

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UMA RESIDÊNCIA DE FAMÍLIA CLASSE MÉDIA BRASILEIRA

PHOTOVOLTAIC MICROGENATION VIABILITY ANALYSIS IN BRAZILIAN MIDDLE FAMILY'S RESIDENCE

Francisco Grácio Pessoa¹

Marlon Fagundes Pereira²

Alexandre Vieira de Oliveira³

RESUMO

O presente trabalho da área de potência em Engenharia Elétrica tem por objetivo avaliar a viabilidade econômica da instalação de um sistema de geração de energia fotovoltaica para uma família de classe média brasileira. Estuda a energia solar fotovoltaica como uma alternativa tanto sob o viés econômico quanto ao de sustentabilidade, uma vez que o Brasil está situado em uma zona intertropical registrando altos índices de radiação solar durante o ano todo. Nesta pesquisa, são analisados os aspectos de consumo médio, com levantamento dos principais itens de carga para o sistema; legislação e normas regulamentadoras da ANEEL, notadamente as portarias 482/2012 e 687/2015, além do PRODIST; e a relação de custo-benefício analisada de forma abrangente. Identificando assim os elementos decisivos para análise de viabilidade e o tempo de retorno do investimento sob diversos aspectos, inclusive garantia de geração e tempo de vida útil dos equipamentos, para sistemas conectados à rede de distribuição. A análise de outros fatores como sistemas de tarifação atualmente em vigor por bandeiras de consumo também é objeto deste estudo, sendo o principal foco a microgeração, ou seja, de sistemas até 75kWp.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: fgpeessoa@hotmail.com.br

² Graduando em Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: m1marraquesh@gmail.com

³ Docente no Curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: avoliveira@cpfl.com.br

Palavras-chave: Energia Solar, Análise de Investimento, Taxa de Retorno de Investimento.

ABSTRACT

This research has the objective of evaluating the economic viability of the installation of a photovoltaic power generation system for a Brazilian average family. We present solar photovoltaic energy as an excellent alternative both under economic and sustainability bias, since Brazil is located in an inter-tropical zone registering high solar radiation rates throughout the year. Here we analyze the aspects of average consumption, with a survey of the main load items for the system; ANEEL's regulatory legislation and regulations, notably ordinances 482/2012 and 687/2015, in addition to PRODIST; and the cost-benefit ratio analyzed comprehensively. Thus identifying the decisive elements for feasibility analysis and the time of return of the investment in several aspects, including guarantee of generation and equipment life, for systems connected to the distribution network. The analysis of other factors such as charging systems currently in force by consumption banners is also the object of this study. the main focus being microgeneration, that is, systems up to 75kWp.

Keyword: Solar Power, Investment Analysis, Payback.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica surgiu como uma excelente alternativa às fontes não renováveis de energia. Esta representa, em potencial, uma forma de suprir as necessidades atuais e futuras da humanidade, uma vez que a energia que chega à superfície do planeta em apenas um dia, nos padrões atuais de consumo, seria suficiente para atender nossa necessidade por mais de 25 anos.

Tal dado tem origem em uma pesquisa do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) em 1999, que estimou que a energia solar incidente sobre nossa superfície equivale a 10 mil vezes àquela que consumimos; mesmo que nos dias atuais tenha havido um crescimento significativo em nosso consumo, temos uma fonte abundante não poluente e com

vários outros benefícios por apresentar uma pegada de carbono extremamente baixa.

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel e o primeiro dispositivo sólido para captação fotovoltaica só foi construído em 1877, com eficiência de aproximadamente 0,5%.

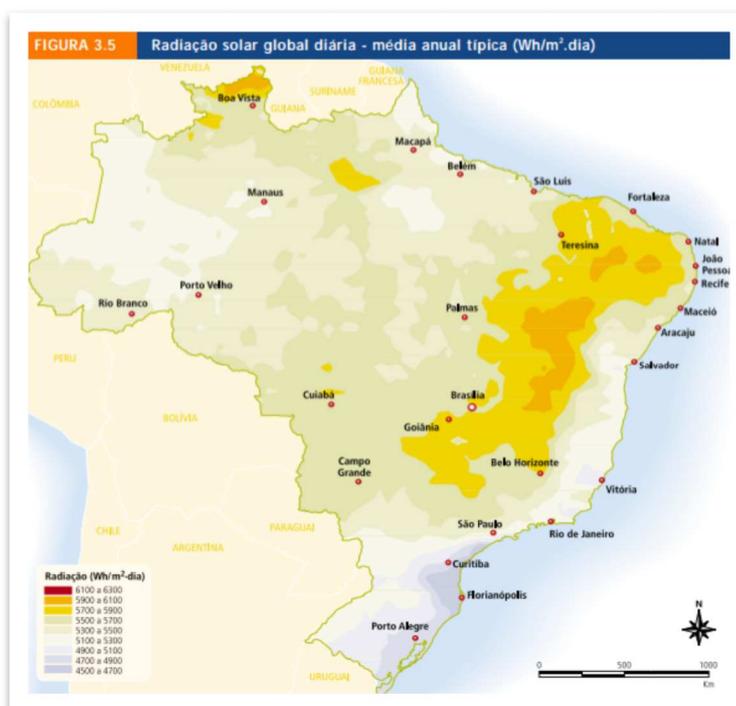
A era moderna da energia solar só começou em 1954 quando Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu o processo de dopagem do silício.

Assim mais que um século e meio foi necessário para que se chegasse ao uso comercial em larga escala desta energia limpa e sustentável.

É fácil deduzir que os interesses econômicos dos detentores de fontes de produção de energia poluentes prevaleceram sobre as descobertas científicas no campo da produção energética sustentável.

