

# METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

**Alison Fernando Marchioro** – alison.marchioro@hotmail.com

**Rodrigo Diogo Dahmer** – pfdahmer@gmail.com

**Rosiel Camargo Souza** – camargosouzarosiel@gmail.com

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões –  
URI São Luiz Gonzaga, Departamento de Engenharia Elétrica.

**Resumo.** *O presente estudo busca analisar a viabilidade da instalação de geração fotovoltaica em uma residência unifamiliar na cidade de São Luiz Gonzaga - RS. Tem como objetivo propor uma metodologia de análise técnica-econômica para instalação de sistema fotovoltaico. Com o aumento expressivo no consumo de energia elétrica, tem se intensificado a nível global, políticas públicas de incremento de novas fontes de geração de energia. A produção de energia elétrica por meio de células fotovoltaicas tem se configurado como uma iniciativa particularmente eficiente, tanto do ponto de vista político, no aumento da produção de energia, bem como na promoção de boas práticas ambientais e de sustentabilidade. No entanto, existem questões particulares ao investimento inicial agregado para a instalação da geração fotovoltaica. Diante deste desafio, o presente artigo busca por meio de análise técnica e econômica avaliar se o investimento se faz vantajoso, frente a uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), trazendo os valores do investimento para o Valor Presente Líquido (VPL). Este estudo serve de fomento para os estudos na área de Redes Elétricas Inteligentes e no adensamento da Geração Distribuída, sendo a planilha desenvolvida ferramenta eficiente no cálculo de viabilidade da instalação de sistemas fotovoltaicos.*

**Palavras-chave:** *Energia Fotovoltaica, Taxa Mínima de Atratividade, Valor Presente Líquido.*

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade, diante das necessidades diárias, tem requerido demandas elevadas de energia, de forma que, torne possível a manutenção da vida moderna (EPE, 2015). Nesse sentido, o Brasil necessita aumentar sua disponibilidade de energia, visando um desenvolvimento alicerçado no tripé: econômico, social e ambiental (Shayani *et al.*, 2006).

São pertinentes os desafios das nações pela busca de suprimentos energéticos e o crescimento acelerado na demanda de energia tem exigido novas posturas frente a esse problema. Políticas públicas e privadas têm intensificado as soluções que dizem respeito à produção de energia elétrica com baixo custo, menor agressão ambiental e a redução dos problemas sociais.

No contexto nacional tem se disseminado a produção de energia renovável, através da produção de energia fotovoltaica e eólica. Muitos são os fatores que influenciam no estágio embrionário de desenvolvimento da Geração Distribuída (GD) em nosso país, estando em meio a uma longa jornada rumo à consolidação de uma nova topologia de redes elétricas.

Isso se deve a desverticalização do setor elétrico brasileiro e o surgimento da crise energética em 2001, momento em que houve investimentos no incremento da geração próxima aos centros de consumo, com a finalidade do melhor gerenciamento dos recursos renováveis (Andrade, 2007; Filho e Azevedo, 2013).

Dessa forma, o conceito mais usual para definir GD, remete a uma fonte geradora próxima à carga e em pequena escala (Amaral *et al.*, 2016). Por outros autores, também é chamada de geração descentralizadora (El Khattan e Salama, 2004), e Ackermann (2001), define como uma fonte de geração conectada diretamente a um consumidor. Para Aneel (2015), é a geração de energia elétrica, através do acesso por microgeração e minigeração. Para a microgeração admite-se a potência instalada menor ou igual a 75KW. Já para a minigeração de 75KW até 3MW para fontes hídricas ou até 5MW para cogeração qualificada.

Em comparação com as fontes de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica destaca-se, visto que possui um baixo impacto ambiental associado e é caracterizada como uma fonte inesgotável (Rabuske *et al.*, 2016). A energia fotovoltaica apresenta baixos níveis de ruído, impacto ambiental e poluição durante a produção de eletricidade, e tem a grande vantagem de ser a mais viável para utilização no ambiente urbano, tendo alta capacidade de integrar-se às edificações (Goldemberg e Paletta, 2012; Amaral *et al.*, 2016). Face ao exposto, observa-se que a energia solar promove o desenvolvimento sustentável, tendo em vista a transformação da eletricidade em forma limpa, segura e confiável (Shayani *et al.*, 2006; Goldemberg e Paletta, 2012).

Investimentos em energia fotovoltaica geram benefícios econômicos aos consumidores, na substituição do revestimento de um edifício por células fotovoltaicas; por outro lado, o sistema elétrico torna-se mais autônomo, reduzindo a necessidade de linhas de distribuição e geração, tendo em vista que a energia esta sendo consumida no mesmo local em que esta sendo gerada, reduzindo os riscos de falhas em sistemas centralizados, como blecautes; e ao

governo, há a geração de empregos, através da diversificação da matriz energética, diminuindo a necessidade energética externa (Haas, 1994; Salamoli, 2009).

