\$ 154,50	R\$ 1.041,84	R\$ 963,24
3	2663,556188	2184,116074	0,58813806	R\$ 1.284,56	R\$ 159,14	R\$ 1.125,43	R\$ 1.000,50
4	2642,247739	2166,643146	0,636600636	R\$ 1.379,29	R\$ 163,91	R\$ 1.215,38	R\$ 1.038,91
5	2621,109757	2149,310001	0,689056528	R\$ 1.481,00	R\$ 168,83	R\$ 1.312,17	R\$ 1.078,51
6	2600,140879	2132,115521	0,745834786	R\$ 1.590,21	R\$ 173,89	R\$ 1.416,31	R\$ 1.119,33
7	2579,339752	2115,058596	0,807291572	R\$ 1.707,47	R\$ 179,11	R\$ 1.528,36	R\$ 1.161,43
8	2558,705034	2098,138128	0,873812398	R\$ 1.833,38	R\$ 184,48	R\$ 1.648,90	R\$ 1.204,83
9	2538,235393	2081,353023	0,945814539	R\$ 1.968,57	R\$ 190,02	R\$ 1.778,56	R\$ 1.249,59
10	2517,92951	2064,702198	1,023749657	R\$ 2.113,74	R\$ 195,72	R\$ 1.918,02	R\$ 1.295,75
11	2497,786074	2048,184581	1,108106629	R\$ 2.269,61	R\$ 201,59	R\$ 2.068,02	R\$ 1.343,35
12	2477,803786	2031,799104	1,199414615	R\$ 2.436,97	R\$ 207,64	R\$ 2.229,33	R\$ 1.392,44
13	2457,981355	2015,544711	1,29824638	R\$ 2.616,67	R\$ 213,86	R\$ 2.402,81	R\$ 1.443,07
14	2438,317504	1999,420354	1,405221881	R\$ 2.809,63	R\$ 220,28	R\$ 2.589,35	R\$ 1.495,28
15	2418,810964	1983,424991	1,521012165	R\$ 3.016,81	R\$ 226,89	R\$ 2.789,93	R\$ 1.549,15
16	2399,460477	1967,557591	1,646343567	R\$ 3.239,28	R\$ 233,70	R\$ 3.005,58	R\$ 1.604,70
17	2380,264793	1951,81713	1,782002277	R\$ 3.478,14	R\$ 240,71	R\$ 3.237,44	R\$ 1.662,01
18	2361,222675	1936,202593	1,928839264	R\$ 3.734,62	R\$ 247,93	R\$ 3.486,70	R\$ 1.721,13
19	2342,332893	1920,712972	2,08777562	R\$ 4.010,02	R\$ 255,36	R\$ 3.754,65	R\$ 1.782,12
20	2323,59423	1905,347269	2,259808331	R\$ 4.305,72	R\$ 263,03	R\$ 4.042,69	R\$ 1.845,03
21	2305,005476	1890,10449	2,446016537	R\$ 4.623,23	R\$ 270,92	R\$ 4.352,31	R\$ 1.909,94
22	2286,565432	1874,983655	2,6475683	R\$ 4.964,15	R\$ 279,04	R\$ 4.685,10	R\$ 1.976,90
23	2268,272909	1859,983785	2,865727928	R\$ 5.330,21	R\$ 287,42	R\$ 5.042,79	R\$ 2.045,99
24	2250,126726	1845,103915	3,101863909	R\$ 5.723,26	R\$ 296,04	R\$ 5.427,22	R\$ 2.117,28
25	2232,125712	1830,343084	3,357457495	R\$ 6.145,30	R\$ 304,92	R\$ 5.840,38	R\$ 2.190,82
							R\$ 37.118,41
				VPL	R\$ 20.064,01	VPL > 0	
				TIR	6,00%	TIR > TMA	
				IL	2,18	IL > 1,0	
* Depreciação estimada do painel fotovoltaico em 0,8% a.a. (base no <i>datasheet</i> da maioria dos fabricantes)							
** Perdas elétricas consideradas em 18% a.a.							
*** Reajuste de 8,24% a.a. na tarifa (base em estatísticas passadas pela Aneel e previsões do IGPM e IRT)							
**** Custo com manutenção atualizados em 3% a.a.							

Fonte: Os autores (2017)

Analisando-se o quadro 4, é viável investir-se no setor fotovoltaico no município de Estreito/MA. Segundo as regras de decisão para os indicadores econômicos apresentados: $VPL > 0$ ($VPL = R\$ 20.064,01$) é viável, pois os retornos oferecidos cobrirão o capital investido, a $TIR > TMA$ ($6\% > 4\%$) devendo-se aceitar o projeto e o $IL > 1$ ($IL = 2,18$), recomendando-se o projeto de investimento.

