

Avaliação do potencial econômico e energético de geração de energia fotovoltaica residencial em Belém – PA**Economic and energy potential evaluation of residential photovoltaic power generation in Belém – PA**

DOI:10.34117/bjdv6n1-129

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 14/01/2020

Marlon de Moraes Lima

Acadêmico de Engenharia Ambiental & Energias Renováveis

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: marlonlima609@gmail.com

Ian Rodrigues Brito

Acadêmico de Engenharia Ambiental & Energias Renováveis

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: IanBrito801@hotmail.com

Bruno Mateus Santiago da Silva

Acadêmico de Engenharia Ambiental & Energias Renováveis

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: brunomateussantiago@gmail.com

Paulo Victor de Moraes Ferreira

Mestrando em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: victor.ferreira1000@gmail.com

Pedro Silvestre da Silva Campos

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: pedro.campos@ufra.edu.br

Glauber Tadaiesky Marques

Doutor em Física Teórica pela Universidade Federal do Espírito Santo

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: glauber.tadaiesky@ufra.edu.br

Emerson Cordeiro Morais

Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: emerson.morais@ufra.edu.br

Edson do Socorro Silva Andrade

Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Pará
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: edson.andrade@ufra.edu.br

José Felipe Souza de Almeida

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: felipe.almeida@ufra.edu.br

Otavio Andre Chase

Doutor em Engenharia Elétrica e Sistemas de Energia pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil
E-mail: otavio.chase@ufra.edu.br

RESUMO

A matriz energética elétrica brasileira possui baixa diversificação e um grande potencial para energia renovável pouco explorado. A crescente demanda energética no país tem ocasionado a procura de alternativas mais sustentáveis. Dentre as energias mais abundantes no meio ambiente está a energia emitida pelo sol, que pode ser convertida em energia elétrica através de painéis fotovoltaicos. Locais como o norte do Brasil se apresentam como grandes potenciais pela proximidade a linha do equador. Este trabalho tem como objetivo verificar o potencial de geração de energia solar fotovoltaica no município de Belém, no Estado do Pará, e dimensionar um sistema de microgeração residencial, avaliando o custo de implantação e o payback (retorno do investimento). A metodologia utilizada foi feita em quatro etapas, a primeira foi o levantamento de dados de radiação solar na região metropolitana de Belém-PA, a segunda etapa foi a seleção de uma residência como ponto amostral, em seguida foi feito o cálculo para estimar a energia produzida por um painel com bom custo-benefício, e, por fim, o cálculo do número de painéis necessários para que a residência alcance a média de energia consumida mensalmente. Os resultados foram obtidos através da análise dos dados de incidência solar na localidade, área demandada, eficiência do módulo e consumo energético da residência. O estudo permitiu verificar que a região metropolitana de Belém possui um grande potencial, tanto para geração de energia fotovoltaica, quanto a rentabilidade do investimento no sistema.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos; Projeto SFV; Eficiência Energética.

ABSTRACT

The Brazilian electric matrix has low diversification and a great potential for renewable energy that is little explored. The growing energy demand in the country has led to the search for more sustainable alternatives. Among the most abundant energies in the environment is the energy emitted by the sun, which can be converted into electrical energy through photovoltaic panels. Places like the north of Brazil present themselves as great potentials due to their proximity to the equator. This work aims to

verify the potential of photovoltaic solar energy generation in the municipality of Belém, in the state of Pará, and to size a residential microgeneration system, assessing the cost of implementation and payback (return on investment). The methodology used was done in four steps, the first was the survey of solar radiation data in the metropolitan region of Belém-PA, the second step was the selection of a residence as a sampling point, then the calculation was done to estimate the energy produced by a panel with good cost-benefit, and finally the calculation of the number of panels needed for the residence to reach the average energy consumed monthly. The results were obtained through the analysis of the solar incidence data in the location, area demanded, module efficiency and energy consumption of the residence. The study allowed to verify that the municipality of Belém has a great potential, both for photovoltaic energy generation and the profitability of the investment in the system.