No Brasil, especificamente, temos um alto índice de incidência solar. A ANEEL elaborou um mapa solarimétrico que se observa na figura 1.

Figura 1. Atlas brasileiro de Energia Solar

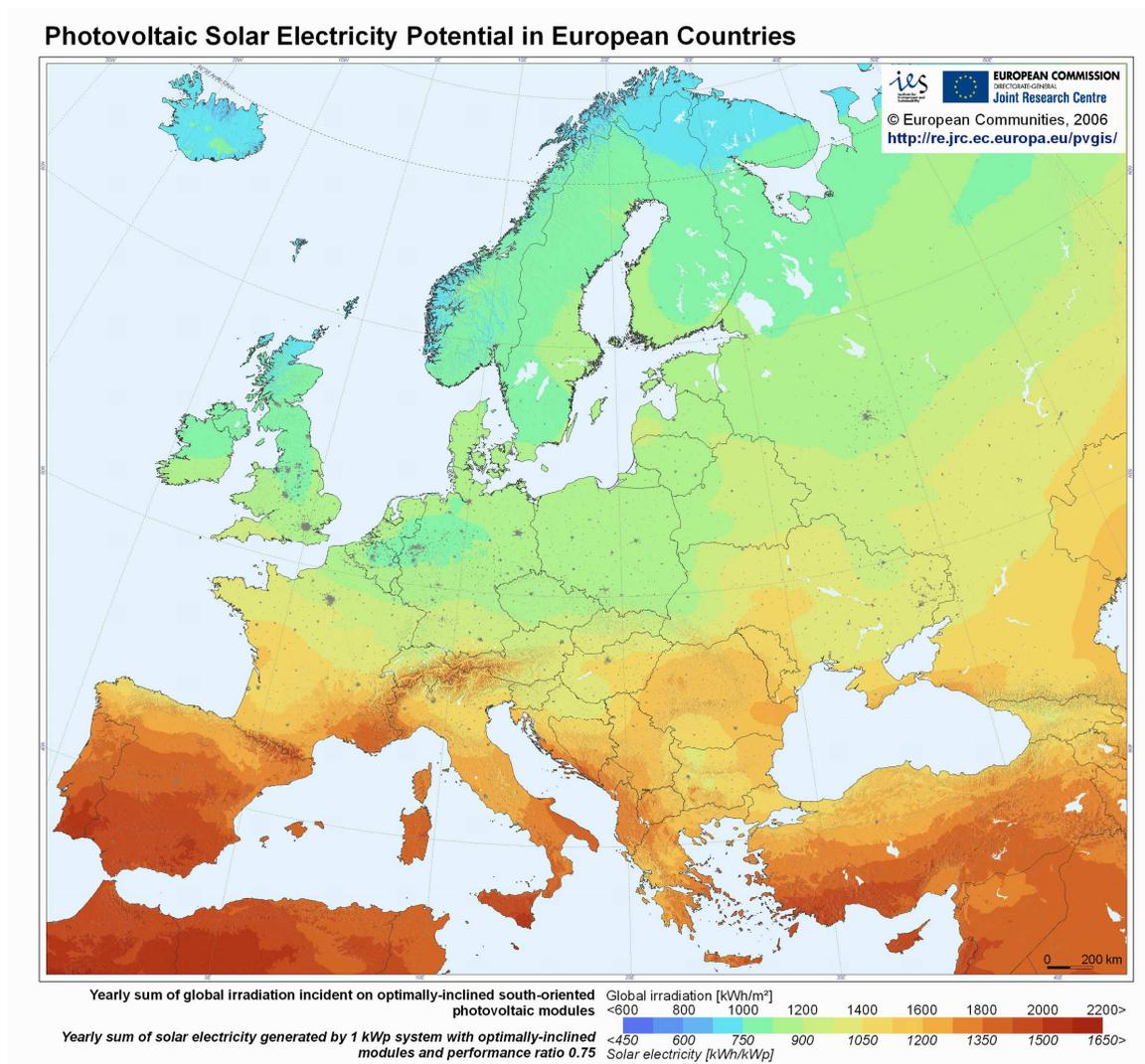


Fonte: Aneel (2016c)

Como se observa, o Brasil tem altos índices de radiação solar com escala em Watts hora por metro quadrado dia; com os mais baixos escores, na faixa de 4500 Wh/m²dia na região leste de Santa Catarina, e superando os 5900 Wh/m²dia nas regiões central da Bahia e norte de Minas.

Esses índices são muito superiores aos obtidos na Europa.

Figura 2: Potencial de Energia Fotovoltaica nos países da Europa



Fonte: Institute for Environment and Sustainability (2007)

A partir do mapa mostrado na figura 2, percebe-se que os países da região central da Europa, incluída a Alemanha, possuem um índice anual em torno de 1400 kWh/m² o que se traduz para o fim de comparação com o mapa da Aneel em algo próximo a 3.800 Wh/m²dia.

Logo percebemos como o Brasil tem um potencial de geração superior ao da Europa, porém quando olhamos os sistemas instalados em cada um destes dois países, encontramos uma Alemanha com gerando mais de 20 GW enquanto o Brasil tem uma geração de apenas 13MW, ou seja, uma diferença gigantesca que fica ainda maior se considerarmos que a geração solar da Alemanha atende cerca de 47,5% das necessidades daquele país enquanto no Brasil mal chegamos a 0,0008% do total consumido conforme artigo da revista Carta Capital em 03 de setembro de 2015.

