

XI-061 – DIMENSIONAMENTO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS CONECTADAS À REDE PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Nathália Cordeiro Fidelis dos Santos⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Trainee em Engenharia Ambiental pela empresa Água Norte Soluções em Tratamento.

João Pedro Silva da Silva⁽²⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

João Paulo Soares da Silva⁽³⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Estagiário no Setor de Cartografia do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

José Antônio de Castro Silva⁽⁴⁾

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Professor Assistente IV na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Teresina, Quadra 38, 28A – Belo Horizonte – Marabá – PA – CEP: 68503-150 – Brasil – Tel: (94) 99162-1986 – e-mail: nathaliafid3lis@hotmail.com.br

RESUMO

A utilização desenfreada dos recursos naturais tem despertado preocupação quanto à necessidade da criação de técnicas e materiais alternativos que visem o desenvolvimento sustentável. Dentro desse contexto, os problemas relacionados à geração de energia é um campo de estudos e debates bastante discutidos, visto que com o desenvolvimento tecnológico aumentou-se a demanda por energia para atender às indústrias e as residências, energia essa advinda principalmente de fontes petrolíferas, considerada finita e que agride a atmosfera com a queima de combustíveis fósseis. Com isso algumas técnicas de energias renováveis se apresentam como uma saída perante os problemas anteriormente citados. No Brasil, a energia solar já é vista como uma técnica a ser utilizada como fonte alternativa às fontes convencionais e objetiva-se aqui o dimensionamento de uma instalação de micro geração de energia por um sistema fotovoltaico em uma residência doméstica, analisando a relação custo – benefício e a capacidade de geração do sistema, bem como a viabilidade para a região e aspectos.

PALAVRAS-CHAVE: Dimensionamento, Placas fotovoltaicas, Viabilidade Econômica.

INTRODUÇÃO

A vasta produção e proporção de energia elétrica é reflexo da grande importância desta no cotidiano do ser humano. Não somente atender às necessidades do homem, a fonte de eletricidade precisa causar o menor impacto possível à natureza, pois nos dias atuais o meio ambiente aparece como grande fator para a elaboração de quaisquer atividades devido a fragilidade do mesmo. Neste sentido, Dassi et al (2015), afirmam que uma das melhores formas de então contribuir para este desenvolvimento sustentável é através do uso de fontes renováveis.

As fontes renováveis são aquelas que proporcionam menores consequências ao meio ambiente como a energia eólica a qual não emite gases poluentes, diferente das não renováveis, como as termelétricas geradas a partir de carvão dentre outras, as quais colaboram para com o aquecimento global devido à emissão de gases poluentes como o monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) (SILVA; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2017) com base no ano de 2016, fornecido pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2017), a participação das energias renováveis na matriz energética do Brasil continuou sendo uma das mais elevadas do mundo com um pouco de crescimento, devido a principalmente à queda da oferta interna do petróleo. A energia solar fotovoltaica apresenta-se com destaque dentre as demais

fontes devido às características vantajosas como: a inesgotabilidade, por trata-se da energia derivada do Sol na forma de radiação solar; e limpa, pois não emite gases poluentes que colaboram para o aquecimento global.

O princípio de funcionamento deste tipo de energia como afirmam Albuquerque, Maldonado e Vaz (2017) ocorre através dos efeitos da transferência de calor dos raios solares à materiais semicondutores por meio: termoeletrico, o qual se dá por uma diferença de potencial gerada; e fotovoltaico no qual fótons convertem-se em eletricidade devido ao uso de células solares. O sistema de energia solar fotovoltaica mesmo apresentando vantagens, no entanto ainda enfrenta grandes dificuldades para o uso nas mais diversas formas possíveis, tal fato se deve principalmente é a falta de conhecimento técnico dessa fonte renovável, como afirmam Braga Junior et al. (2013) o conceito de energia solar, células fotovoltaicas e ademais, são relativamente novos, e isso contribui para a precariedade em projetos na área desta fonte energética.

Nesse sentido, o seguinte trabalho objetiva contribuir com a disseminação da energia solar fotovoltaica através do dimensionamento de uma instalação de micro geração em uma residência doméstica, analisando a relação custo – benefício e a capacidade de geração do sistema, bem como a viabilidade para a região e aspectos positivos da implantação do sistema fotovoltaico.

MATERIAIS E MÉTODOS

A casa utilizada como base para a instalação do projeto, está localizada na cidade de Marabá, no estado do Pará. A casa é uma residência unifamiliar e ao observar a (Figura 01), nota-se que a cobertura vegetal próxima ao local onde está situada a residência em questão é escassa, fator que favorece a incidência solar no local.

