

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica  
ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

## PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA UM SISTEMA DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE<sup>1</sup>

### PROPOSITION FOR AN ECONOMIC AND FINANCIAL ANALYSIS METHODOLOGY FOR A PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM ON GRID

Emanuele Bottega Bandeira<sup>2</sup>, Rafael Henrique Bandeira<sup>3</sup>, Stela Maris Enderli<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Trabalho de conclusão de curso da pós graduação em Controladoria e Gestão Empresarial da Unijuí

<sup>2</sup> Especialista em Controladoria e Gestão Empresarial pela Unijuí

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Elétrica pela UFSM

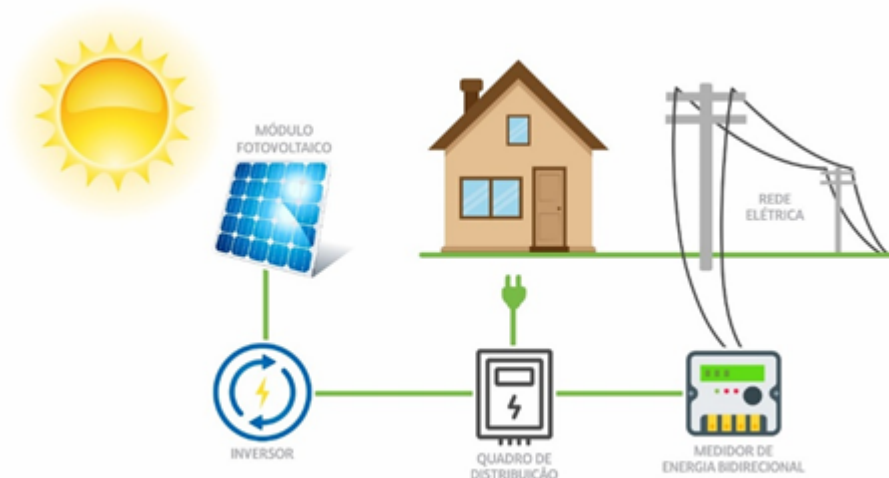
<sup>4</sup> Professora do DACEC, Mestre em Administração e Finanças pela PUC-Rio e professora orientadora

#### INTRODUÇÃO

O mercado de geração distribuída movimentava bilhões de reais todo ano no Brasil e a principal motivação para a instalação de um sistema fotovoltaico é econômica, sendo este um fator crucial para cerca de 90% dos consumidores (GREENER, 2019). Dessa maneira, torna-se imprescindível o desenvolvimento de uma metodologia de análise econômica e financeira como ferramenta de cálculo de retorno de investimento do sistema de geração solar fotovoltaico (SGFV).

No entendimento de Balfour, Shaw e Nash (2016, p.1), energia fotovoltaica é “a ciência que usa a energia do sol para produzir eletricidade”. Essa energia é proveniente da luz (radiação) solar. Esse tipo de sistema conectado à rede é chamado de on-grid, e faz com que a rede trabalhe como uma bateria: armazenando a energia excedente e fornecendo quando há falta, conforme esquema apresentado na figura 1:

Figura 1- Esquema de funcionamento de um SGFV on-grid.



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

**Evento:** XXVIII Seminário de Iniciação Científica

**ODS:** 7 - Energia Acessível e Limpa

A análise econômica e financeira de um SGFV consiste em uma ferramenta de auxílio na negociação do mesmo. A partir dessa análise é possível determinar a rentabilidade do sistema e seu retorno financeiro no decorrer da sua vida útil, que se encontra acima dos 25 anos (JINKOSOLAR, 2016). Muitas variáveis precisam ser consideradas no desenvolvimento da análise econômica e financeira para que a mesma seja fiel a realidade, desde questões técnicas (rendimento do sistema, queda de performance dos painéis solares, manutenções, dentre outros) até questões econômicas (custos, depreciação, variação da tarifa de energia, impostos, dentre outros).