Por fim, é importante destacar que o presente trabalho aborda de maneira prática a geração de energia sustentável com o escopo de auxiliar famílias de classe média na escolha de sistemas geradores adequados ao seu consumo e necessidades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Em 17/04/2012, através da Resolução 482, a ANEEL disciplinou, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, pelo qual é possível gerar a própria energia elétrica e fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

Em 24/11/2015 com a resolução 687, aperfeiçoou o sistema, implementando e regulamentando entre outros:

- Medição bidirecional;
- Perfil residencial: exportação diurna;
- Balanço mensal entre entrada e saída;
- Utilização do crédito por 60 meses;
- Transferência de crédito entre unidades consumidoras. (ANEEL, 2016)

Por conta destas resoluções, temos hoje em funcionamento um medidor bidirecional, que registra o que consumimos da rede pública e também o que foi injetado nela. Então a conta de energia de quem possui geração própria passa a ser a diferença entre o que foi produzido e o que foi consumido (balanço mensal).

Caso haja em determinado mês, um excedente de produção, este saldo poderá ser compensado com consumos em até 60 meses a partir do mês de medição.

As portarias da Aneel também regulamentam os procedimentos para instalação do sistema. O principal nesse momento é a contratação de engenheiro eletricista para a realização do projeto de geração.

O engenheiro calcula e dimensiona o sistema de geração de acordo com a demanda média do cliente. Após, apresenta o projeto para aprovação pela concessionária distribuidora.

Esta tem 15 dias para análise do projeto que, se aprovado tem 120 dias para instalação. Uma vez concluída a instalação é solicitada a vistoria à concessionária que, estando tudo de acordo, faz a troca do medidor liberando o sistema para início da geração.

Atualmente estes sistemas de pequeno porte tem uma taxa de retorno do investimento em torno de 1,4% a 1,8% do capital investido para sistemas urbanos, já as instalações rurais por conta dos incentivos fiscais em contas de energia, tem um retorno próximo a 9 anos, salientando que quanto maior o sistema instalado, mais cedo acontece o retorno.

Originalmente utilizado em finanças, o TIR (Taxa Interna de Retorno) é um dos muitos indicadores de desempenho existentes para avaliar o chamado custo-benefício com relação aos investimentos.

Nesse caso, para calcular o TIR podemos comparar o ganho obtido a partir do investimento pela quantia investida. Assim, temos a equação abaixo:

$$TIR = \frac{GO}{VI} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde, TIR é o Retorno do Investimento; GO é o ganho obtido; e VI é o valor investido.

Para sabermos o valor do Ganho Obtido basta multiplicarmos o valor de custo do Quilowatt hora, pela geração média mensal esperada.

$$GO = kWh \cdot CEE \quad (\text{Eq.2})$$

Assim, se um investimento em torno de R\$ 25.000,00 para um sistema de geração fotovoltaica provoca uma redução de aproximadamente R\$ 300,00 na conta mensal de energia, chegamos a uma taxa de retorno de 0,012 ou 1,2% ao mês ou 14,4% ao ano.

Calculada esta taxa, comparamos seu resultado com a TMA (Taxa Mínima de Atratividade), uma vez que a decisão de instalar um sistema de geração é predominantemente financeira.

A TMA normalmente adotada como referencial para pessoas física é a Caderneta de Poupança que hoje remunera pouco mais que 6% ao ano, enquanto pessoas jurídicas tendem a utilizar a taxa de remuneração de títulos bancários como, por exemplo, os CDBs, ou se o investimento sacrificar capital em giro, a taxa média deste pode ser determinante para a decisão.

Uma TIR superior à TMA certamente influenciará na aceitação do projeto.

É importante destacar que a TIR, facilmente entendida como uma taxa, necessita de algumas ponderações, pois supõe que o retorno do investimento fluirá de modo uniforme ao longo do tempo, o que pode não ser verdade.

Um dos fatores que pode afetá-la é a inflação ou, em nosso estudo, a variação de custo da energia elétrica. Caso aumente este custo, nossa TIR será elevada pois o Ganho Obtido em cada mês será maior, caso ocorra o contrário, esta reduzirá. Também as modificações do clima, especificamente quanto ao índice de insolação, vão interferir, contudo, de forma mais lenta uma vez que mudanças significativas demandam muitos anos para acontecer.

Neste ponto recorreremos a outro elemento da matemática financeira denominado VPL (Valor presente líquido) que nada mais é do que trazer para o momento atual, descontado a TMA e amortizando a TIR dos valores futuros. Assim se o VPL apresenta um valor maior que 0, indica que o investimento será recuperado, mas se o valor for menor que 0 indica que o investimento não é viável pelo seu viés econômico.

Calcula-se o VPL a partir da seguinte equação:

$$VPL = -VI + \frac{GO1}{(1+TIR)^1} + \frac{GO2}{(1+TIR)^2} + \frac{GO3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{GO_n}{(1+TIR)^n} \quad (\text{Eq.3})$$

Assim, verificamos que nos primeiros meses o ganho obtido (GO) não supera o valor do investimento (VI) o que resulta em um valor negativo para o VPL. Com o passar do tempo, o ganho acumulado deve superar o valor do investimento trazendo o VPL a um resultado positivo.

O número de meses considerado deve ser a vida útil do equipamento.

Para painéis solares, a maioria deles traz garantia do fabricante de uma geração após 25 anos de uso, de pelo menos 80% daquela inicialmente obtida, por isso podemos considerar com segurança este tempo para análise do retorno do investimento.

Existem outros métodos de análise de investimento, porém para o propósito deste trabalho, o modelo anterior demonstra com suficiente segurança a viabilidade do projeto.