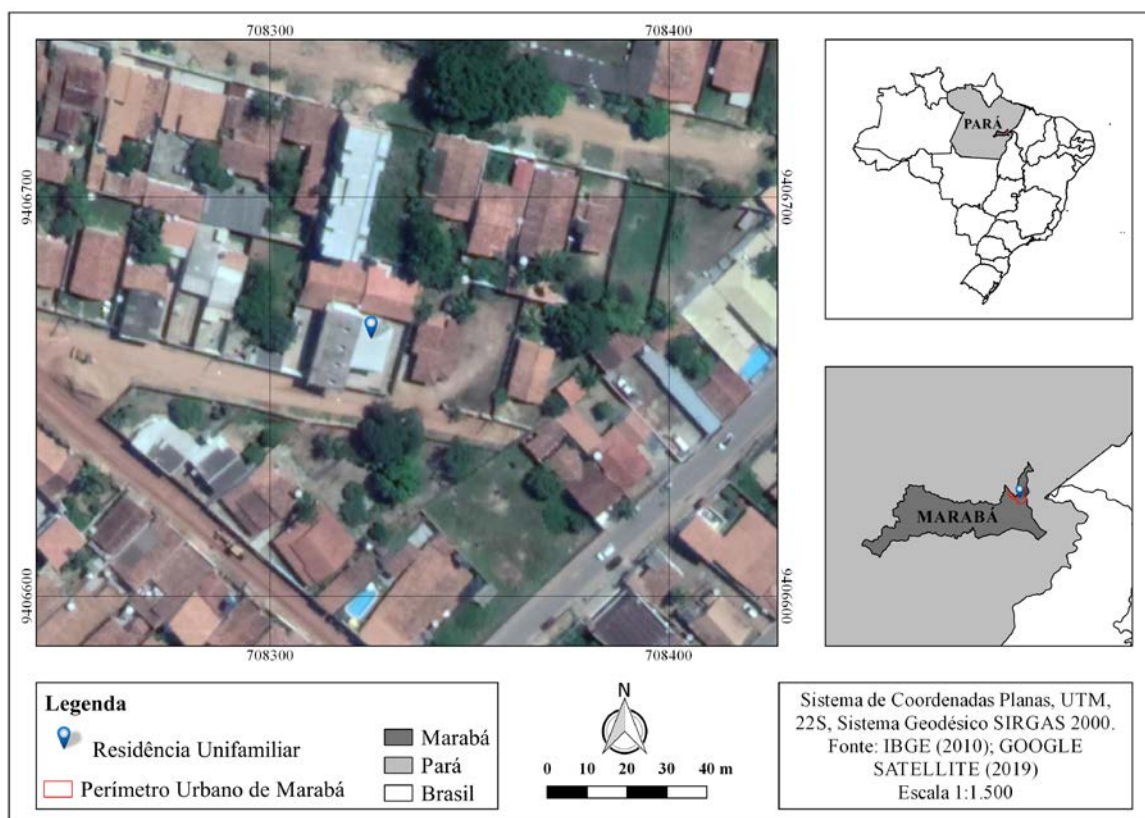


Figura 1: Localização da residência unifamiliar utilizada como objeto de estudo em Marabá-PA.

Antes de iniciar os cálculos do dimensionamento, primeiro é necessário que escolher qual placa, inversores bem como materiais necessários serão utilizados no projeto. Neste trabalho em questão será utilizada a metodologia de Siqueira (2015) para o dimensionamento do sistema, por conta da similaridade das cargas médias mensais

obtidas nos dois projetos e por consequência o mesmo número de placas, onde em seu trabalho é obtida a média de 105 (kWh/mês) e no projeto em questão a média obtida é de 115,5 (kWh/mês).

A etapa inicial do dimensionamento é saber se o sistema era monofásico, bifásico, ou trifásico, informação essa obtida na conta de energia residencial. O consumo mínimo de energia varia de acordo com tipo de ligação, a saber: monofásica – 30 kWh, bifásica – 50 kWh e trifásica – 100 kWh, o sistema trabalhado em questão é uma ligação do tipo monofásica, deste modo o custo de disponibilidade está relacionado a 30 kWh. Por conseguinte, utilizou-se as doze últimas faturas de energia do local para que se pudesse calcular a média mensal de consumo em kWh/mês (conforme tabela 1).

Tabela 1: Relação mês e consumo (kWh).

Mês de referência	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18
Consumo (kWh)	101	61	181	176	177	180	131	95	66	109	59	50
Total	1.386,00											
Média	115,00											

CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO

Para o cálculo do dimensionamento, utiliza-se o Custo de disponibilidade de um sistema monofásico estabelecido pela Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL para um sistema monofásico, no caso 30 kWh; o Consumo médio mensal, aqui com valores de 115,5 kWh e o Índice solarimétrico da região estudada, como a residência está localizada na cidade de Marabá no estado do Pará utiliza-se o valor médio de 4,88 kWh/m².dia, dado esse obtido no (tabela 2).

