

VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE PROJETOS FOTOVOLTAICOS

GERÔNIMO B. ALEXANDRE^{1*}, PAULO I. SILVA², JORDÂNIO I. MARQUES³, EMANOEL L. SILVA⁴

^{1,4} Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, UFCG, Campina Grande - PB. Fone: (83) 98621-0719, geronimo.alexandre@ee.ufcg.edu.br, emanoel.silva@ee.ufcg.edu.br

² Programa de Pós-graduação em Engenharia Eletrônica, UFMG, Belo Horizonte - MG. Fone: (83) 98865-9502, engineerufcg@gmail.com

³ Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB. Fone: (83) 98742-8345, jordaniolnacio@hotmail.com.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: A metodologia de avaliação da viabilidade técnica-econômica de projetos de geração de energia elétrica fotovoltaica (FV) consiste na execução das etapas: A) Construção do perfil energético gerado pelo arranjo fotovoltaico ao longo do tempo de vida do projeto (25 anos), levando em consideração os valores de radiação solar (R_a), temperatura das células solares (T) e o rendimento dos painéis solares (η), visto que a energia gerada é função destas variáveis, ou seja, $E_g = f(R_a, T, \eta)$; B) Construção dos fluxos de caixa (FC) econômicos do investimento ao longo do período de vida do empreendimento, visto que o ativo gerado é função da energia gerada e da tarifa energética ditada pela concessionária local, ou seja, $FC = f(E_g, tarifa)$; C) Aplicação do método de tomada de decisão econômico; D) escolha da melhor alternativa de projeto; E) avaliação dos possíveis impactos técnicos da penetração da geração fotovoltaica sobre a operação e eficiência do sistema elétrico. Os resultados da metodologia proposta quando avaliada a uma residência com consumo médio de 168 kWh/mês, mostraram-se confiável e viável a instalação do sistema FV, considerando que seja realizada uma manutenção preventiva a cada dois anos, o investimento será amortecido em 13 anos, gerando lucro para o investidor de R\$ 6.871,32, se considerarmos redução dos impostos, o investimento inicial será depreciado em oito anos no caso de não haver impostos e em 11 anos caso fosse reduzido à carga de impostos pela metade.

PALAVRAS-CHAVE: Geração fotovoltaica, projetos de investimentos, viabilidade técnico-econômica, estudo de casos.

PROJECTS OF TECHNICAL-ECONOMIC FEASIBILITY PHOTOVOLTAIC

ABSTRACT: The methodology for evaluating the technical and economic feasibility of photovoltaic energy generation projects is to implement the steps: A) Construction of energy profile generated by the PV array during the project life time, taking into account the solar radiation values (R_a), temperature of the solar cells (T) and the efficiency of solar panels (η), as the power generated is a function of these variables, i.e. $E_g = f(R_a, T, \eta)$; B) Construction of the economic cash flows (FC) of the investment over the project life time, since the active generated is a function of the energy generated and energy rate dictated by the local distributor, i.e. $FC = f(E_g, tarifa)$; C) Application of the method of economic decision-making; D) choosing the best project alternative; E) Technical assessment of the likely impacts of penetration of photovoltaic generation on the operation and electrical system efficiency. The results of the proposed methodology when evaluating the a residence with an average consumption of 168 kWh / month, proved to be reliable and viable installation of the PV system, considering that preventive maintenance to be performed every two years, the investment will be damped in 13 years generating profit for investors of R \$ 6,871.32, considering reducing taxes, the initial investment will be depreciated over eight years in case of no taxes and in 11 years if it were reduced to the tax burden by half.

KEYWORDS: Photovoltaic generation, Clean energy investment projects, Technical and economic feasibility, Case Study.

INTRODUÇÃO

A inserção dos sistemas fotovoltaicos no sistema elétrico deve ser planejada, tanto do ponto de vista da unidade geradora, quanto da rede elétrica. Avaliar tecnicamente os equipamentos que compõem o arranjo fotovoltaico e os possíveis impactos da geração fotovoltaica ao sistema elétrico é uma tarefa desafiadora, porém motivadora. Outra questão importante neste cenário são os custos para implantação, operação e manutenção, o que cabe uma reflexão da viabilidade econômica da penetração da energia solar fotovoltaica.

A determinação da viabilidade econômica, considerando que o amortecimento da dívida se dá com a economia na conta de luz, deverá ser avaliada em termos do fluxo de caixa que muda a cada ano, apreciando as diversas variáveis de decisão que influenciam na energia gerada pelo arranjo fotovoltaico, tais como irradiação solar, período de vida dos equipamentos, manutenção dos equipamentos, taxa de juros entre outras. A viabilidade técnica diz respeito à avaliação dos possíveis impactos da inserção da geração PV sobre a operação e eficiência do sistema elétrico.