Os dados referentes ao potencial de exploração de energia solar fotovoltaica, confirmam que o Brasil possui índices solarimétricos superiores a inúmeros países (Jardim, 2007; Amaral *et al.*, 2016). O horizonte de irradiação (1500-2500 kWh/m<sup>2</sup>) é superior aos países europeus como Alemanha (900-1250 kWh/m<sup>2</sup>), França (900-1650 kWh/m<sup>2</sup>) e Espanha (1200-1850 kWh/m<sup>2</sup>) que têm grandes incentivos a geração fotovoltaica (Martins *et al.*, 2008). O valor da máxima irradiação global que é de 6500 kWh/m<sup>2</sup>, ocorre no Brasil, mais precisamente no norte do Estado da Bahia (Inpe, 2006).

Sendo assim, como o Brasil é um país privilegiado com relação a incidência de raios solares, visto que as regiões mais frias do sul do Brasil possui uma média semelhante à região da linha do Equador (Martins *et al.*, 2008), os investimentos em energia solar tornam-se recompensador. Além do mais, os diversos investimentos no país e uma política de diversificação da matriz energética no ano de 2016, colaboraram para que houvesse um crescimento de 54,9% através de GD proveniente da energia fotovoltaica, representando um montante de 33.489 GWh de energia produzida (EPE, 2017).

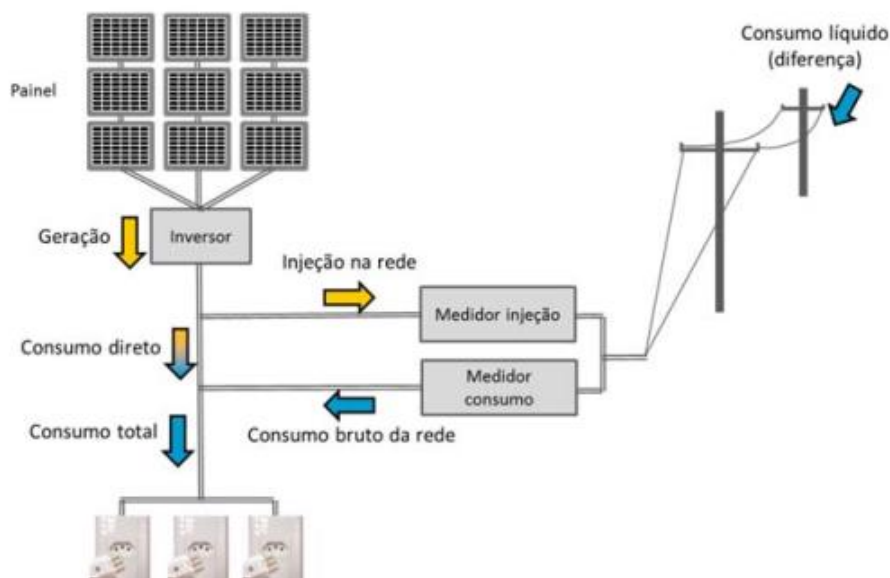
## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Os sistemas de geração de energia fotovoltaica são constituídos basicamente de painéis fotovoltaicos que estão conectados uns aos outros, quer em série ou paralelo, dependendo da configuração do sistema (Eletrobras, 2016). Como a geração de energia é feita em CC, na saída dos módulos fotovoltaicos é instalado um inversor de tensão CC-CA, possibilitando que a energia seja consumida na residência, ou no caso de excedentes, disponibilizada ao sistema elétrico a qual está conectado.

Os sistemas, conforme a Fig.1, também são compostos por medidores com tecnologias avançadas que realizam a comunicação digital bidirecional, atuando no fluxo de energia, com a finalidade em proporcionar uma melhor administração dos ativos da rede, realizando constantemente detecções para apurar dados importantes para o entendimento e tomadas decisões dos operadores, colaborando assim na redução de perdas técnicas e oportunizando os consumidores a interagirem com a rede (Villalva, 2015).

Figura 1 - Componentes do sistema fotovoltaico.



Fonte: Amaral *et al.*, 2016 apud Rauschmayer & Galdino, 2014.

Considerando a Fig. 1, em instantes está se injetando energia elétrica na rede, em outros está se consumindo da rede. Isso é possível através do fluxo bidirecional de energia elétrica e dos dispositivos conectados ao sistema fotovoltaico que permitem a geração e consumo instantâneo, garantindo ainda a proteção do sistema gerador e da residência.