Tabela 2: Índice solarimétrico da região de implantação.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m². dia)													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	4,57	4,71	4,71	4,79	4,7	5,01	5,1	5,51	5,33	4,89	4,74	4,49	4,88	1,02

Por conseguinte, subtrai-se do valor de Consumo médio mensal o Custo de disponibilidade do sistema monofásico, obtendo o valor de 85,5 kWh/mês. Depois disso faz-se necessário a obtenção da Média de consumo diária da residência, dividindo o resultado da equação anterior pelos 30 dias em média do mês, alcançando uma média de 2,85 kWh/dia.

Continuando o cálculo do dimensionamento, é necessário saber o valor da Potência pico do sistema (Wp) obtida pela razão entre a Média de consumo diária e o Índice solarimétrico da região; obtendo valores de 580W para esse fator.

Por fim dessa etapa calcula-se o número de módulos no sistema, valor esse obtido pela razão entre a potência pico do sistema e a Capacidade de geração da placa em geral de 250 W cada, com isso tem-se o valor de 2,32. Esse Número de módulos no sistema corresponde a quantidade de placas a serem utilizadas no sistema para que possa suprir a necessidade de carga do mesmo, como foi obtido o valor de 2,32 conclui-se que são necessárias 3 placas para o funcionamento do sistema em questão.

CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Segundo Siqueira (2015), o custo de implantação do sistema utilizando os materiais e as quantidades mostradas ficaria em torno de R\$ 10.000,00 reais conforme mostra a (tabela 3).

Tabela 3: Custo de implantação do sistema.

Materiais	Quantidade	Preço total em reais
Painel AvProject 250 Wp	3	R\$ 2.670,00
Inversor Renesola TLB 1 kW	1	R\$ 3.380,00
Disjuntor DIN tripolar 10 ^a	1	R\$ 29,00
Disjuntor DIN tripolar 6 ^a	1	R\$ 21,00
DPS Finder CA	1	R\$ 80,00
DPS Finder CC	1	R\$ 60,00
DSV DIN Steck 63 ^a	1	R\$ 300,00
Condutores	45m	R\$ 80,00
Medidor	1	R\$ 380,00
Mão de obra	-	R\$ 3.000,00
Total	-	R\$ 10.000,00

Ainda segundo Siqueira (2015), é importante considerar nos cálculos a vida útil dos equipamentos para saber se é viável ou não a implantação do sistema fotovoltaico. Os inversores comerciais apresentam vida útil típica de 10 a 15 anos, enquanto que os painéis de 20 anos no caso de manutenção preventiva dos capacitores eletrolíticos no inversor depois de um período de uso de 10 anos, a vida útil deste equipamento pode ser aumentada significativamente. Considerando, em média, uma vida útil de 15 anos, qualquer retorno acima dessa quantidade de anos resultaria em um sistema inviável.

O projeto da instalação elétrica para integrar o micro gerador, nova ou reforma, deve ser realizada por profissional capacitado e habilitado para atuar na área da eletricidade, ou seja, deve haver um responsável técnico para emitir a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e solicitar aprovação do projeto na concessionária de energia local conforme preconiza a NBR5410:2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 2004).

A NBR5410:2004 é a norma que estipula as condições adequadas para o funcionamento usual e das instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, até 1000V em tensão alternada e 1500V em tensão contínua. Esta norma é aplicada principalmente em instalações prediais, públicas, comerciais, dentre outros (BENFICA; MATTEDE, s.d).

TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Para analisar o tempo de retorno do investimento é necessário saber o valor do mesmo, a diferença entre o valor das faturas sem e com o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), para que se tenha conhecimento do quanto será economizado em um período de um ano. Sendo assim ao dividir o valor do investimento pelo valor economizado em um ano obtém-se o tempo em anos em que será obtido o valor do investimento de volta, sabendo assim se a implantação do sistema é viável ou não. Tais informações podem ser observadas na (Tabela 4).

RESULTADOS OBTIDOS

Tabela 4: Informações para análise do tempo de retorno do investimento.