No que tange à tipificação da família de classe média e respectivo consumo de energia, um novo critério para a definição das classes sociais no Brasil foi adotado a partir de 2014 pela Associação Brasileira de Empresas e Pesquisas (Abep), que representa a atividade de pesquisa de mercado, opinião e mídia do país. Segundo noticiado no portal G1 (2014), o conceito está no livro “Estratificação Socioeconômica e Consumo no Brasil”, elaborado pelos professores Wagner A. Kamakura (Rice University) e José Afonso Mazzon (Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo).

O critério adotado pela Abep contrasta com o usado pelo Governo Federal, lançado em 2012 pela Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE). Um dos pontos é que estabelece sete estratos sociais, enquanto o da SAE aponta oito.

A faixa de renda familiar em cada um também varia. No da SAE, por exemplo, a renda familiar do grupo “extremamente pobre” (a base da pirâmide) é de até R\$ 324, enquanto o novo modelo determina uma base com renda média familiar de R\$ 854 (que, por ser média, pode variar um pouco para cima ou para baixo).

Segundo o pesquisador da USP, os novos critérios são mais precisos do que os usados anteriormente pela associação e dão subsídios às empresas na realização de campanhas de marketing e decisões estratégicas que dependem de análise de potencial de mercado. “Claro que serve para política pública, não há a menor dúvida que pode ser usado também na área de marketing social”, afirma Mazzon em entrevista a Gabriela Gasparin no portal G1(2014).

O professor afirma ainda que a definição criteriosa de classes sociais no Brasil é importante por uma questão de justiça social. “As classes que nos queremos mostrar têm perfis diferentes. Quando eu falo em perfil estou falando de um padrão de vida como um todo. Se a gente quiser uma sociedade menos desigual, a gente teria que reduzir distâncias entre classes socioeconômicas”, avalia.

A seguir, na tabela 1, vemos as duas abordagens que demonstram claramente o perfil de família a ser estudado no presente trabalho, qual seja, aquela pertencente aos grupos Média e Alta Classe média no critério SAE ou aos grupos 5 e 6 pelo critério Abep.

Tabela 1. Classes Sociais no Brasil

Classificação do governo (SAE)			Novo critério a ser adotado pela Abep em 2014	
Grupo	Renda per capita	Renda familiar	Grupo	Renda média familiar
Extremamente pobre	Até R\$ 81	Até R\$ 324	1	R\$ 854
Pobre, mas não extremamente pobre	Até R\$ 162	Até R\$ 648	2	R\$ 1.113
Vulnerável	Até R\$ 291	Até R\$ 1.164	3	R\$ 1.484
Baixa classe média	Até R\$ 441	Até R\$ 1.764	4	R\$ 2.674
Média classe média	Até R\$ 641	Até R\$ 2.564	5	R\$ 4.681
Alta classe média	Até R\$ 1.019	Até R\$ 4.076	6	R\$ 9.897
Baixa classe alta	Até 2.480	Até R\$ 9.920	7	R\$ 17.434
Alta classe alta	Acima de 2.480	Acima de R\$ 9.920	--	

Fontes: Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) e livro "Estratificação Socioeconômica e Consumo no Brasil"

Fonte: G1 (2014)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a análise da viabilidade técnica e econômica da instalação de um sistema de microgeração foram utilizados cálculos baseados na taxa de retorno do investimento (Equação 3), tomando como base a redução no custo relacionado ao consumo de energia elétrica e o custo referente ao projeto e instalação do sistema composto por painéis solares, banco de baterias, inversor de frequência e demais acessórios.

Foram analisados três possíveis cenários que consideram investimentos provenientes de recursos próprios, custo de oportunidade através de comparação com a taxa SELIC e contratação de empréstimos bancários.

Então, fez-se necessária a utilização de dois indicadores oficiais nesta análise: o Índice de Reajuste das Tarifas de Energia Elétrica e a Taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia), considerada a taxa básica de juros da economia brasileira.

Segundo release divulgado pela CPFL Paulista, para o reajuste das tarifas de energia em 2016 para os consumidores adotou-se os seguintes índices:

Alta Tensão: 6,56%

Baixa Tensão: 8,23%

Consumidores residenciais: 6,55%

Efeito Médio Total: 7,55%

Já para 2017, segundo informação contida no portal g1.com as contas de energia devem ficar mais caras 7% em média, para cobrir o rombo de mais de R\$ 62,00 bilhões de reais iniciado em 2012 por conta de medida provisória editada pela então presidente Sr. Dilma Rousseff. Os efeitos deste rombo, segundo decisão da ANEEL de 21/02/2017, devem ser indenizados às operadoras, que receberam, já em 2017, parcela de R\$ 10,8 bilhões através do reajuste de tarifas.

Além disso, com a adoção do sistema de bandeiras tarifárias a partir de 2015, os aumentos de custos de geração de energia elétrica, provocado

sobretudo pelos baixos níveis dos reservatórios das hidroelétricas que obrigam ao acionamento das termoelétricas, chegam mais depressa ao consumidor final.

A taxa SELIC (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019) aponta para uma taxa de juros igual a 6,5% a. a., a qual se tem mantido neste patamar desde junho de 2018.

Considerando o perfil do consumidor dado pela família média brasileira, composta por 4 integrantes, dois adultos e dois menores (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016b).

A carga instalada na residência deste consumidor é, em geral, composta pelos itens discriminados na Tabela 2.

Tabela 2. Carga instalada na residência da família média brasileira.