Keywords: Photovoltaic Systems; PV Project; Energy Efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Leal, Farias e Araújo (2008) a evolução técnica-científica foi intensificada principalmente pela revolução industrial no século XVIII, de forma que os métodos de produção avançaram a um nível nunca visto antes por alguma sociedade. Com isso, surge a necessidade por energia para se manter esse novo método de produção de grande escala, a qual era suprida pela queima de carvão (AMARAL, 2010) e mais tarde por derivados do petróleo (FARIAS; SELMITTO, 2011).

A revolução industrial também teve como consequência o aumento das cidades e da população mundial (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008) e a demanda por energia só tende a aumentar (WALTER, 2010). Então se fez necessário uma grande busca por novas fontes de energias. Como por exemplo, as energias renováveis.

Energia renovável é o tipo de energia a qual os recursos naturais são naturalmente reestabelecidos, como é o caso da energia eólica, geotérmica, energia das marés e a energia solar que, conforme ANEEL (2005), quase todas as fontes de energia, incluindo hidráulica, biomassa, eólica, combustível fóssil e energia dos oceanos, são formas indiretas de energia solar. Atualmente a oferta de energia primária no mundo compõe-se de 13% de fontes renováveis e 87% não renováveis (IEA, 2011).

Segundo Esposito e Fuchs (2013), nos mercados desenvolvidos, o aumento da demanda e da escala de produção e o desenvolvimento tecnológico viabilizaram a redução de preços e, em decorrência, a expansão do uso de fontes de energia limpa, como os sistemas fotovoltaicos que são utilizados por todo o planeta.

Cada parte do mundo tem seu potencial de radiação solar diária. Esse potencial influencia diretamente na produção de energia fotovoltaica, dependendo de fatores como a latitude em que se encontra (BRANDÃO, 2004). De forma que regiões localizadas mais próximas da linha do equador têm um maior potencial de produção de energia elétrica por haver maior incidência solar e com maior regularidade nesta região (PEREIRA, 2019).

Os painéis fotovoltaicos, utilizados como meio de transformação da radiação solar em energia elétrica, possuem uma média de vida útil. A Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL (2017) adota em seus cálculos uma vida útil dos painéis de 25 anos e de 15 anos do inversor. Além disso, estes painéis agregam benefícios como o baixo custo de manutenção, o retorno financeiro a médio e longo prazo (muitas vezes antes do sistema atingir 50% da vida útil) e os sistemas ainda podem ser conectados à rede de distribuição e assim gerar créditos, os chamados sistemas on-grid (CALDAS e MOISÉS, 2016).

Desde a resolução normativa 482/2012 (ANEEL, 2019) sobre a geração distribuída de energia no Brasil, muitos consumidores passaram a gerar sua própria energia, através do uso de sistemas fotovoltaicos conectados a rede (SFCR). Em 2014 foram instalados os primeiros sistemas fotovoltaicos no Pará, conforme mostra a Figura 1.