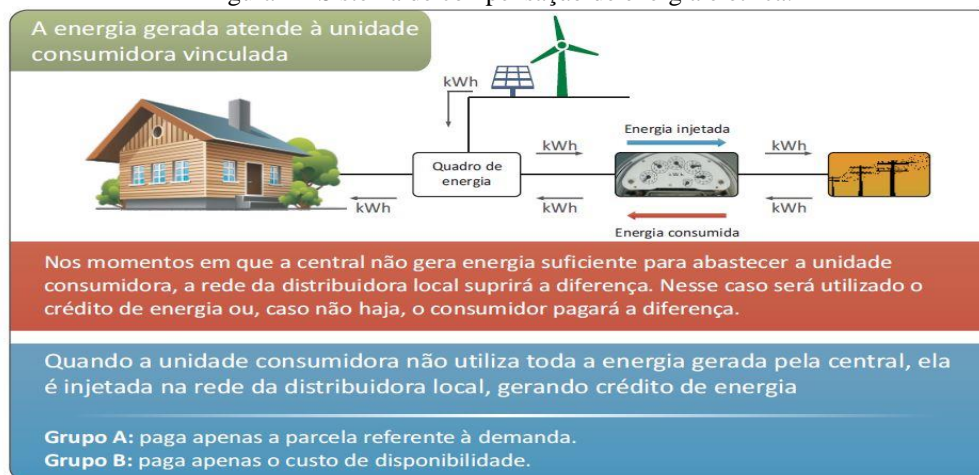
### 2.2 Sistema de compensação

Para tanto são estabelecidos os parâmetros para compensação de energia injetada na rede, por meio dos medidores inteligentes. Projetados segundo a carga instalada por unidade consumidora, quando houver excedente de energia

elétrica sendo gerada, está é despachada para a rede a montante da unidade consumidora, e posteriormente quando houver consumo superior ao produzido, estes créditos são compensados pelo consumo da energia disponibilizada pela concessionária.

Através dos medidores inteligentes, a energia é contabilizada e faturada devidamente mantendo padrões de qualidade da energia elétrica. Após a unidade consumidora gerar créditos de energia, terá o prazo de até 60 meses para utilizá-lo. Para o atual estado de desenvolvimento dos sistemas de GD brasileiros, não é possível eliminar a fatura de energia em 100%. Isso se deve ao fato do consumidor possuir a contratação do serviço público de energia elétrica, quer seja consumidor do grupo B, contratando por disponibilidade, ou consumidor do grupo A, contratando por demanda (Aneel, 2015). O sistema em análise pode ser representado pela Fig. 2.

Figura 2 - Sistema de compensação de energia elétrica.



Fonte: Aneel (2016).

Através da medição inteligente, terá novos critérios na qualidade de serviços prestados, controle de cargas, novas tarifas, novos serviços, como a comunicação de dados pela linha elétrica, incluindo outras funcionalidades. O conjunto de medidores instalados em residências, comércios e até mesmo nas indústrias, formam uma plataforma de gerenciamento de energia. A principal aplicação da comunicação entre eles é de fundamental importância para estabilizar dados.

### 3. METODOLOGIA

Com o intuito de projetar as principais condicionantes envolvidas em uma análise econômico-financeira através do investimento de um sistema fotovoltaico, a aplicação deste estudo foi desenvolvida no município de São Luiz Gonzaga (28°40'42.22" S e 54°95'79.72" O), região Noroeste do Rio Grande do Sul. Foi considerada a projeção de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), que trabalha em paralelismo, estando conectado a rede de distribuição da concessionária, tendo como objetivo a redução da fatura de energia elétrica.

Para demonstrar os fatores que envolvem a viabilidade econômica, é necessária a correta estimativa da aplicação do capital financeiro que se tem disponível, no tempo presente, com a finalidade de verificar a viabilidade ou não da transação financeira em tempo futuro. Para tanto, são apresentados a seguir alguns conceitos amplamente utilizados por pessoas físicas, jurídicas, instituições financeiras, com a finalidade de verificar a viabilidade econômico-financeira de investimentos:

- Taxa Mínima de Atratividade (TMA): é a taxa mínima que um investidor se propõe a pagar ou receber pelo montante investido ou aplicado em determinado bem (Pilão e Hummel, 2003).
- Valor Presente Líquido (VPL): corresponde ao valor dos fluxos de caixas futuros a uma dada taxa de juros, de forma que se possa verificar o valor atual, do montante aplicado. Nada mais é do que aplicando uma taxa de juros, determinar o rendimento que o investimento teria se aplicado, por exemplo, na poupança (Patrício, 2016).
- Taxa interna de retorno (TIR): é a taxa de desconto que iguala o valor dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial (Rabuske *et al.*, 2016)
- *Payback* Descontado: corresponde ao período ao qual deverá ser esperado para que se obtenha retorno do investimento, muitas vezes conhecido com período de recuperação (Oliveira 2008, *apud* Rabuske, 2016).

A metodologia empregada visa estimar de forma precisa as condicionantes financeiras presentes em um investimento para geração de energia utilizando sistema fotovoltaico. Dai a importância de basear-se em métodos amplamente utilizados no mercado financeiro.

## 4. RESULTADOS

Foi optado pelo modelo SFCR, tendo em vista que o mesmo apresenta inúmeras vantagens, entre elas: a redução das perdas na transmissão, visto que a geração está próxima do consumidor; não necessita de bancos de baterias para armazenagem da energia gerada, reduzindo em 30% o custo de instalação; não requer superdimensionamento, pois está conectada diretamente a rede da concessionária e de certa forma, alivia o sistema de distribuição da mesma (Rüther, 2004).

