



Faculdade de Pindamonhangaba



José Roberto Martiniano Junior
Luis Henrique Carvalho de Oliveira

VIABILIDADE DA MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Pindamonhangaba-SP
2016



Faculdade de Pindamonhangaba



José Roberto Martiniano Junior
Luis Henrique Carvalho de Oliveira

VIABILIDADE DA MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Monografia apresentada como parte requisitos para obtenção do Diploma de Engenheiro de Produção do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Me. Weliton Santos de Abreu

Pindamonhangaba-SP
2016



Faculdade de Pindamonhangaba



**JOSÉ ROBERTO MARTINIANO JUNIOR
LUIS HENRIQUE CARVALHO DE OLIVEIRA**

VIABILIDADE DA MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Monografia apresentada como parte requisitos para obtenção do Diploma de Engenheiro de Produção do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Me Weliton Santos de Abreu

Data: 08/12/2016

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Weliton Santos de Abreu

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Prof. Dr. Cláudio Augusto Kelly

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Prof. Esp. Rodrigo Ramos de Oliveira _____

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura _____

Junior, Jose Roberto Martiniano; Oliveira, Luis Henrique Carvalho

Viabilidade da micro e minigeração de energia fotovoltaica no Brasil / Jose Roberto Martiniano Junior ; Luis Henrique Carvalho de Oliveira / Pindamonhangaba-SP : Funvic, 2016.

32f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) FUNVIC-SP.

Orientador: Prof. Me. Weliton Santos de Abreu.

1 Energia fotovoltaica. 2 Sustentabilidade. 3 Meio ambiente. 4 Resolução normativa. 5 Solar

I Viabilidade da micro e minigeração de energia fotovoltaica no Brasil. II Jose Roberto Martiniano Junior; Luis Henrique Carvalho de Oliveira.

RESUMO

O Brasil possui um grande potencial para geração de energia elétrica por meio de recursos naturais renováveis, sendo um deles a luz do Sol. A energia obtida por meio desta luz consiste em uma energia limpa e renovável, não prejudicial ao meio ambiente, sendo gerada através de células fotovoltaicas que são responsáveis pela sua conversão em energia elétrica. O aprimoramento das células fotovoltaicas para a geração de energia elétrica deve-se ao fato da realização de diversas pesquisas no ramo de materiais tornando assim possível a fabricação das placas fotovoltaicas que, por sua vez, são compostas pela junção de células de base siliciosa. Os sistemas fotovoltaicos são classificados como On Grid, conectado ao sistema concessionário existente, ou Off Grid, sendo este totalmente isolado. Com o objetivo de apresentar as recentes determinações legais e programas de incentivo ao consumidor para tornar-se um micro ou minigerador de sua própria eletricidade. Portanto este presente trabalho se baseou em uma pesquisa bibliográfica sobre livros, artigos e resoluções entre outros materiais acadêmicos e técnicos disponibilizados em ambiente virtual relacionados ao tema com o objetivo de demonstrar as características do sistema e suas particularidades agregando potencial econômico e, sob uma ótica de sustentabilidade, um novo segmento de mercado a ser explorado.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Sustentabilidade. Resolução normativa. Solar

ABSTRACT

Brazil possesses a great electricity generation potential from its renewable natural resources, the sunlight is among one of them. Energy obtained from this light consists on a clean, renewable and non-harmful to the environment energy, generated through photovoltaic cells, which are responsible for the conversion into electricity. The improvement on photovoltaic cells that generate electricity is due to several researches on materials, making it possible to produce photovoltaic panels, which are composed by silicon-based cells. Photovoltaic systems are classified as On Grid, connected to the existent power distribution grid, or Off Grid, which is fully isolated from the power distribution grid. The objective was to demonstrate the recent legal determinations and incentive programs to consumers become a micro or mini generator of his own electricity. This research was based on a literature review supported by books, articles and resolutions among other academic and technical materials provided on virtual environment which were related to the theme, with its goal to demonstrate the features and peculiarities of the system adding economic potential and, from a sustainability point of view, a new market segment to be explored.