O objetivo deste documento é apresentar a metodologia para avaliação técnico-econômica de uma proposta de projeto de investimento de um empreendimento de geração e os resultados da aplicação desta metodologia quando avaliada a um estudo de caso real (unidade residencial com consumo médio de 168 kWh/mês).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia proposta para análise da viabilidade técnico-econômica de um projeto fotovoltaico consiste na execução das etapas descritas no fluxograma da Figura 1 e detalhada na Figura 2.

Figura 1. Metodologia para avaliação da viabilidade técnico-econômica de projetos fotovoltaicos.

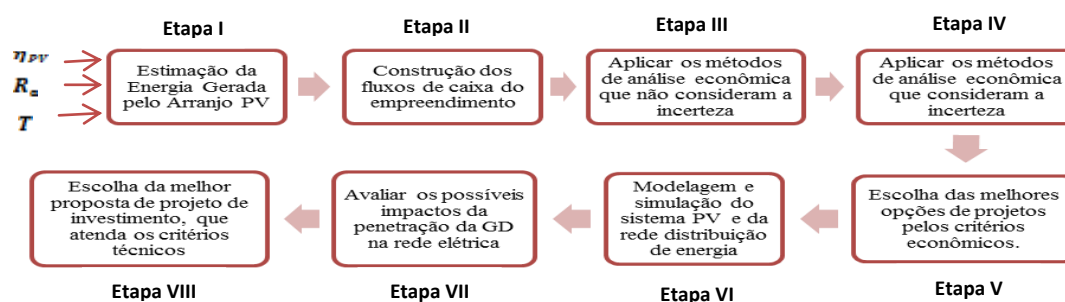
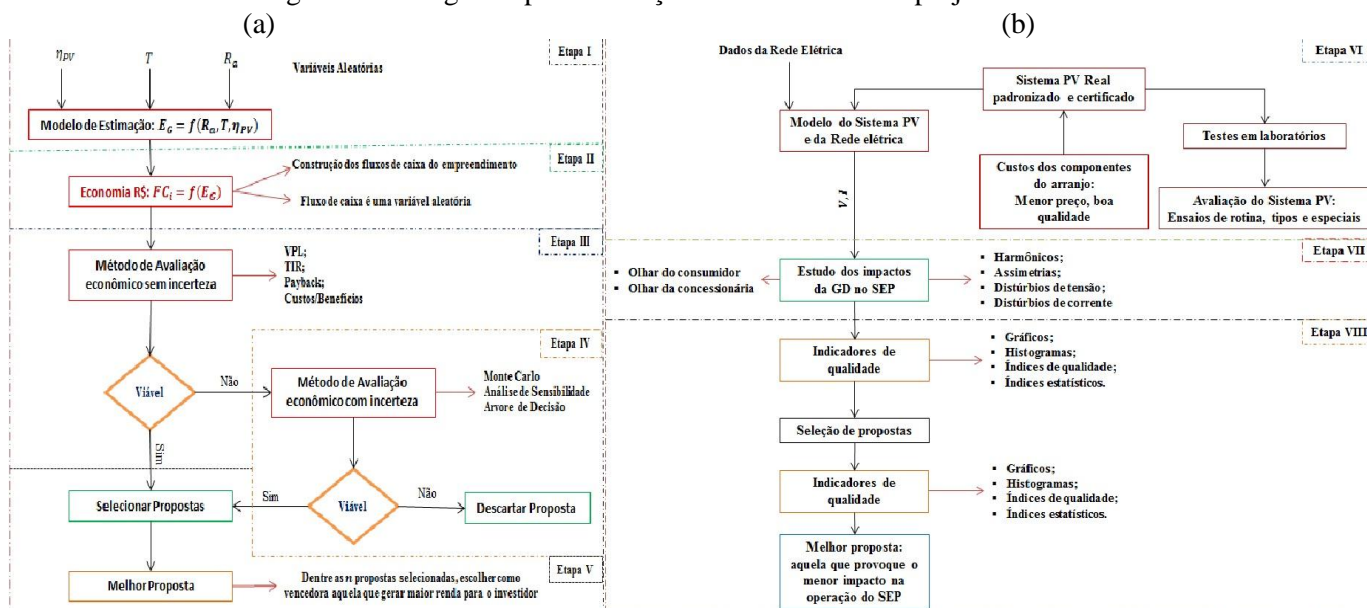


Figura 2. Fluxograma para avaliação econômica de um projeto fotovoltaico.