Os dados solarimétricos foram coletadas através do mapeamento da CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), considerando as coordenadas geográficas (28°40'42.22" S e 54°95'79.72" O). Através da posição geográfica da instalação das células fotovoltaicas é possível obter o índice médio mensal de KWh/m<sup>2</sup> dia de energia solar para o local em estudo. Assim sendo são traçados os perfis de geração médios mensais, como prescritos na Tab. 1.

Tabela 1 - Cálculo Plano Inclinado

Estação: Sao Luiz Gonzaga

Município: SÃO Luiz Gonzaga , RS - BRA

Latitude: 28,4° S

Longitude: 54,957962° O

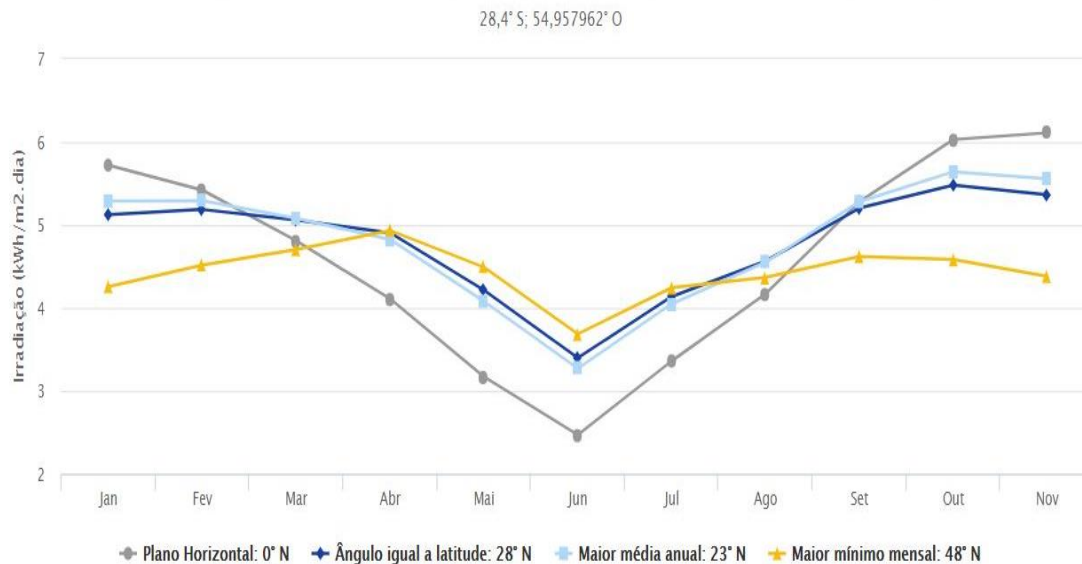
Distância do ponto de ref. ( 28,404222° S; 54,957972° O ) : 5 km

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Plano Horizontal	0° N	5,72	5,42	4,81	4,11	3,17	2,47	2,89	3,36	4,17	5,28	6,03	6,11	4,46	3,64
Ângulo igual a latitude	28° N	5,13	5,19	5,06	4,90	4,21	3,40	3,95	4,14	4,56	5,20	5,48	5,36	4,72	2,08
Maior média anual	23° N	5,29	5,29	5,08	4,83	4,08	3,27	3,81	4,05	4,55	5,28	5,64	5,56	4,73	2,37
Maior mínimo mensal	48° N	4,26	4,51	4,70	4,93	4,49	3,69	4,27	4,24	4,37	4,62	4,58	4,38	4,42	1,26

Fonte: Adaptado de CRESESB (2017).

Considerando as coordenadas geográficas do ponto de referência, obteve-se o gráfico de radiação para a cidade de São Luiz Gonzaga- RS, de acordo com a Fig. 3.

Figura 3 - Irradiação média para São Luiz Gonzaga



Fonte: Adaptado de CRESESB (2017).

## 4. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

### 4.1 Investimentos em equipamentos

Consideramos para o estudo as curvas de consumo da residência referentes ao ano de 2016, que equivale um total de 6.343 KWh/ano. Neste panorama a geração de energia fotovoltaica compreenderá um total de 4.914 KWh/ano, representando uma solicitação de apenas 1.456 KWh/ano da rede elétrica.

Buscando atender a carga residencial, com a demanda de energia necessária, estima-se a instalação de um sistema fotovoltaico com capacidade de geração de 3,7 KWp, que será capaz da geração constante da Tab. 2, levando em consideração a insolação para a cidade de São Luiz Gonzaga – Rio Grande do Sul.