Quadro 5 –VPL, TIR e IL estimados para outros municípios do Estado do Maranhão

Município do Estado	Taxas	4% a.a.			4,7% a.a.			6,18% a.a.			6,5% a.a.		
	Payback	VPL	TIR	IL	VPL	TIR	IL	VPL	TIR	IL	VPL	TIR	IL
Açailândia	12,06 anos	R\$ 10.340,90	4,04%	1,74	R\$ 8.041,32	3,34%	1,57	R\$ 4.039,12	1,9%	1,29	R\$ 3.303,06	1,6%	1,24
Alto Parnaíba	12,08 anos	R\$ 13.407,26	4,23%	1,77	R\$ 10.519,18	3,54%	1,61	R\$ 5.491,05	2,1%	1,32	R\$ 4.566,00	1,79%	1,26
Balsas	12,04 anos	R\$ 13.377,68	4,27%	1,78	R\$ 10.512,67	3,57%	1,61	R\$ 5.524,72	2,13%	1,32	R\$ 4.607,08	1,82%	1,27
Estreito	10,61 anos	R\$ 20.064,01	6,0%	2,18	R\$ 16.587,22	5,29%	1,61	R\$ 10.532,75	3,83%	1,62	R\$ 9.418,67	3,52%	1,55
Imperatriz	10,62 anos	R\$ 19.507,22	5,97%	2,17	R\$ 16.115,70	5,26%	1,97	R\$ 10.209,89	3,79%	1,61	R\$ 9.123,18	3,48%	1,54
Paço do Lumiar	10,70 anos	R\$ 13.793,17	5,58%	2,08	R\$ 11.296,08	4,87%	1,89	R\$ 6.949,56	3,41%	1,55	R\$ 6.150,07	3,10%	1,48
Pedreiras	12,30 anos	R\$ 9.781,10	4,0%	1,68	R\$ 7.502,84	3,08%	1,52	R\$ 3.537,81	1,6%	1,25	R\$ 2.808,58	1,30%	1,20
Porto Franco	12,01 anos	R\$ 12.996,90	4,28%	1,78	R\$ 10.217,91	3,58%	1,62	R\$ 5.379,94	2,14%	1,32	R\$ 4.489,93	1,80%	1,27
São José de Ribamar	12,21 anos	R\$ 10.785,67	4,13%	1,76	R\$ 8.424,621	3,44%	1,59	R\$ 4.315,25	2,00%	1,30	R\$ 3.559,45	1,70%	1,25
São Luís	11,60 anos	R\$ 16.722,15	4,77%	1,89	R\$ 13.394,25	4,7%	1,71	R\$ 7.599,33	2,6%	1,40	R\$ 6.533,04	2,32%	1,35

Fonte: Os autores (2017)

5. Conclusão

Por meio dos dados obtidos dos indicadores de viabilidade econômica, ficou evidenciado que é viável investir-se no setor fotovoltaico no município de Estreito/MA.

Quando se analisa parâmetros de viabilidade econômica individualmente por residência, por exemplo, dependendo do consumo (conta de energia elétrica mais cara), têm-se a previsibilidade de obter ganhos mais significativos na redução de sua conta de energia elétrica, refletindo em melhores indicadores de viabilidade econômica.

A análise de viabilidade da microgeração fotovoltaica depende de diversos fatores, tais como o investimento necessário na aquisição do sistema, desempenho do sistema, nível de irradiação solar na região estudada, energia gerada e também das condições vigentes nas tarifas de energia elétrica para o grupo residencial, dos quais foram incluídas no modelo de avaliação proposto neste artigo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. *Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.* São Paulo: Abinee, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa n.º. 482 de 17 de abril de 2012.* Brasília: DOU de 28/02/2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa n.º. 687 de 24 de novembro de 2015.* Brasília: DOU de 02/12/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Ranking das tarifas.* Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: dezembro. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Capacidade de geração do Brasil.* Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: outubro. 2016.

AMÉRICA DO SOL. *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.* Disponível em: <<http://app.americadosol.org/redesolar/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2016.

ASSAF NETO, A. *Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro.* 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. *Microgeração de energia.* Disponível em: <<http://www.cogen.com.br/principais-noticias/microgeracao-de-energia-cresce-44-em-2016>>. Acesso em: dezembro. 2016.

BRITO, P. *Análise e viabilidade de projetos de investimentos.* São Paulo: Atlas, 2012.

BROM, L.G.; BALIAN, J.E.A. *Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações.* São Paulo: Saraiva, 2007.

BROM, L. G. *Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações.* São Paulo: Saraiva, 2011.
Cemar – Companhia Energética do Maranhão. *Micro e minigeração distribuída.* Disponível em: <<http://www.cemar116.com.br/corporativo/informacoes/micro-e-minigeracao-distribuida>>. Acesso em: dezembro. 2016.

DAMODARAN, A. *Custo de capital por setor.* Disponível em: <<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>>. Acesso em: maio. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil: condicionantes e impactos.* Rio de Janeiro: 2014.

FILIFE, D.J.O. *Uma reanálise do ponto de vista econômico de centrais fotovoltaicas.* Dissertação de Mestrado em Gestão. Universidade de Coimbra. Faculdade de Economia. Coimbra, 2015.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE. *Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies.* Alemanha: 2013.

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. *Energia Renovável.* Disponível em: <<http://www.seinc.ma.gov.br/areas-de-atuacao/energia-renovavel/>>. Acesso em: outubro. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. RENDA DOMICILIAR PER CAPITA 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_continua/Renda_a_domiciliar_per_capita/Renda_domiciliar_per_capita_2016.pdf>. Acesso em: março. 2017.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA. *O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica*: Edição 2015. Disponível em: <https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/2015_ideal_mercadogdfv_150901_final>. Acesso em: fevereiro. 2016.

LARONDE, R. *Reliability of Photovoltaic Modules Based on Climatic Measurement Data*. France: University of Angers, 2010.

MIRANDA, A.B.C.M. *Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede*. Projeto de graduação em Engenharia Elétrica. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

MOTA, R.R.; CALÔBA, G.M. *Análise de Investimentos*: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2012.

PEROVANO, D.G. *Manual de metodologia científica para a segurança pública e defesa social*. São Paulo: Juruá Editora, 2014.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014.

PORTAL SOLAR. *Quanto custa a energia solar fotovoltaica*. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em: setembro. 2017.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. *Como elaborar um Plano de Negócios*. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5f6dba19baaf17a98b4763d4327bfb6c/\\$File/2021.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5f6dba19baaf17a98b4763d4327bfb6c/$File/2021.pdf)>. Acesso em: outubro. 2016.

VALINA, M.M. *Instalaciones Solares Fovoltaiicas*. Madrid: Paraninfo, 2010.