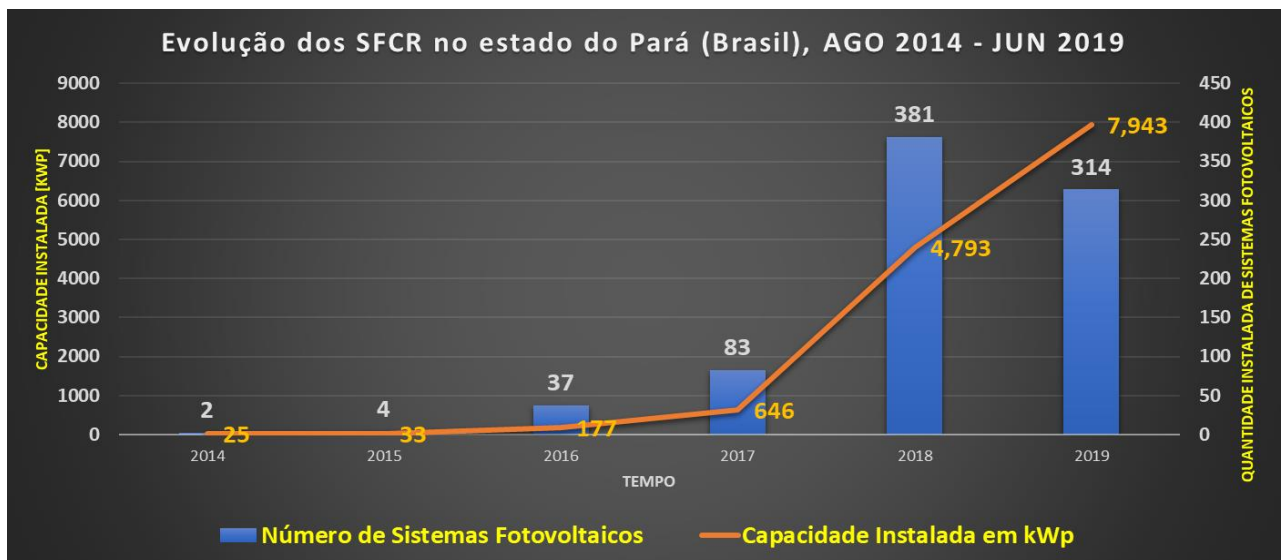


Figura 1: Evolução dos SFCR no estado do Pará (Brasil), de 2014 a junho de 2019.
Fonte: Autores (2019)

Conforme mostra a Figura 1, em 2014 o Pará contava com 2 sistemas fotovoltaicos e Potência instalada de 25 kWp. Enquanto que até junho de 2019 o estado já contava com 821 sistemas fotovoltaicos e potência instalada de aproximadamente 8.000 kWp (8 MWp). A taxa de crescimento anual é de 233% para o número de sistemas fotovoltaicos e, 216% para a potência instalada respectivamente. A região metropolitana de Belém tem mais de 47% (3,7 MWp) da capacidade instalada do estado, o que reforça a importância do presente estudo do potencial energético e econômico para a região.

Portanto, este trabalho versa sobre o potencial de produção de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos conectados a rede (SFCR), na região metropolitana de Belém, no estado do Pará, localizada a uma latitude 1° 27' 18" Sul em relação a linha do equador.

2 OBJETIVOS

Analisar os dados de radiação solar na região metropolitana de Belém - PA e verificar o potencial de geração de energia solar fotovoltaica, através de uma estimativa da produção de energia por m² na região e a geração de energia com diferentes inclinações. E, dimensionar um sistema de geração fotovoltaico para suprir a necessidade de uma residência que consome em média 300 kWh/mês e calcular o payback do investimento.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas, em que foi feito o levantamento de dados de radiação solar para Belém - PA, utilizando a base de dados SunData 3.0 do Centro de Referência para Energias Solar e Eólica (CRESESB). Produzido a partir de um total de 17 anos de imagens de satélite e com informações de mais de 72.000 pontos em todo o território brasileiro.

Assim, utilizando uma casa residencial de classe média como base para o dimensionamento, com base na equação 1, para estimar a energia produzida pelo painel fotovoltaico por mês.

$$\text{Equação 1: } E_s = A * E_{MF} * I_s * n * R$$

Onde:

Es = energia solar produzida pelo painel fotovoltaico em kWh/mês; A= área útil de cobertura disponível em m²; EMF= eficiência do módulo Fotovoltaico em %; Is = irradiação solar plano em kWh/m²/dia; n = dias de cada mês; R = eficiência geral, considerando perdas em todo o sistema.

E, para o dimensionamento da quantidade de painéis para produzir a energia requerida, é utilizada a equação 2.

$$\text{Equação 2: } N(m) = E_c / (I_s * A_p * E_{MF} * R * 30)$$

Onde:

Ec = consumo de energia média mensal (kWh); Is = irradiação solar diária média mensal (kWh/m².dia); Ap = área do painel fotovoltaico (m²); EMF = eficiência do módulo Fotovoltaico em %; R = eficiência geral, considerando perdas em todo o sistema.

Para obter-se a análise do tempo de retorno financeiro do investimento no sistema fotovoltaico e o potencial de redução de gastos com a energia convencional foi feito o payback com dados de preço cobrado pela concessionária de energia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**4.1 CÁLCULO DO POTENCIAL ENERGÉTICO**

O Brasil apresenta um grande índice de radiação solar, principalmente na região Nordeste, com valores típicos entre 1752 kWh/m² a 2190 kWh/m² por ano. Para comparação, a França recebe

entre 1000 kWh/m² e 1500 kWh/m², Inglaterra recebe entre 900kWh/m² e 1200 kWh/m² e, o deserto do Saara aproximadamente 2.600 kWh/m² por ano, enquanto que a região metropolitana de Belém-Pa recebe 2000kWh/m² por ano (CHASE, 2018). O cálculo de geração estimada em kWh/mês foi realizado com base na Equação 1, a fim de verificar o potencial para a cidade de Belém no plano horizontal, o ângulo igual a latitude, a maior média anual e o maior mínimo mensal. A Figura 2 apresenta a incidência solar, assim como a geração estimada kWh/mês para um módulo fotovoltaico com potência nominal de 150 Wp (CEPEL, 2018).