Tabela 2 - Produção x Consumo sistema em análise

Mês	Eletricidade total consumida	Eletricidade gerada pelo sistema FV	Eletricidade fornecida pela rede	Creditos gerados
Janeiro	537,00 kWh	444,04 kWh	92,96 kWh	0,00 kWh
Fevereiro	554,00 kWh	437,83 kWh	116,17 kWh	0,00 kWh
Março	463,00 kWh	491,40 kWh	0,00 kWh	28,40 kWh
Abril	463,00 kWh	412,21 kWh	50,79 kWh	0,00 kWh
Mai	569,00 kWh	387,83 kWh	181,17 kWh	0,00 kWh
Junho	541,00 kWh	257,65 kWh	283,35 kWh	0,00 kWh
Julho	501,00 kWh	331,38 kWh	169,62 kWh	0,00 kWh
Agosto	599,00 kWh	419,82 kWh	179,18 kWh	0,00 kWh
Setembro	498,00 kWh	427,09 kWh	70,91 kWh	0,00 kWh
Outubro	531,00 kWh	422,22 kWh	108,78 kWh	0,00 kWh
Novembro	559,00 kWh	408,60 kWh	150,40 kWh	0,00 kWh
Dezembro	528,00 kWh	474,87 kWh	53,13 kWh	0,00 kWh
<b>Total Anual</b>	<b>6.343,00 kWh</b>	<b>4.914,94 kWh</b>	<b>1.456,46 kWh</b>	<b>28,40 kWh</b>

Fonte: Dados dos autores.

Para efeito de cálculo de custos de compra de materiais que comporão o sistema fotovoltaico dimensionado, baseou-se na venda de uma empresa local, sendo que desta pesquisa se chegaram aos custos elencados na Tab. 3. Cabe ressaltar que estes valores, não servem de parâmetros para outros trabalhos, devido aos custos marginais levantados levarem em consideração a localização do empreendimento a ser instalado devendo, portanto, estudos diferentes serem alvos de outra análise.

Tabela 3 - Investimento para sistema fotovoltaico 3,90 kW.

Descrição	Potência	Unidade	Qtde	Valor Unit.	Valor Total
Painel Solar Canadian 325w 72 Células Poli Cs6u-325p	325	pç	12	R\$ 1.089,90	R\$ 13.078,80
Inversor Fronius Centrium Energy 4210069 Primo 3.0-1 Potência 3,00 kw Bifásico 220v	3000	pç	1	R\$ 6.499,08	R\$ 6.499,08
Material elétrico para instalação	-	sv	1	R\$ 1.750,00	R\$ 1.750,00
Mão de obra	-	sv	1	R\$ 2.200,00	R\$ 2.200,00
Projeto Elétrico + ART	-	sv	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Estrutura Metálica	-	sv	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
<b>CUSTO TOTAL</b>					<b>R\$ 26.327,88</b>

Os dados acima fazem parte da composição básica de um sistema fotovoltaico, com capacidade de conexão a internet e acompanhamento em tempo real *online*, sendo que todos os valores apresentados no presente estudo são referentes ao mês de setembro de 2017.

#### 4.2 Análise Técnica e Econômica de Investimentos

Os custos dos sistemas de energia fotovoltaica em nosso país nem sempre são divulgados, e segundo Galdino (2012), parece ser uma tendência, buscando manter segredos comerciais, e em alguns casos, não desestimular possíveis investidores, devido ao valor agregado de tais sistemas.

Para o sistema em análise, a concessionária considerada foi a Rio Grande Energia S. A. (RGE), que nos meses da análise comercializou o kWh a um custo de R\$ 0,67 (sessenta e sete centavos) e que será considerado como custo para o primeiro ano do estudo. Considerando que as tarifas de energia são reajustadas periodicamente, por meio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), seguindo os índices do IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado) e IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), foi considerado para o estudo um reajuste anual na ordem de 4,8% a.a.



De acordo com os dados dos fabricantes e do fornecedor, o sistema fotovoltaico a ser instalado possui as seguintes garantias: painéis fotovoltaicos com garantia de 25 anos (10 anos certificados pelo INMETRO), inversor de frequência com garantia de 05 anos, também certificado pelo INMETRO. Logo para efeitos de estudo, será considerado um horizonte de 25 anos, considerando que o sistema fotovoltaico sofrerá uma perda de produção na ordem de 0,8% a.a.

Devido ao sistema não possuir garantia aos 25 anos do empreendimento, se estimou a contratação de um seguro com custo inicial de R\$ 200,00 (duzentos reais), que será reajustado anualmente à taxa de 10% a.a. Para manutenção, como limpeza dos painéis fotovoltaicos, verificação do sistema elétrico, foi considerado um custo a partir do segundo ano de R\$ 100,00 (cem reais), sendo reajustado a uma taxa de 10% a.a.