Aparelhos Elétricos	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Aparelho de Blue Ray	8	2 h	0,19
Aparelho de som	20	3 h	6,6
Ar-condicionado tipo split menor ou igual a 10.000 BTU/h	30	8 h	142,28
Aspirador de pó	30	20 min	7,17
Batedeira	8	20 min	0,4
Cafeteira elétrica	30	1 h	6,56
Chuveiro elétrico - 5500 W	30	32 min	88
Computador	30	8 h	15,12
Espremedor de frutas	20	10 min	0,18
Exaustor fogão	30	2 h	9,96
Ferro elétrico automático - 1050 W	12	1 h	2,4
Forno elétrico	30	1 h	15
Forno micro-ondas - 25 L	30	20 min	13,98
Freezer vertical frost free	30	24 h	54
Freezer vertical/horizontal	30	24 h	47,55
Furadeira	4	1 h	0,94
Geladeira 2 portas frost free	30	24 h	56,88
Grill	10	30 min	3,2
Home theater - 350 W	8	2 h	5,6
Lâmpada fluorescente compacta - 11 W	30	5 h	1,65
Lâmpada fluorescente compacta - 15 W	30	5 h	2,25
Lâmpada fluorescente compacta - 23 W	30	5 h	3,45
Lavadora de louças	30	40 min	30,86
Lavadora de roupas	12	1 h	1,76

Liquidificador	15	15 min	0,8
Modem de internet	30	8 h	1,92
Monitor LCD	30	8 h	8,16
Multiprocessador	20	1 h	8,56
Nebulizador	16	2,5 h	1,68
Notebook	30	8 h	4,8
Panela elétrica	20	1 h	22
Prancha (chapinha)	20	30 min	0,33
Rádio relógio	30	24 h	3,6
Roteador	30	8 h	1,44
Sandueira	30	10 min	3,35
Secador de cabelo - 1000 W	30	10 min	5,21
Secadora de roupa	8	1 h	14,92
Tanquinho	12	1 h	0,84
Telefone sem fio	30	24 h	2,16
Torneira elétrica - 3250 W	30	30 min	48,75
TV em cores - 40" (LED)	30	5 h	12,45
TV em cores - 42" (LED)	30	5 h	30,45
TV portátil	30	5 h	7,05
Ventilador de mesa	30	8 h	17,28
Ventilador de teto	30	8 h	17,52
Videogame	15	4 h	1,44
Consumo médio mensal		730,69	kWh

Fonte: PROCEL, 2006

O custo gerado pela utilização destes equipamentos é, em média, um valor próximo a R\$ 526,00 mensais, considerando o valor médio de R\$ 0,72 por kWh.

Para tornar a residência autossuficiente em energia elétrica será necessário instalar um sistema de geração de energia fotovoltaica capaz de fornecer pelo menos 680 kWh pois resta a tarifa mínima de 50kWh a ser paga à distribuidora.

Assim, o dimensionamento do sistema a ser instalado fica em 4kWp, cujo cálculo é a seguir demonstrado na tabela 3.

Tabela 3. Dimensionamento do Sistema

Dimensionamento de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica		
Dados do módulo fotovoltaico em STC		
Modelo:	CS64-330P	
Potência de pico:	330	Wp
Eficiência informada no catálogo:	16,5	%
Dados da localidade		
Cidade:	Bebedouro	
Energia diária (média anual conf. mapa):	5300	Wh/m2/dia
Dados do inversor		
Modelo:	Inversor DC/CA	
Potência nominal	4000	W
Eficiência:	95	%
Dimensionamento		
Energia mensal desejada	680	W
Energia produzida por módulo	49,8	KWh
Número de módulos	14	
Área dos módulos	28m ²	
Potência de pico dos módulos	4620	W
Fator de dimensionamento dos inversores	80%	
Potência necessária dos inversores	36,96	
Número de inversores	1,0	

Fonte: Própria autoria

Logo, o custo desta instalação do sistema usado na microgeração capaz de atender a demanda da residência corresponde a R\$ 22.968,85, o que representa R\$ 4,90 por Watt pico, equivalentes a aproximadamente US\$ 1,27 segundo cotação PTAX 12/06/2019 (R\$ 3,8431) BCB(2019), o que já é bastante acessível, como se observa na tabela 5, a seguir.

Tabela 5. Custo dos equipamentos

Custos do projeto	Quantidade	Unitário	Total
Módulo Solar (painel)	14	R\$830,00	R\$11.620,00
Inversor Solar DC/AC	1,0	R\$6.479,00	R\$6.479,00
String box (proteção contra surtos)	1,0	R\$1.572,50	R\$1.572,50
Cabo solar 6mm ²	21	R\$8,65	R\$181,65
Conector MC4	7	R\$28,30	R\$198,10
Estrutura de montagem (p/ 4 módulos)	4	R\$729,40	R\$2.917,60
Valor do investimento:			R\$22.968,85
Custo por watt-pico do projeto :			R\$ 4,9/Wp

Fonte: site www.mercadolivre.com.br (2019)

Este custo tem diminuído ano a ano possibilitando à classe média adquirir sistemas fotovoltaicos, apesar do pouco ou nenhum incentivo governamental para esse segmento.

Geradores fotovoltaicos e eólicos recebem como incentivo, no âmbito do governo do estado de São Paulo, a alíquota é zero para o ICMS destes equipamentos favorecendo sua aquisição.

É possível fazer a aquisição com recursos próprios ou com recursos obtidos através de empréstimo bancário. A tabela a seguir ilustra o fluxo de caixa e TIR VLP

Tabela 5. Retorno do investimento

Parâmetros considerados		Indicadores financeiros	SELIC	Financiamento
Tarifa de energia com impostos (kWh)	R\$0,720	Valor presente líquido	R\$ 180.525,71	R\$ 24.068,56
Taxa de desconto ao ano (SELIC)	6,50%	Payback descontado	4,4 anos	6,4 anos
Taxa de desconto financiamento (ao ano)	19,42%	Payback simples	3,7 anos	
Elevação do preço da energia (ao ano)	8,5%	Taxa Int. Retorno (TIR)	32,02% aa;	2,67% am

Fonte: Própria autoria.