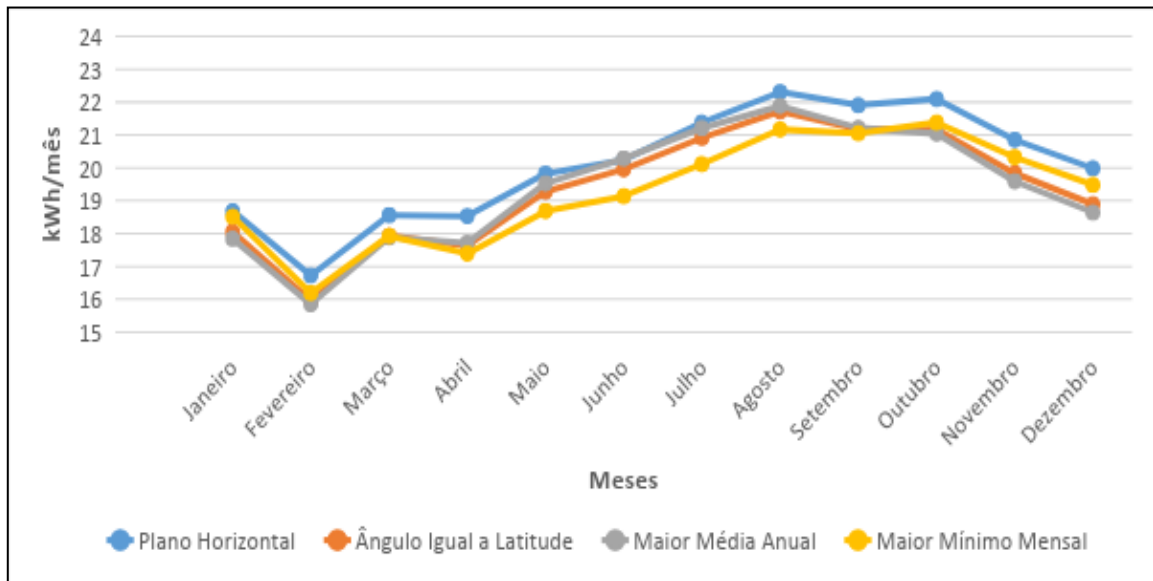


Figura 2: Produção de energia em kWh/mês para um módulo de 150 Wp em Belém-PA
Fonte: CEPEL (2018)

Segundo CEPEL (2018), a inclinação adequada para o painel FV (fotovoltaico) é de 10°, para assim evitar o acúmulo de água e sujeira. Para obter um resultado mais próximo do ideal, será utilizada a maior média anual, que tem uma inclinação de 3° Norte.

Ao analisar a Tabela 1 no que se refere à amplitude e o desvio padrão da incidência de radiação solar na localidade, verifica-se que a produção tem pouca variação, tendo assim uma boa produção ao longo de todo ano.

Tabela 1: Radiação solar e geração de energia para diferentes inclinações

Latitude = 1° S - Longitude = 48°W, dados para 1m ²					
Meses	Maior média anual (Inclinação 3° N)	Dias/mês	Performance do sistema	Eficiência do Painei	G (Energia Gerada) em kWh/mês na maior média anual (Inclinação 3°N)
Janeiro	4,24	31	80%	17,49%	18,39
Fevereiro	4,17	28	80%	17,49%	16,34
Março	4,25	31	80%	17,49%	18,43
Abril	4,35	30	80%	17,49%	18,26
Mai	4,64	31	80%	17,49%	20,13
Junho	4,98	30	80%	17,49%	20,90
Julho	5,04	31	80%	17,49%	21,86
Agosto	5,20	31	80%	17,49%	22,56
Setembro	5,21	30	80%	17,49%	21,87
Outubro	5,00	31	80%	17,49%	21,69
Novembro	4,81	30	80%	17,49%	20,19
Dezembro	4,43	31	80%	17,49%	19,22
Média	4,69	-	-	-	-
Desvio Padrão	0,36	-	-	-	-
Amplitude (Δ)	1,04	-	-	-	-
Total					239,83