É observável no mercado solar que boa parte das empresas do setor não realiza a análise de investimento da forma adequada, além disso, não é encontrado um consenso na bibliografia de qual a maneira correta de realizar esta análise. Os principais fatores são a ausência de uma modelagem adequada dos dados, além da baixa previsibilidade de algumas variáveis, como a tarifa de energia e o valor da energia gerada (RAUSCHMAYER; GALDINO, 2014). Na elaboração de um modelo de análise econômica e financeira para um sistema de geração solar fotovoltaico é preciso considerar as receitas e as despesas na implantação e posteriormente na execução do projeto.

A questão de estudo desse artigo é apresentada como sendo: Qual a configuração de um modelo de análise econômica e financeira que atenda as especificidades na projeção das receitas e das despesas de um sistema de geração solar fotovoltaico? O objetivo é apresentar um modelo de cálculo de retorno de investimento de um SGFV com maior precisão e confiabilidade dos resultados, verificando todas as características técnicas e financeiras que influenciam nesta análise. O objetivo secundário consiste em definir quais as melhores estratégias para estimar as receitas e despesas oriundas deste sistema.

**Palavras-chave:** sistema fotovoltaico; geração de energia; economia; retorno financeiro; investimento.

**Keywords:** *photovoltaic system; power generation; economy; payback; investment.*

## METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa caracteriza-se, quanto à natureza, como aplicada. Vergara (2009) argumenta que a pesquisa aplicada tem seus fundamentos baseados pela motivação de problemas imediatos e que sejam concretos. A abordagem utilizada é de forma qualitativa, pois de acordo com Collis e Hussey (2005) o método qualitativo visa examinar de forma subjetiva e realizar a reflexão de percepções para ter um entendimento social e humano. Quanto aos objetivos o estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva que é “usada para identificar e obter informações sobre as características de um determinado problema ou questão” (Collis e Hussey, 2005, p.24). O presente artigo se caracteriza assim por utilizar dados concretos para informar o retorno financeiro do investimento em um SGFV e garantir a qualidade dos dados informados por meio de um estudo real a fim de comparar valores.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa foi bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica é o estudo com base em material publicado acessível ao público em geral, como livros, jornais e meios eletrônicos (Vergara, 2009, p. 4), já a pesquisa documental é aquela que busca

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

informações em documentos que não foram publicados como os relatórios contábeis e gerenciais de uma empresa (Martins e Theóphilo, 2009). A coleta de dados partiu de uma revisão bibliográfica composta pelos principais autores da área de análise financeira, o que definiu a melhor estratégia de cálculo para cada estimativa.

Para definir todas as variáveis necessárias na construção do cálculo de retorno econômico, foi imprescindível o estudo das taxas e variáveis que interferem na conta de luz, relacionando as receitas geradas pela energia produzida com os custos mensais levantados, bem como prever e analisar os custos de instalação e de manutenção de um sistema fotovoltaico e a tributação inerente a troca de energia com a concessionária de energia, além da taxa mensal cobrada pela mesma. Todos estes dados resultaram em um fluxo de caixa do sistema. Além disso, uma análise técnica da instalação de um sistema fotovoltaico teve de ser elaborada, com pesquisa referente aos dados como durabilidade do sistema e percentuais de falhas a serem considerados como análises de riscos ao investimento. Outro fator técnico a ser considerado é a sazonalidade da geração, bem como questões históricas de períodos com menor geração, agregando estes também a fatores de risco ao investimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em mãos as informações sobre o SGFV a ser analisado, como preço de venda (custo inicial), custo de manutenção no 13º ano, estimativa de geração, tarifa de energia, taxa mínima mensal cobrada pela concessionária e considerando uma depreciação anual de 0,8% sobre a eficiência de geração do módulo fotovoltaico, é possível elaborar a análise financeira.

Primeiramente, o cálculo para a estimativa de retorno mensal do investimento (RM) é dado pela diferença da multiplicação da geração estimada mensal (Gm) pela tarifa de energia (TE) pela multiplicação da taxa mínima da concessionária (TM) pela tarifa de energia (TE):

$$RM = Gm * TE - (TM * TE)$$

Calculado o retorno mensal, basta multiplicar o resultado por 12 para obter-se o retorno anual.