Aqui são observados os valores resultantes da aplicação das equações 1, 2 e 3 anteriormente citadas.

Com base nas taxas e cálculos apresentados na tabela 5, é possível a extrapolação dos valores para os próximos anos como consta na tabela 6.

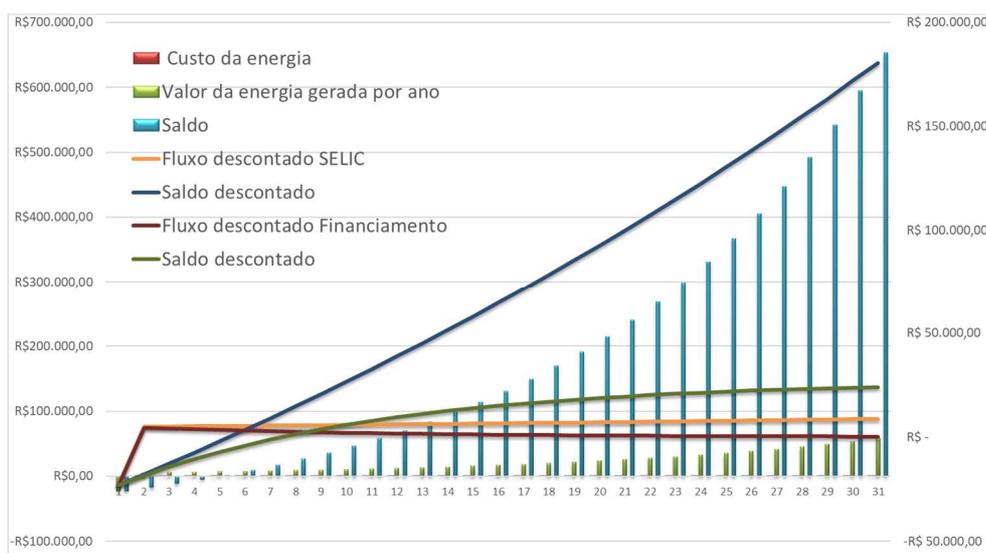
Tabela 6. Projeção do retorno em 30 anos.

Ano	Custo da energia	Valor da energia gerada por ano	Saldo	Fluxo descontado SELIC	Saldo descontado	Fluxo descontado Financiamento	Saldo descontado
0	Investimento	-R\$ 22.968,85	-R\$ 22.968,85	-R\$ 22.968,85	-R\$ 22.968,85	-R\$ 22.968,85	-R\$ 22.968,85
1	R\$ 0,72	R\$ 5.443,20	-R\$ 17.525,65	R\$ 5.111,09	-R\$ 17.857,76	R\$ 4.558,01	-R\$ 18.410,84
2	R\$ 0,78	R\$ 5.905,87	-R\$ 11.619,78	R\$ 5.207,18	-R\$ 12.650,58	R\$ 4.141,20	-R\$ 14.269,64
3	R\$ 0,85	R\$ 6.407,87	-R\$ 5.211,91	R\$ 5.305,07	-R\$ 7.345,51	R\$ 3.762,50	-R\$ 10.507,14
4	R\$ 0,92	R\$ 6.952,54	R\$ 1.740,63	R\$ 5.404,81	-R\$ 1.940,70	R\$ 3.418,44	-R\$ 7.088,71
5	R\$ 1,00	R\$ 7.543,51	R\$ 9.284,14	R\$ 5.506,42	R\$ 3.565,71	R\$ 3.105,83	-R\$ 3.982,87
6	R\$ 1,08	R\$ 8.184,70	R\$ 17.468,84	R\$ 5.609,94	R\$ 9.175,65	R\$ 2.821,82	-R\$ 1.161,06
7	R\$ 1,17	R\$ 8.880,40	R\$ 26.349,25	R\$ 5.715,40	R\$ 14.891,06	R\$ 2.563,77	R\$ 1.402,72
8	R\$ 1,27	R\$ 9.635,24	R\$ 35.984,49	R\$ 5.822,85	R\$ 20.713,91	R\$ 2.329,33	R\$ 3.732,04
9	R\$ 1,38	R\$ 10.454,23	R\$ 46.438,72	R\$ 5.932,32	R\$ 26.646,23	R\$ 2.116,32	R\$ 5.848,36
10	R\$ 1,50	R\$ 11.342,84	R\$ 57.781,56	R\$ 6.043,85	R\$ 32.690,08	R\$ 1.922,79	R\$ 7.771,15
11	R\$ 1,63	R\$ 12.306,99	R\$ 70.088,55	R\$ 6.157,47	R\$ 38.847,56	R\$ 1.746,96	R\$ 9.518,11
12	R\$ 1,77	R\$ 13.353,08	R\$ 83.441,63	R\$ 6.273,23	R\$ 45.120,79	R\$ 1.587,21	R\$ 11.105,31
13	R\$ 1,92	R\$ 14.488,09	R\$ 97.929,72	R\$ 6.391,17	R\$ 51.511,96	R\$ 1.442,06	R\$ 12.547,37
14	R\$ 2,08	R\$ 15.719,58	R\$ 113.649,30	R\$ 6.511,32	R\$ 58.023,29	R\$ 1.310,19	R\$ 13.857,56
15	R\$ 2,26	R\$ 17.055,74	R\$ 130.705,04	R\$ 6.633,74	R\$ 64.657,02	R\$ 1.190,38	R\$ 15.047,94
16	R\$ 2,45	R\$ 18.505,48	R\$ 149.210,52	R\$ 6.758,45	R\$ 71.415,47	R\$ 1.081,52	R\$ 16.129,47
17	R\$ 2,66	R\$ 20.078,45	R\$ 169.288,96	R\$ 6.885,51	R\$ 78.300,98	R\$ 982,62	R\$ 17.112,09
18	R\$ 2,88	R\$ 21.785,11	R\$ 191.074,08	R\$ 7.014,96	R\$ 85.315,94	R\$ 892,77	R\$ 18.004,85
19	R\$ 3,13	R\$ 23.636,85	R\$ 214.710,93	R\$ 7.146,84	R\$ 92.462,78	R\$ 811,13	R\$ 18.815,98
20	R\$ 3,39	R\$ 25.645,98	R\$ 240.356,91	R\$ 7.281,20	R\$ 99.743,98	R\$ 736,95	R\$ 19.552,93
21	R\$ 3,68	R\$ 27.825,89	R\$ 268.182,80	R\$ 7.418,08	R\$ 107.162,06	R\$ 669,56	R\$ 20.222,49
22	R\$ 3,99	R\$ 30.191,09	R\$ 298.373,89	R\$ 7.557,54	R\$ 114.719,60	R\$ 608,33	R\$ 20.830,82
23	R\$ 4,33	R\$ 32.757,33	R\$ 331.131,22	R\$ 7.699,63	R\$ 122.419,23	R\$ 552,70	R\$ 21.383,52
24	R\$ 4,70	R\$ 35.541,71	R\$ 366.672,93	R\$ 7.844,38	R\$ 130.263,61	R\$ 502,16	R\$ 21.885,68
25	R\$ 5,10	R\$ 38.562,75	R\$ 405.235,68	R\$ 7.991,85	R\$ 138.255,46	R\$ 456,24	R\$ 22.341,92
26	R\$ 5,53	R\$ 41.840,58	R\$ 447.076,26	R\$ 8.142,10	R\$ 146.397,56	R\$ 414,52	R\$ 22.756,44
27	R\$ 6,00	R\$ 45.397,03	R\$ 492.473,30	R\$ 8.295,17	R\$ 154.692,73	R\$ 376,61	R\$ 23.133,05
28	R\$ 6,52	R\$ 49.255,78	R\$ 541.729,08	R\$ 8.451,12	R\$ 163.143,84	R\$ 342,17	R\$ 23.475,22
29	R\$ 7,07	R\$ 53.442,52	R\$ 595.171,60	R\$ 8.610,00	R\$ 171.753,84	R\$ 310,88	R\$ 23.786,10
30	R\$ 7,67	R\$ 57.985,14	R\$ 653.156,74	R\$ 8.771,87	R\$ 180.525,71	R\$ 282,45	R\$ 24.068,56