Fonte: Autores (2019)

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS

O painel fotovoltaico escolhido foi o da fabricante Canadian Solar (2018), series MaxPower, uma série de painéis solares robustos com 72 células solares. Tais painéis possuem alto rendimento de energia do sistema com baixa irradiação, tem capacidade de potência nominal de 340 Wp, eficiência de 17,49% e dimensão de 1,92 m². O painel tem uma garantia de potência linear de 25 anos.

Para dimensionar a quantidade de painéis utilizando como referência uma residência que consome 300 kWh/mês em média é utilizada a equação 1, resultados na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensionamento da quantidade de Painéis

Potência nominal (Wp)	340
Área do Painei (m ²)	1,92
Consumo Médio Mensal (kWh)	300
Irradiação Solar Média Mensal (kWh/m ² .dia)	4,69
Eficiência do Módulo Fotovoltaico	17,49%

Eficiência Geral do Sistema	80%
Total de Painéis	8

Fonte: Autores (2019)

Com cada painel ocupando 1,92 m² de área do telhado, e são necessários 8 painéis FV para suprir a demanda total de energia, obtemos uma área total de 15,36 m². Com o dado da área total dos painéis FV, podemos calcular a geração mensal do sistema visto na Tabela 3 (ver Equação 1).

Tabela 3: Geração de energia durante os meses

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
282,49	250,94	283,15	280,47	309,14	321,09
Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
335,79	346,45	335,92	333,12	310,13	295,15
Média				306,98	

Fonte: Autores (2019)

Os meses que terão uma produção acima da média, conforme o Figura 3, compensaram os meses que tem produção abaixo da média. Essa compensação é dada através da concessionária de distribuição de energia elétrica.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

No dimensionamento do inversor (transforma a Corrente Contínua produzida pelo painel FV em Corrente Alternada, que é a utilizada pela rede de distribuição) é necessário multiplicar a potência nominal dos painéis FV pela quantidade dos mesmos, então a potência nominal que inversor terá de suportar será de 2720 Watts. O inversor tem que ter uma potência superior a 2720 Watts, é recomendado que o inversor tenha uma folga para uma possível expansão futura do sistema (DA COSTA, 2010). Então, será utilizado um inversor de 4000 Watts.

4.4 CÁLCULO DO PAYBACK

Ao se calcular o payback (tempo necessário em que o investimento no sistema se paga) é necessário que se leve em consideração o gasto com os painéis, com os inversores e com os outros componentes e serviços dos sistemas fotovoltaicos que fazem parte do BoS (do inglês: *Balance of System*), que engloba estruturas mecânicas de sustentação, cabos, conectores, disjuntores, instalação, trabalhos administrativos, de engenharia, vendas, entre outros. O valor referente ao BoS, é da porcentagem de aproximadamente 30% do empreendimento total (EPE, 2012). O custo total do sistema está descrito na Tabela 4.

Tabela 4: Custo do Sistema

Descrição	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor Total (R\$)
Painel FV Canadian MaxPower CS6U-340Wp	850	8	6800
Inversor Foniux Primus (4000W)	9000	1	9000
Balance of System	-	-	6771
Total	-	-	22571

Fonte: Autores (2019)

Também é necessário utilizar a média de produção pelo sistema e multiplicá-la pelo custo da energia fornecida pela concessionária de energia do estado, no caso de Belém-Pa, a concessionária de energia é Equatorial Energia (antiga Centrais Elétricas do Pará – CELPA). Para a estimativa das variações da taxa de energia, segundo o presidente do EPE, Maurício Tolmasquim em 2016, fez um pronunciamento afirmando que a tarifa subirá menos que a inflação nos próximos anos, então, será considerada a taxa de aumento de 9% ao ano, sobre a média dos tributos do consumo fora de ponta e dentro de ponta (MELO, 2017). Adotando o ano de 2018 como ano 1, tem-se a seguinte estimativa de acumulado anual vista na Tabela 5.