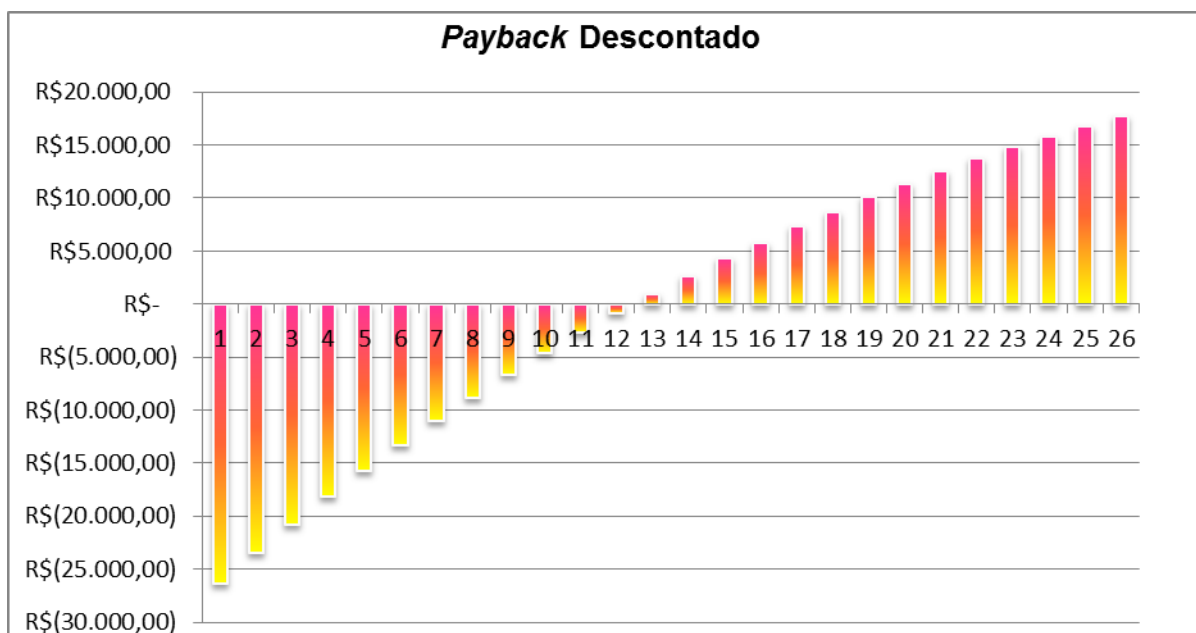
Aplicando uma TMA, de 0,06% a.m., superior ao rendimento médio da aplicação da caderneta de poupança no período considerado dos últimos anos, que foi de 0,05% a.m. (BCB, 2017). Na Tab. 4 são verificadas as diversas variáveis envolvidas no cálculo para equacionamento da viabilidade técnica-econômica da implantação de geração de energia fotovoltaica.

Tabela 4 - Fluxo de Caixa do Investimento

Ano	Energia Produzida (KWh)	Tarifa Energia RGE	Receita de Energia Produzida	Custo de Manutenção anual	Seguro anual	Fluxo de caixa	Fluxo de Caixa descontado	Payback Descontado
0						R\$ 26.327,88	R\$ 26.327,88	-R\$ 26.327,88
1	4914,94	R\$ 0,67	R\$ 3.293,01		R\$ 200,00	R\$ 3.093,01	R\$ 2.878,76	-R\$ 23.449,12
2	4875,62	R\$ 0,70	R\$ 3.423,47	R\$ 100,00	R\$ 220,00	R\$ 3.103,47	R\$ 2.688,41	-R\$ 20.760,71
3	4836,62	R\$ 0,74	R\$ 3.559,09	R\$ 110,00	R\$ 242,00	R\$ 3.207,09	R\$ 2.585,73	-R\$ 18.174,98
4	4797,92	R\$ 0,77	R\$ 3.700,09	R\$ 121,00	R\$ 266,20	R\$ 3.312,89	R\$ 2.486,01	-R\$ 15.688,97
5	4759,54	R\$ 0,81	R\$ 3.846,67	R\$ 133,10	R\$ 292,82	R\$ 3.420,75	R\$ 2.389,14	-R\$ 13.299,83
6	4721,46	R\$ 0,85	R\$ 3.999,06	R\$ 146,41	R\$ 322,10	R\$ 3.530,55	R\$ 2.295,03	-R\$ 11.004,80
7	4683,69	R\$ 0,89	R\$ 4.157,49	R\$ 161,05	R\$ 354,31	R\$ 3.642,12	R\$ 2.203,55	-R\$ 8.801,25
8	4646,22	R\$ 0,93	R\$ 4.322,19	R\$ 177,16	R\$ 389,74	R\$ 3.755,29	R\$ 2.114,64	-R\$ 6.686,61
9	4609,05	R\$ 0,97	R\$ 4.493,42	R\$ 194,87	R\$ 428,72	R\$ 3.869,83	R\$ 2.028,19	-R\$ 4.658,42
10	4572,18	R\$ 1,02	R\$ 4.671,43	R\$ 214,36	R\$ 471,59	R\$ 3.985,48	R\$ 1.944,12	-R\$ 2.714,30
11	4535,60	R\$ 1,07	R\$ 4.856,49	R\$ 235,79	R\$ 518,75	R\$ 4.101,95	R\$ 1.862,33	-R\$ 851,97
12	4499,32	R\$ 1,12	R\$ 5.048,89	R\$ 259,37	R\$ 570,62	R\$ 4.218,89	R\$ 1.782,74	R\$ 930,77
13	4463,32	R\$ 1,18	R\$ 5.248,90	R\$ 285,31	R\$ 627,69	R\$ 4.335,90	R\$ 1.705,27	R\$ 2.636,04
14	4427,62	R\$ 1,23	R\$ 5.456,84	R\$ 313,84	R\$ 690,45	R\$ 4.452,55	R\$ 1.629,85	R\$ 4.265,89
15	4392,20	R\$ 1,29	R\$ 5.673,02	R\$ 345,23	R\$ 759,50	R\$ 4.568,29	R\$ 1.556,39	R\$ 5.822,28
16	4357,06	R\$ 1,35	R\$ 5.897,76	R\$ 379,75	R\$ 835,45	R\$ 4.682,56	R\$ 1.484,81	R\$ 7.307,09
17	4322,20	R\$ 1,42	R\$ 6.131,41	R\$ 417,72	R\$ 918,99	R\$ 4.794,69	R\$ 1.415,05	R\$ 8.722,14
18	4287,62	R\$ 1,49	R\$ 6.374,31	R\$ 459,50	R\$ 1.010,89	R\$ 4.903,92	R\$ 1.347,03	R\$ 10.069,17
19	4253,32	R\$ 1,56	R\$ 6.626,84	R\$ 505,45	R\$ 1.111,98	R\$ 5.009,41	R\$ 1.280,69	R\$ 11.349,86
20	4219,30	R\$ 1,63	R\$ 6.889,36	R\$ 555,99	R\$ 1.223,18	R\$ 5.110,19	R\$ 1.215,97	R\$ 12.565,83
21	4185,54	R\$ 1,71	R\$ 7.162,29	R\$ 611,59	R\$ 1.345,50	R\$ 5.205,20	R\$ 1.152,77	R\$ 13.718,60
22	4152,06	R\$ 1,79	R\$ 7.446,04	R\$ 672,75	R\$ 1.480,05	R\$ 5.293,24	R\$ 1.091,08	R\$ 14.809,68
23	4118,84	R\$ 1,88	R\$ 7.741,02	R\$ 740,02	R\$ 1.628,05	R\$ 5.372,94	R\$ 1.030,79	R\$ 15.840,47
24	4085,89	R\$ 1,97	R\$ 8.047,69	R\$ 814,03	R\$ 1.790,86	R\$ 5.442,80	R\$ 971,86	R\$ 16.812,33
25	4053,20	R\$ 2,06	R\$ 8.366,50	R\$ 895,43	R\$ 1.969,95	R\$ 5.501,13	R\$ 914,23	R\$ 17.726,56
<b>TOTAL</b>	<b>111770,33</b>		<b>R\$ 136.433,26</b>	<b>R\$ 8.849,73</b>	<b>R\$ 17.699,47</b>	<b>R\$ 107.914,11</b>		
							<b>TMA</b>	<b>0,6 % a.m</b>
Custo de energia elétrica reajustado em 4,8% a.a., conforme índices médios do IGP-M e IPCA.								
Custo de manutenção inicial e de seguro reajustado em 10% a.a.								