A fim de comprovar o método proposto, foi elaborado um estudo de caso de um SGFV instalado em uma residência em Ajuricaba/RS no mês de setembro de 2018. Potência total instalada 3,3kWp com geração média mensal de energia estimada em 362,19kWh. Cliente monofásico da concessionária RGE e a tarifa de energia na época da análise era de R\$ 0,81. O valor do investimento foi de R\$ 16.768,04.

De posse destas informações, calcula-se a projeção de retorno financeiro mensal e anual. Como resultados dessa projeção, o retorno mensal é estimado em R\$ 269,07 e o retorno anual em R\$ 3.228,88. O *payback* se dá em 5 anos, o VPL é de R\$ 53.404,70 e o TIR é de 22%.

Os dados reais de retorno desse SGFV foram calculados nos 12 meses subsequentes à instalação considerando algumas variáveis, como: quanta energia elétrica o SGFV gerou no mês analisado, quanta dessa energia o cliente consumiu diretamente e quanta dessa energia foi injetada na rede de

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

distribuição, quanta energia a rede de distribuição forneceu ao consumidor, bandeira tarifária vigente no mês analisado e, finalmente, o valor da conta de luz.

Dessa forma, foi calculado, primeiramente, o consumo total do cliente (CT), que se dá pela soma da energia fornecida pela rede (FR) e a diferença entre a geração do sistema (GT) e a energia injetada na rede (IR):

$$CT = GT - IR + FR$$

Depois disso, calcula-se o quanto o cliente gastaria na conta de luz sem o SGFV (CL). O cálculo se dá pela multiplicação do consumo total (CT) pela tarifa de energia (TE) e soma da bandeira tarifária vigente em cada mês (BT) e da contribuição de iluminação pública municipal (CP):

$$CL = CT * TE + BT + CP$$

De posse desses resultados, é possível, enfim, calcular a real economia que o cliente teve em cada mês e comparar com a economia projetada na análise financeira. A economia real (ER) é calculada pela diferença entre o valor da conta de luz sem o SGFV (CL) e o custo mensal da conta de luz com o SGFV (CM):

$$ER = CL - CM$$

Após ser realizados todos esses cálculos em cada mês estudado, foi possível chegar aos seguintes resultados:

Quadro 1 - Resultados da análise das contas de luz dos últimos 12 meses.

Mês	Período	Consumo Total (kWh)	Custo mensal (Conta de luz)	Saldo de créditos (kWh)	Conta de luz sem o SGFV	Economia Real
Outubro	18/set - 19/out	323,7	R\$ 53,93	28	R\$ 293,51	R\$ 239,58
Novembro	20/out - 20/nov	377,2	R\$ 58,48	162	R\$ 337,54	R\$ 279,06
Dezembro	21/nov - 19/dez	340,5	R\$ 49,25	312	R\$ 285,06	R\$ 235,81
Janeiro	20/dez - 21/jan	495,9	R\$ 62,03	312	R\$ 408,96	R\$ 346,93
Fevereiro	22/jan - 18/fev	463,6	R\$ 55,15	312	R\$ 387,67	R\$ 332,52
Março	19/fev - 20/mar	379,8	R\$ 52,31	335	R\$ 314,60	R\$ 262,29
Abril	21/mar - 17/abr	323,4	R\$ 56,12	351	R\$ 271,07	R\$ 214,95
Mai	18/abr - 20/mai	321,3	R\$ 55,36	302	R\$ 281,02	R\$ 225,66
Junho	21/mai - 17/jun	265,7	R\$ 48,71	242	R\$ 224,25	R\$ 175,54
Julho	18/jun - 18/jul	321,1	R\$ 55,90	210	R\$ 290,28	R\$ 234,38
Agosto	19/jul - 19/ago	332,2	R\$ 52,54	183	R\$ 312,80	R\$ 260,26
Setembro	20/ago - 17/set	274,1	R\$ 55,18	240	R\$ 262,79	R\$ 207,61
TOTAL						R\$ 3.014,58

Fonte: elaborado pela autora (2019)