Tabela 5: Payback ao decorrer de 9 anos (2018 a 2027)

Ano	Média de Geração KWh	Tarifa (R\$)	Retorno Mensal (R\$)	Retorno Anual (R\$)	Acumulado Anual (R\$)
1	306,99	0,87	267,08	3204,98	3204,98
2	306,99	0,95	291,64	3499,69	6704,66
3	306,99	1,04	319,27	3831,24	10535,90
4	306,99	1,13	346,90	4162,78	14698,68
5	306,99	1,23	377,60	4531,17	19229,85
6	306,99	1,34	411,37	4936,40	24166,25
7	306,99	1,46	448,21	5378,46	29544,72
8	306,99	1,59	488,11	5857,37	35402,09
9	306,99	1,74	534,16	6409,95	41812,04

Fonte: Autores (2019)

Conforme o observado na Tabela 5, o tempo de *payback* será 5 anos e 9 meses e, de acordo com o acumulado de 9 anos o investimento terá um lucro líquido de R\$ 19.240,58. A Figura 3 apresenta o gráfico do tempo de *payback*.

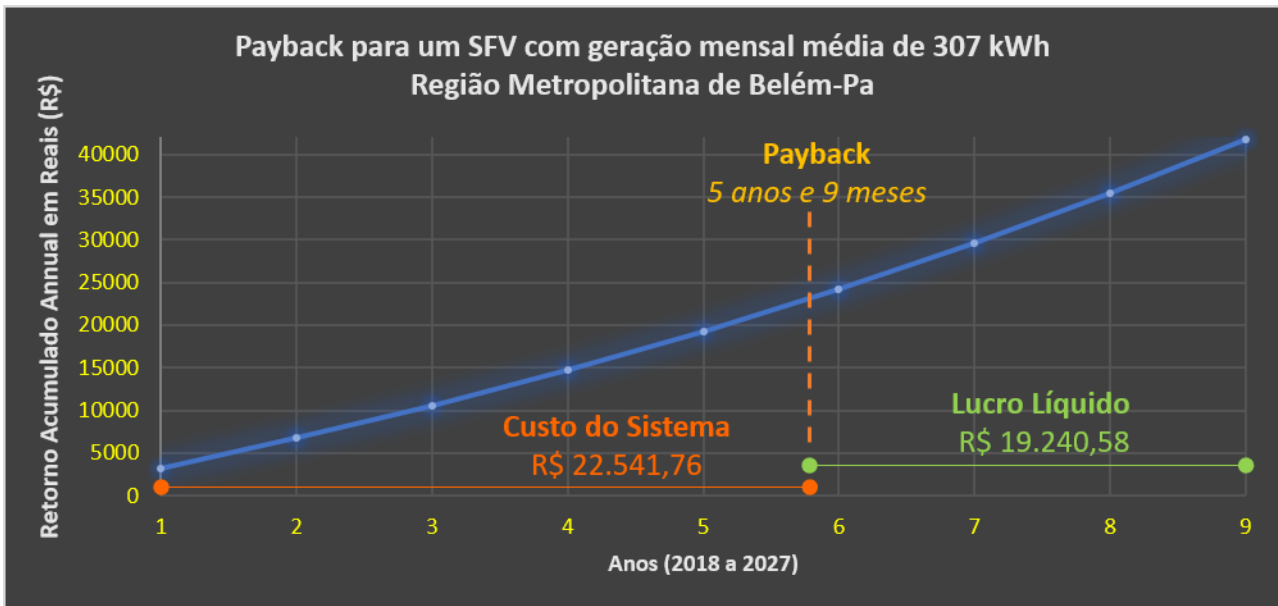


Figura 3: Tempo de Payback de um SFVR residencial para região metropolitana de Belém.

Fonte: Autores (2019)

A conta de energia elétrica é composta principalmente por custos como o consumo, a iluminação pública e a bandeira tarifária. Os tributos incidem principalmente sobre o consumo e os que são cobrados correspondem a: ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (25% no estado do Pará), Programa de Integração Social – PIS (0,63 %) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS (3,03 %). No entanto, com a publicação da Lei nº 13.169/2015, de 6/10/2015, a incidência do PIS e COFINS passou a acontecer apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída e, portanto, considera o sistema de compensação de da Aneel.