O fluxograma da Figura 2. (a) ilustra o método utilizado mensurar o tempo de retorno do capital investido da implementação de um projeto fotovoltaico. Percebe-se que as variáveis envolvidas

são variáveis aleatórias descritas por modelos estocásticos, a exemplo da irradiação solar e a temperatura na superfície do painel. O que leva os fluxos de caixa do empreendimento serem variáveis aleatórias. O fluxograma da Figura 2. (b) ilustra o algoritmo implementado na avaliação técnica de um projeto fotovoltaico. A certificação dos componentes do arranjo fotovoltaico nesta etapa é importante, pois a avaliação de um (uma unidade) sistema FV padronizado pode ser estendida para várias unidades idênticas padronizadas. A modelagem e a simulação são importantes, pois os testes que não são possíveis de se fazer com a rede energizada, podem ser feitos em plataforma de tempo real com boa precisão nos resultados. Os impactos gerados pela penetração do sistema FV na rede elétrica são analisados na ótica do consumidor e na ótica da concessionária de energia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A residência para a qual o estudo de caso será realizado (onde estão instalados os painéis solares) fica localizada na Rua Newton Paiva Fernandes, Pedregal, CEP: 58428-450, Campina Grande, Paraíba. Para instalação do arranjo FV deve-se consultar a NDU 13 da Energisa S.A. Para o estudo de caso levou-se em conta a localidade da cidade de Campina Grande-PB, com as seguintes coordenadas: latitude: -7,22°; longitude: -35,8735° e que os painéis foram instalados com 30° de inclinação.

O arranjo FV instalado é composto de quatro (4) módulos de 250 W_p, resultando em um sistema fotovoltaico de 1.000 W_p e um inversor *grid tie* da Sunny Boy SMA Technology AG com potência entre 1.200 W e 1.320 W. Vale ressaltar que o sistema FV foi dimensionado com base no consumo das últimas doze faturas do consumidor e que corresponde a um sistema FV conectado com rede elétrica projetado para atender a 90% do consumo (adaptado de Resolução Normativa Nº 482/2012). O custo total do sistema proposto é de aproximadamente R\$ 7.500,00 incluindo todas as despesas: impostos, taxas, frete, instalação e manutenção preventiva a cada dois anos.

A economia de energia em reais pode ser calculada multiplicando o valor da tarifa de energia vigente em R\$/kWh pela quantidade de energia gerada em determinado período. Vale ressaltar que o consumidor é classificado na classe B1 – Residencial, baixa tensão, monofásico, 220/127 V. Como o valor a ser pago incide o ICMS de 27%, PIS 1,65% e COFINS 7,6%, o real valor financeiro correspondente à energia economizada pode ser calculado pela equação (01) (Villalva, 2012),

$$R\$ Economia = E_G * (1,3625 * Tarifa) \quad (01)$$

Onde, *R\$ Economia* são os valores em reais economizados durante um período; *E_G* é a energia gerada durante um período, que deixará de ser comprada; Tarifa de energia da concessionária, em R\$/kWh. A parcela referente aos 1,3625 refere-se à alíquota de impostos (36,25 % de impostos).

O valor da tarifa para o estado da Paraíba, ditado pela Energisa S.A. para a classe consumidora em estudo no ano de 2014 foi de *Tarifa = 0.2898 R\$/kWh*. A energia gerada pelo arranjo FV instalado e a economia de energia para o ano de 2014 podem ser visualizadas na Figura 3.

Os métodos de decisão avaliados formam o payback, a TIR e o ROIC (*Return On Invested Capital*), os resultados são ilustrados na Tabela 1.

A tributação (impostos de importação, IPI, ICMS, PIS e COFINS) que incide sobre os projetos fotovoltaicos chegam a 36,25% do produto final (Pinho, 2014; EPE, 2012). Caso houvesse uma isenção de impostos (total ou parcial) para esse tipo de empreendimento, este se tornaria mais atrativo, gerando uma taxa de retorno de 11,73% ao ano, e um Payback de apenas 8,5 anos. Neste contexto discute-se três hipóteses de tributação incidente sobre o empreendimento: com a carga de impostos atual, redução de 50% da carga de impostos e redução de 100% da carga de impostos. Os resultados dos métodos de decisão quando avaliados ao estudo de caso estão dispostos na Tabela 2.

Se houvesse esta redução dos tributos à instalação do arranjo FV ficaria mais viável para o consumidor final e impulsionaria o aumento do número de residências com geração distribuída instalada. Percebe-se da Tabela 2 que com uma redução de 50% da carga de impostos o custo do projeto (investimento inicial) cairia em 16,25% do valor.