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

Pode-se perceber que ao longo dos doze meses estudados há um saldo de 240kWh de créditos energéticos a ser utilizado. Sabendo que esses créditos são uma sobra da energia gerada disponível a ser utilizada quando o cliente necessitar, é fato que esse valor deve ser incorporado à economia real. O valor monetário dos créditos energéticos (CE) é calculado multiplicando esse saldo de créditos pela tarifa energética do último mês do estudo (setembro de 2019):

$$CE = 240 * R\$ 0,87$$

$$CE = R\$ 208,07$$

Somando o saldo de créditos energéticos ao total de economia real do SGFV, temos:

$$ER = R\$ 3.014,58 + 208,07$$

$$ER = R\$ 3.222,65$$

A projeção de retorno anual calculada na análise financeira pelo método proposto foi de R\$ 3.228,88. A economia real encontrada ao longo dos últimos 12 meses de análise deste cliente foi de R\$ 3.222,65. Percebe-se que nesse caso a diferença foi de apenas R\$ 6,23, o que significa no montante uma margem de erro próxima de 0%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando o desenvolvimento de uma metodologia de análise econômica e financeira como ferramenta de cálculo de retorno de investimento de um SGFV que apresentasse maior precisão e confiabilidade comparando a outros métodos utilizados no mercado, o artigo apresentou o método de análise baseado no dimensionamento e geração de energia elétrica do SGFV considerando a tarifa de energia e taxa mensal da concessionária. Através de um estudo de caso apresentado no artigo foi possível comprovar o método proposto e analisar sua eficácia. A partir da análise de retorno de investimento adotada neste trabalho, pôde-se obter com precisão o retorno de investimento de um sistema de geração fotovoltaico e, assim, atingir o objetivo do trabalho.

A maior dificuldade deste método encontra-se na estimativa de geração, a qual depende de características climáticas. Além disso, a variabilidade de tarifa de energia que é um fator determinante para o retorno de um investimento em sistemas fotovoltaicos, vem sofrendo alterações significativas. Outro ponto que dificulta o método é a sua complexidade, pois trabalha com um número elevado de informações, enquanto os métodos tradicionalmente adotados são resolvidos de maneira simples a partir de fórmulas diretas. Entretanto, a análise aprofundada, como demonstrado neste artigo, trouxe consigo um ganho na precisão dos resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica - cadernos temáticos aneel - micro e minigeração distribuída, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/>

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica  
ODS: 7 - Energia Acessível e Limpa

Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/  
716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em 26 de junho de 2019.

BALFOUR, John; SHAW, Michael; NASH, Nicole Bremer. **Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós graduação. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

GREENER. **Estudo estratégico** - mercado fotovoltaico de geração distribuída, 2019. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1o-semester-de-2019/>>. Acesso em 18 de abril de 2019.

JINKOSOLAR. Datasheet JKM330PP-72 - **Módulo fotovoltaico Policristalino**, 2016. Disponível em: <<https://www.jinkosolar.com/ftp/PT-MKT-330PP-72.pdf>>. Acesso em 20 de abril de 2019.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

RAUSCHMAYER, Hans; GALDINO, Marco Antônio. **Os impactos da regulamentação ANEEL/482 e da legislação tributária no retorno financeiro de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Research Gate, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Marco\\_Galdino/publication/268073964\\_Os\\_impactos\\_da\\_regulamentacao\\_Aneel482\\_e\\_da\\_legislacao\\_tributaria\\_no\\_retorno\\_financeiro\\_links/55b8301708ae9289a08d498e/Os-impactos-da-regu](https://www.researchgate.net/profile/Marco_Galdino/publication/268073964_Os_impactos_da_regulamentacao_Aneel482_e_da_legislacao_tributaria_no_retorno_financeiro_links/55b8301708ae9289a08d498e/Os-impactos-da-regu)>. Acesso em 19 de junho de 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2009.

ZAMBERLAN, Luciano. et al. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas**. Ijuí: Unijuí, 2016.

**Parecer CEUA:** 23205.004977/2015-90

**Parecer CEUA:** CAAE: 84431118.2.0000.5350