Observa-se que ao trazer os valores futuros para o VPL, fica claro que a análise financeira ganha maior projeção, sendo analisada a luz das projeções econômicas. Aplicado o investimento a uma taxa de 0,6% a.m., são demonstrados os valores em um Fluxo de Caixa Descontado, em que os valores são trazidos para o presente. Posteriormente estes dados são agregados para o Payback Descontado, onde além de se observar os valores obtidos, têm-se a variável do tempo, o que deixa o cálculo mais preciso como pode ser observado na Tab. 4 e Fig. 4.

Figura 4 - Payback Descontado



Pela análise do fluxo de caixa, como observado na Fig. 4, percebe-se o saldo positivo após o 12º ano do investimento, apresentando ao final do tempo de vida útil uma receita líquida de + R\$ 17.726,56 (dezesete mil setecentos e vinte e seis reais e cinquenta e seis centavos).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Toda geração distribuída traz como vantagem um ponto primordial forte em direção a uma distribuição de energia com mais inteligência embarcada, pois gera a necessidade efetiva de medição, controle e comando de cargas ao longo do sistema.

As medidas de incentivo fiscal estão ligadas com a concepção nacional de desenvolvimento sustentável e em novos padrões de desenvolvimento de tecnologia, inserção de funcionalidades as redes elétricas como os veículos elétricos, as cidades inteligentes em um ambiente com fluxo bidirecional de informações, com a maior interatividade do consumidor com a concessionária.

Diante das constatações apresentadas na análise econômica deste trabalho, pode se afirmar que se faz vantajoso o investimento em sistema de geração fotovoltaico aplicado à residência unifamiliar na cidade de São Luiz Gonzaga. Este sistema além de garantir o retorno do investimento em um horizonte de médio prazo, cobre seus custos de instalação e manutenção, gerando ao longo de seu tempo de utilização uma receita líquida, superior a aplicações financeiras, o que o caracteriza como um investimento favorável técnica e economicamente.

A planilha desenvolvida configura-se como uma ferramenta importante para analisar qualquer viabilidade econômica na implantação de tecnologia fotovoltaica. O que irá mudar entre os diversos projetos, é a TMA que pode ocorrer variações conforme os valores econômicos tidos como referência e a garantia dos 25 anos de empreendimento, que neste caso torna se opcional. Além disso, o seguro e a manutenção anual podem ser calculados ou não, dependendo dos níveis de exatidão a que se destina o estudo de viabilidade, bem como o crescimento ou manutenção dos custos da fatura de energia elétrica.