Fonte: Própria autoria.

A tradução dos números apurados na tabela 6 sob a forma de gráfico, facilita a visualização e contextualização tanto da proporção investimento/retorno quanto do impacto econômico e/ou financeiro a longo prazo.

Gráfico 1. Investimento e retorno



Fonte: Própria autoria

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a tendência de queda da taxa Selic, a taxa de retorno se eleva. Nesse cenário, o retorno do investimento (*payback*) ocorre em 3,7 anos para retorno simples, descontada a variação da Selic, o retorno acontece em 4,4 anos.

Com a tendência de aumento tanto do consumo como da tarifa de energia, a tendência atual é de que a cada ano o sistema apresentará aumento da viabilidade, isto aliado a redução do custo de equipamentos que hoje são produzidos em larga escala e a concorrência entre fornecedores são fatores que reforçam este raciocínio e confirmam a tendência de cada vez mais o sistema fotovoltaico consolidar-se como alternativa economicamente viável.

Para possibilitar ao usuário do sistema de distribuição de energia elétrica estimar a viabilidade do investimento, apresenta-se uma calculadora que dimensiona o sistema fotovoltaico a partir de informações do consumo médio.

Dessa forma, comprovam-se a viabilidade do investimento e a segurança financeira, uma vez que a garantia oferecida pelos fabricantes ultrapassa em muito o tempo de retorno do investimento.

4.1 APLICAÇÃO PRÁTICA

Com a finalidade de facilitar ao usuário do sistema de distribuição de energia elétrica, foi desenvolvida uma calculadora que dimensiona o sistema fotovoltaico a partir de informações do consumo médio.

Tal calculadora, além de indicar o custo estimado do projeto, também fornece os indicadores de retorno e viabilidade.

Assim, o usuário leigo pode ter uma referência do investimento financeiro, equipamentos necessários e análise de retorno, sem que tenha de se aprofundar em pesquisas sobre funcionamento do sistema, além de disponibilizar uma referência para negociação com empresas fornecedoras destes sistemas.

A seguir são apresentadas as telas da calculadora, desenvolvida em linguagem de programação PHP, que de modo bastante intuitivo permite ao usuário estimar o investimento e respectivo retorno proporcionado por um sistema gerador fotovoltaico.

Figura 3: Tela inicial da calculadora



Em que cidade você está?

Selecione o estado...

Selecione a cidade...

A tela apresenta um fundo verde claro com uma ilustração de uma cidade com casas, árvores e painéis solares. O título 'Em que cidade você está?' está em uma fonte verde cursiva. Abaixo dele, há dois campos de entrada: um para selecionar o estado e outro para selecionar a cidade, ambos com setas para baixo.