Mês	Consumo	Injetado	Crédito Mensal	Fatura		Diferença
	(kWh)	(KWh)	(KWh)	Sem SFCR	Com SFCR	
Junho	101,00	85,5	-15,5	R\$ 49,13	R\$ 16,59	R\$ 32,54
Julho	61,00	85,5	24,5	R\$ 17,46	R\$ 16,59	R\$ 0,87
Agosto	181,00	85,5	-95,5	R\$ 117,38	R\$ 16,59	R\$ 100,79
Setembro	176,00	85,5	-90,5	R\$ 120,13	R\$ 16,59	R\$ 103,54
Outubro	177,00	85,5	-91,5	R\$ 121,65	R\$ 16,59	R\$ 105,06
Novembro	180,00	85,5	-94,5	R\$ 126,45	R\$ 16,59	R\$ 109,86
Dezembro	131,00	85,5	-45,5	R\$ 74,25	R\$ 16,59	R\$ 57,66
Janeiro	95,00	85,5	-9,5	R\$ 34,80	R\$ 16,59	R\$ 18,21
Fevereiro	66,00	85,5	19,5	R\$ 18,15	R\$ 16,59	R\$ 1,56
Março	109,00	85,5	-23,5	R\$ 54,48	R\$ 16,59	R\$ 37,89
Abril	59,00	85,5	26,5	R\$ 17,27	R\$ 16,59	R\$ 0,68
Mai	50,00	85,5	35,5	R\$ 15,76	R\$ 16,59	R\$ 0,86
Total	1.386,00	1.026,00	-360	R\$ 766,91	R\$ 199,19	R\$ 567,72

Logo $R\$ 10.000,00$ (valor total do investimento) / $R\$ 567,72$ (economia em um ano com SFCR) = 17, 61 = aproximadamente 18 anos. Deste modo, ao observar o valor do investimento, o tempo de vida útil dos materiais utilizados e o tempo de retorno do investimento que é de 18 anos, verifica-se que o projeto neste caso em específico não é economicamente viável, pois o tempo de retorno do investimento ultrapassa significativamente a vida útil do sistema, que é de 15 anos em média segundo Siqueira (2015).

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os sistemas fotovoltaicos por se mostrarem substitutos potenciais as fontes de energia convencionais, como as advindas de hidrelétricas e termoeletricas, devem ser estudados conforme a viabilidade para cada caso e local. Em caso de viabilidade comprovada, estes além de ser fonte de energia limpa, contribuem para diminuição dos gastos com consumo de energia advindo de companhias elétricas e podem chegar a ter uma relação custo-benefício significativamente positiva. Desta forma, se faz necessário cada vez mais o incentivo ao desenvolvimento de projetos desta natureza para que em um futuro próximo, essa tecnologia possa se torna mais acessível de modo a virar uma realidade nas residências de grande parte da população brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Perguntas e Respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012 - atualizado em 25/05/2017. 2017. **Disponível em:** <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/FAQ+-V3_20170524/ab9ec474-7dfd-c98c-6753-267852784d86>. Acesso em: 28 de abr. 2018.
2. ALBUQUERQUE, T. C.; MALDONADO, M. U.; VAZ, C. R. Um levantamento da produção intelectual sobre energia solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Paraná, v. 6, n. 5, p. 915-939, 2017.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. NBR-5410. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.
4. BENFICA, A.; MATTEDE, H. MUNDO DA ELÉTRICA: O que é NBR-5410. s.d. **Disponível em:** <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-nbr-5410/>>. Acesso em: 12 de mai. 2018.

5. BRAGA JUNIOR, W. et al. Difusão de conhecimentos em energia solar na região Norte do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais...** Gramado, Rio Grande do Sul: COBENGE, 2013.
6. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de S. Brito – CRESESB. 2017. **Disponível em:** <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 12 de mai. 2018.
7. DASSI, J. A. et al. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 22., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, Paraná, 2015.
8. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional, 2017 – Ano base 2016. Rio de Janeiro, 2017. **Disponível em:** <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf>. Acesso em: 27 de abr. 2018.
9. FILHO, W.P.B.; AZEVEDO, A.B.S. Geração Distribuída, Vantagens e Desvantagens. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS EPESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS (SEPÇA), 2., 2013, Belém. **Anais...** Belém: UEPA, 2013.
10. LIMA, J. L. B. **Energia fotovoltaica como alternativa energética viável.** Curso de Engenharia de Materiais- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
11. MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual Química.** v. 7, n.1, p.126-143, 2015.
12. MANCILHA, K. C. **Aplicação De Energia Fotovoltaica Para Prédios Administrativos E Áreas Industriais.** Programa De Formação De Recursos Humanos Da Petrobras Na Áreas De Sistemas Elétricos Industriais, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.
13. MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R. Pré-Dimensionamento De Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo De Caso Do Edifício Sede Do Crea-Sc. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.
14. MELO, F. C. **Projeto e análise de desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão em conformidade com a Resolução Normativa 482 da ANEEL.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
15. ZANETTI NETO, G.; COSTA, W. T.; VASCONCELOS, V. B. A resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL: possibilidades e entraves para a microgeração distribuída. **Revista Brasileira de Energia Solar.** v. 5, n. 2p. 119-127, dez., 2014.
16. SILVA, L. R. J. R.; SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR-CBENS, 7., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado, Rio Grande do Sul, 2018.
17. SIQUEIRA, L. M. **Estudo do dimensionamento e da viabilidade econômica de microgerador solar fotovoltaico conectado à rede elétrica.** 2015. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.