A utilização do *payback* descontado é a forma mais precisa de estimar o tempo de retorno do investimento, pois ao contrário de outras metodologias de cálculo o tempo é condicionante principal nos fluxos de caixa, sendo os valores futuros trazidos à valores presentes. Essa metodologia proporciona verificar que valores futuros tem valor presente diferente, e que torna o retorno do investimento maior, do que se empregado um fluxo de caixa simples (*payback* simples).

Considerando as diferentes variáveis envolvidas na metodologia de cálculo, a ferramenta utilizada pode ser aplicada a casos distintos, levando em consideração as peculiaridades de cada localidade a que se destina estudar, podendo ser ferramenta precisa nas análises financeiras tanto para investidores como para empresas de vendas de sistemas fotovoltaicos.

## REFERÊNCIAS

- Ackermann, T., Andersson, G., Söder, L., 2001. Distributed generation: A definition, *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 57, n. 3, pp. 195–204.
- Amaral, A. B. A.; Mendonça, A. L. Z. L.; Resende, G. A. A. M.; Rego, E. E., 2016. Solar Energy and Distributed Generation: 2015, a Year of Inflection in Brazil? *IEEE, Latin America Transactions*, vol. 14, n. 8, pp. 3731–3737.
- Aneel, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010. Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010, Brasília.
- Aneel, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, Brasília, vol. 1–5.
- Aneel, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015. Resolução Normativa nº 687, de 05 de setembro de 2015, Brasília.
- Aneel, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília, 2 ed., pp. 01-34.
- BCB. Relatório de Poupança Setembro 2017. Acessado em 27 de setembro de 2017. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/Pre/SalaImprensa/port/poupanca.asp>>
- El-Khattam, W., Salama, M. M. A., 2004. Distributed generation technologies, definitions and benefits, *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 71, n. 2, pp. 119–128.
- Eletrobras, Centrais Elétricas Brasileiras. Energia Solar aplicada ao Centros Comunitários de Produção. Divisão de estudos técnicos de projetos setoriais. - Rio de Janeiro: Eletrobras, 2016.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética / Ministério das Minas e Energia (MME), 2015. Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional) – 1995-2015, Rio de Janeiro, 2015.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética, 2017. Relatório Síntese ano base 2016, Balanço Energético Nacional, 2017. Brasília, 2017.
- Filho, W. P. B., Azevedo, A. C. S., 2013. Geração distribuída: vantagens e desvantagens, II Simpósio de estudos e pesquisas em ciências ambientais na Amazônia, Belém – Pará, vol.02, pp. 126-135.
- Galdino, M. A., 2012. Análise de custos históricos de sistemas fotovoltaicos no Brasil. IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferência Latino-Americana da ISES. São Paulo, 2012.
- Hass, R., 1994. The value of photovoltaic electricity for utilities, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 35, n. 1, pp. 424 – 427.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisa Energética, 2006. Atlas brasileiro de energia solar. Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rüter, R. - São José dos Campos,
- Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Silva S. A. B.; Abreu S. L.; Colle, S., 2008. Solar energy scenarios in Brazil, Part one: Resource assessment, *Energy Policy*, vol. 36, n. 8, pp. 2843–2854.
- Rabuske, R.; Friedrich, L. R., Fontoura, F. B. B., 2016. Análise da viabilidade para implantação de energia fotovoltaica com utilização para sombreamento de estacionamento. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa – Paraíba.
- Rivera, R.; Esposito, A. S.; Teixeira, I., 2013. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. *Revista do BNDES*, n. 40, pp. 43-84.
- Shayani, R. A., Oliveira, M. A. G., Camargo, I. M. T., 2006. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, 2006.

## METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF TECHNICAL-ECONOMIC VIABILITY FOR GENERATION OF PHOTOVOLTAIC ENERGY

**Abstract.** *The present study aims to analyze the viability of the photovoltaic generation installation in a single family dwelling in the city of São Luiz Gonzaga - RS. It aims to propose a methodology of technical-economic analysis for installation of photovoltaic system. With the expressive increase in the consumption of electric energy, public policies to increase new sources of energy generation have intensified. The production of electricity through photovoltaic cells has been configured as a particularly efficient initiative, both from a political point of view, in the increase of energy production, as well as in the promotion of good environmental practices and sustainability. However, there are particular issues to aggregate initial investment for the installation of photovoltaic generation. In the face of this challenge, the present article seeks by means of technical and economic analysis to evaluate if the investment is advantageous, against a Minimum Attractiveness Rate (TMA), bringing the investment values to the Net Present Value (NPV). This study serves as a support for the studies in the area of Intelligent Electrical Networks and in the densification of Distributed Generation, being the spreadsheet developed an efficient tool in calculating the viability of the installation of photovoltaic systems.*

**Key words:** *Photovoltaic energy, Minimum Attractiveness Rate, Net Present Value.*