Desde que o estado do Pará aderiu ao convênio do ICMS 81, de 22 de agosto de 2016, passou a não cobrar o ICMS sobre a energia produzida por sistemas de até 1MW.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de dados obtidos no dimensionamento do sistema e do tempo de retorno, pode-se concluir que a região metropolitana de Belém possui um grande potencial para geração de energia fotovoltaica. Além disso, contribui para a sustentabilidade da Amazônia, pois não emite gases do efeito estufa. O consumo residencial tem o retorno do investimento a partir de 5 anos e 9 meses, assim, a casa passa a se auto sustentar e ainda passa a gerar lucro para o investidor.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica no Brasil**. Brasília – DF, 2005. 2ª.ed. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>. Acesso em: 10 abr. 2019.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024**. Brasília – DF, 2017. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9. Acesso em: 28 jun. 2019.

AMARAL, Danilo. **História da Mecânica - O motor a vapor**. UFPB, 2010. Disponível em: http://www.demec.ufmg.br/port/d_online/diario/Ema078/historia%20do%20motor%20a%20vapor.pdf. Acesso em: 12 jan. 2019.

BRANDÃO, Rafael Silva. **Acesso ao Sol e à Luz Natural: Avaliação do impacto de novas edificações no desempenho térmico, luminoso e energético do seu entorno**. USP. 2004. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/item/001400235>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CALDAS, Helder Henri Silva; MOISÉS, Antônio Luís Silva. **Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores**. Residenciais de Salvador – BA; Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 164-180, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/45270>. Acesso em: 09 mar. 2019.

CANADIAN. **MaxPower CS6U-325|330|335|340M**. Disponível em: <https://goo.gl/joisJE>. Acesso em: 14 fev. 2018.

CEPEL, CRESESB. **Potencial Solar**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 11 fev. 2018.

CHASE, O.A.; TELES, M.B.; DE JESUS DOS SANTOS RODRIGUES, M.; DE ALMEIDA, J.F.S.; MACÊDO, W.N.; DA COSTA JUNIOR, C.T. A Low-Cost, Stand-Alone Sensory Platform for

Monitoring Extreme Solar Overirradiance Events. *Sensors* **2018**, *18*, 2685. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s18082685>.

DA COSTA, Higor José Serafim. **Avaliação do fator de dimensionamento do inversor em sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <http://www.dee.ufc.br/anexos/tccs/2011.1/higor%20jos%c3%89%20serafim%20da%20costa.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Análise Da Inserção Da Geração Solar Na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf. Acesso em: 12 fev. 2018.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. Revista do BNDES, v. 40. 2013, pp. 85-114. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2431>. Acesso em: 12 mar. 2018.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. Revista Liberato, v. 12, n. 17, p. 01-106, 2011. Disponível em: [http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2012,%20n.%2017%20\(2011\)/1.%20Uso%20da%20energia%20ao%20longo%20da%20hist%F3ria.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2012,%20n.%2017%20(2011)/1.%20Uso%20da%20energia%20ao%20longo%20da%20hist%F3ria.pdf). Acesso em: 05 mar. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics**. 1. ed. EUA: International Energy Agency, 2011. 82p. Disponível em: <https://webstore.iea.org/statistics-data>. Acesso em: 28 jun. 2019.

LEAL, Georla Cristina Gois; FARIAS, Maria Sallydelandia Sobral; ARAUJO, Aline Farias. **O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano**. Qualitas Revista Eletrônica, v. 7, n. 1, 2008. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/128>. Acesso: 20 jan. 2019.

MELO, Antônio Juscelino. **Projeto e análise técnica e econômica da instalação de um sistema fotovoltaico para uma indústria madeireira**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Pará, UFRA, Belém, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331675924_projeto_e_analise_economica_da_instalacao_de_um_sistema_fotovoltaico_para_uma_industria_madeiraira. Acesso:10 abr. 2019.

PEREIRA, Narlton Xavier. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181288>. Acesso em 10 abr. 2019.

WALTER, Osvaldo Luiz. **História de eletricidade**. Mogi Mirim, 2010. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento/iee/1HistoriaEletricidade.pdf>. Acesso em 10 abr. 2019.