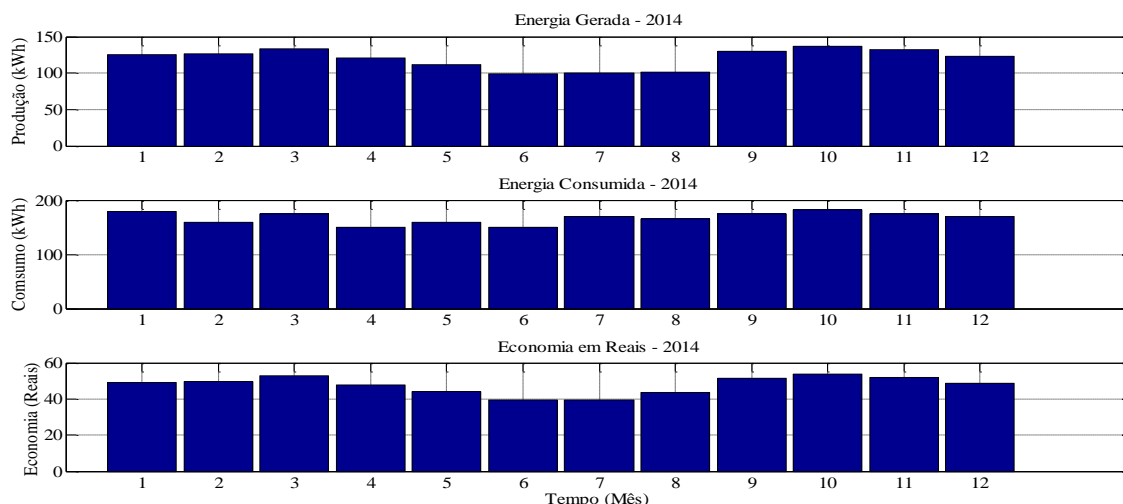
Tabela 1. Métodos de avaliação aplicados ao empreendimento

Período em anos	Payback (anos)	TIR (a.a.)	ROIC (a.a.)
25	13	7,6%	7,64%

Tabela 2. Índices econômicos para incentivos fiscais – Três cenários

Tributação	Investimento (R\$)	Retorno mensal (R\$)	Payback (anos)	ROIC (a.a.)
Com impostos	7.500,00	47,70	13	7,7%
Sem impostos	4.878,25	47,70	8,5	11,73%
50% da carga atual	6.140,63	47,70	11	9,3%

Figura 3. Dados de produção, consumo e economia de energia para o ano de 2014.



CONCLUSÕES

A metodologia proposta para avaliação econômica de projetos de geração de energia solar fotovoltaica mostrou-se eficiente e confiável quando avaliada a uma unidade consumidora residencial (consumo médio de 168 kWh/mês). Os resultados da aplicação da metodologia proposta mostraram-se confiável e viável a instalação do sistema FV, considerando que a vida útil do projeto seja de 25 anos e que seja realizado uma manutenção preventiva e periódica a cada dois anos, o investimento será amortecido em 13 anos, gerando lucro para o investidor de R\$ 6.871,32, se consideramos a redução dos impostos (incentivos fiscais), o investimento inicial será depreciado em 8,5 anos no caso de não haver impostos e em 11 anos caso fosse reduzido à carga de impostos pela metade.

Como trabalhos futuros serão estudados casos da implantação de projetos PV em unidades consumidoras comerciais e industriais; o estudo da viabilidade técnico-econômica da implantação de várias unidades fotovoltaicas conectadas a rede elétrica e os possíveis impactos da penetração da geração fotovoltaica (projetos PV de grande porte) no sistema elétrico de potência (SEP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPE - Empresa de Pesquisa Energética, Nota Técnica EPE – Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Energética Brasileira, 2012.
- NDU- 13 -Norma de Distribuição Unificada, Critérios de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição da Energisa, 2012.
- Pinho, João Tavares & Galdino, Marco Antônio. Manual de Engenharia de Para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL-CRESESB, Edição Revisada e Atualizada, Rio de Janeiro, Brasil, Março de 2014.
- Resolução Normativa N° 482/2012 - Condições gerais para o acesso de microgeração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica. Brasília, Abril, 2012.
- SMA Solar Technology - Catalogue of the Invertor Windy Boy.
- Villalva, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia solar fotovoltaica: conceito e aplicações. 1ª Edição, São Paulo: Érica, 2012. 224 p.
- BenQ Solar – Catálogo do Módulo PM250P00.