Fonte: própria

Nesta tela são informados os dados de localização da instalação, com base nisso a calculadora identifica o quociente de insolação em kWh/m² do local.

Figura 4: Segunda tela da calculadora



Qual valor médio da sua conta de energia?

Digite o valor...

Selecione o tipo de instalação...

A tela apresenta o mesmo fundo verde claro com a ilustração da cidade. O título 'Qual valor médio da sua conta de energia?' está em uma fonte verde cursiva. Abaixo dele, há dois campos de entrada: um para digitar o valor médio da conta de energia e outro para selecionar o tipo de instalação, com uma seta para baixo.

Fonte: própria

Na tela da figura 4 são coletadas as informações sobre os dados de localização da instalação, com base nisso a calculadora identifica o quociente de insolação em kWh/m² do local.

5. CONCLUSÃO

A utilização de fontes de energia renovável é essencial ao desenvolvimento de nossa civilização, portanto, a energia solar fotovoltaica se apresenta como excelente alternativa, cujo custo da tecnologia atualmente está bastante acessível às famílias, mesmo àquelas com poder aquisitivo não muito elevado.

Com a tendência de queda da taxa Selic, a taxa de retorno se eleva. Nesse cenário, o retorno do investimento (*payback*) ocorre em 3,7 anos para retorno simples, descontada a variação da Selic, o retorno acontece em 4,4 anos. Dessa forma, comprovam-se a viabilidade do investimento e a segurança financeira, uma vez que a garantia oferecida pelos fabricantes ultrapassa em muito o tempo de retorno do investimento.

O elevado grau de confiabilidade do sistema que, por ser modular, possui grande flexibilidade de utilização em instalações de micro e minigeração, garante a segurança física destas, desde que projetadas e instaladas por equipes qualificadas.

Portanto, é vantajoso para a família média brasileira investir na geração de energia elétrica fotovoltaica e o projeto e a instalação do sistema de microgeração residencial se custeará em torno de quatro anos e a melhor opção para realizar esse investimento é o de recorrer a recursos próprios.

Também a importância de cunho social possibilitando a inclusão de famílias hoje carentes deste recurso.

Resta apenas ressaltar que o incentivo governamental através de subsídios ou redução de tributos seria de grande ajuda para o aumento de nossa matriz energética.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Centro do Estudo e Pesquisa do Desenvolvimento Regional (CEPeD) do Centro Universitário UNIFAFIBE e ao professor da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso I e II, pelas orientações e disponibilidade. Também agradecem ao orientador deste trabalho que os incentivou e favoreceu o avanço no entendimento do tema.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa Nº 414**. Brasília, 9 set. 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa Nº 482**. Brasília, 17 abr. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Micro e minigeração distribuída**: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2016c. 31 p. (Cadernos temáticos ANEEL). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigeração+Distribuída+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **PRODIST**: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. 5 ed. Brasília: ANEEL, 2016d. 74 p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-Módulo3_Revisão7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99>. Acesso em: 26 nov. 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Histórico das Taxas de Juros. **Histórico das taxas de juros**. 2016. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp#notas>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

CARTA CAPITAL, COSTA H.S. - **Por que a energia solar não deslança no Brasil**, 2015 - Disponível em - <https://www.cartacapital.com.br/blogs/outras-palavras/por-que-a-energia-solar-nao-deslanca-no-brasil-3402.html> Acesso em 16 jul 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM ENERGIA SERGIO BRITO (CRESESB) - **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**, 2008 – Disponível em

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=291>. Acesso em 29 de maio de 2019.

CPFL Paulista – **Release: Reajuste Tarifário anual 2016** - Disponível em <<https://www.cpfpl.com.br/releases/Paginas/cpfpl-paulista-reajuste-tarifario-anual-2016.aspx>> Acesso em 19/07/2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) - **Projeção da demanda de energia Elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026)**, nota técnica 01/17, 2017. Disponível em < [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf)>. Acesso em 27 de maio de 2019.

G1, GASPARIM, G. **Veja diferenças entre definições de classes sociais no Brasil**, 2014 – Disponível em < <http://g1.globo.com/economia/seu-dinheiro/noticia/2013/08/veja-diferencas-entre-conceitos-que-definem-classes-sociais-no-brasil.html>> Acesso em 25 de maio de 2019.

INSTITUTE FOR ENVIROMENT E SUSTAINABILITY - **Solar radiation and PV maps**, 2007 – Disponível em: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/countries-europe.htm>> Acesso em 16 jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores IBGE: Sistema Nacional de Índice de Preços ao Consumidos IPCA e INPC**. 2016a. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/236/inpc_ipca_2016_out.pdf>. Acesso em: 01 out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **A família brasileira**. 2016b. Disponível em: <<http://teen.ibge.gov.br/biblioteca/274-teen/mao-na-roda/1770-a-familia-brasileira.html>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

INSITUTO IDEAL. **Guia de Microgeradores Fotovoltaicos**. 2013. Apoio da ANEEL. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/guiaFV>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO – UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. **Breve História da Energia Solar** – Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>> Acesso em 16 jul. 2017.

KASSAY, J. R. – **Conciliação entre a TIR e ROI: Uma abordagem matemática e contábil do retorno do investimento**; Caderno de Estudos, São Paulo, FIECAFI, nº14, julho/dezembro 1996. - Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cest/n14/n14a03> > Acesso em 17 jul. 2017.

PROCEL Info. **Dicas de economia de energia, 2006** – Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>> Acesso em 16/07/2017.

Recebido em 2/12/2019

Aprovado em 16/12/2019