Keywords: Photovoltaic energy; Sustainability; Normative resolution; Solar.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 MÉTODO.....	9
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	10
3.1 Produção de energia renovável.....	10
3.1.1 ENERGIA SOLAR.....	11
3.2 Princípio das células solares.....	11
3.3 Manufatura das células solares.....	12
3.4 Módulos fotovoltaicos.....	13
3.5 Resolução normativa nº 482 E 687.....	14
3.6 Micro e minigeração distribuída no Brasil.....	15
3.6.1 INCENTIVO PARA MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL.....	18
3.6.2 CÁLCULO PARA FATURA DE ENERGIA COM A ISENÇÃO DE ICMS.....	19
3.7 Sistemas fotovoltaicos on grid e off grid.....	21
3.7.1 SISTEMAS CONECTADOS A REDE.....	21
3.7.1.1 PROCEDIMENTO PARA VIABILIZAÇÃO DE ACESSO (On Grid).....	22
3.7.1.2 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	24
3.7.2 SISTEMA ISOLADOS (Off Grid).....	25
3.7.3 INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	26
3.8 Expectativa de retorno de investimento.....	28
3.9 Energia compartilhada.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é de fato imprescindível para o desenvolvimento social contemporâneo, pois, com o advento tecnológico tanto a sociedade quanto as organizações vem cada vez mais se tornando dependentes deste insumo. Uma residência moderna possui vários aparelhos domésticos e produtos tecnológicos que por sua vez dependem da energia elétrica para seu funcionamento, sendo assim, as organizações não são diferentes quanto a este quesito pelo fato de estarem cada vez mais realizando investimentos em tecnologia e automatizando seus processos produtivos. A fonte hídrica é a principal responsável pela produção de energia elétrica em nosso país, porém, o período de estiagem faz com que sejam aplicadas medidas corretivas em relação ao consumo de energia elétrica sendo uma delas a variação nas taxas de energia do consumidor.

O Brasil é uma potência se tratando de recursos que possam ser utilizados para a produção de energia elétrica, principalmente os renováveis, como por exemplo, o sol que é o responsável por tornar possível a geração de energia solar, porém é uma fonte desconhecida pela maioria dos consumidores pelo fato de no passado ter tido pouco incentivo para sua utilização por se tratar de uma fonte alternativa cara, entretanto com o avanço tecnológico e o aperfeiçoamento das técnicas de fabricação dos módulos fotovoltaicos esta fonte de energia alternativa vem se tornando cada vez mais acessíveis e os incentivos para sua aquisição está cada vez maior.

Portanto este trabalho tem como objetivo apresentar ao leitor, através de uma pesquisa bibliográfica, a viabilidade da utilização da energia solar e expor o funcionamento de um sistema fotovoltaico e os tipos de instalações, indicando qual melhor se adapta à necessidade do consumidor.

2 MÉTODO

O presente trabalho se trata de uma pesquisa bibliográfica que tem como característica segundo Severino (2007) aquela que

se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos como livros, artigos, teses etc. O pesquisador utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados (p.122).

Portanto essa pesquisa foi realizada tendo como palavras chaves, energia fotovoltaica, sustentabilidade e Resolução Normativa, extraindo destas fontes as mais importantes informações e dados teóricos já trabalhados e disponibilizados por outros pesquisadores como, livros do segmento que serviram de base para o esclarecimento do conceito de um sistema fotovoltaico, desde seus componentes até seu funcionamento, e as características dos dois tipos de sistemas, o conectado á rede conhecido também como on grid e o isolado, ou seja, off grid. A partir destes dados foi possível obter informações sobre os benefícios que a Resolução Normativa 482/12 da ANEEL oferecem aos micros e minigeradores de energia elétrica por meio de fontes renováveis em especial a fotovoltaica, assim também como o conceito de energia compartilhada.

No decorrer do trabalho foram obtidas informações por fontes teóricas especializadas a evolução da matriz fotovoltaica global, e com base na mesma foi feito um comparativo entre países que mais estão evoluindo na obtenção de energia solar, assim também como um dos incentivos governamentais que é a isenção do ICMS sobre a energia injetada na rede.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A gestão energética tem como objetivo definir e encontrar variáveis de consumo dentro das indústrias, residências, comércios etc. Que por sua vez possam ser controladas, garantindo assim a eficiência no uso deste insumo tão importante para os consumidores.

3.1 Produção de energia renovável

Para Hinrichs (2014) termo energia renovável é utilizado quando a energia elétrica é produzida através de recursos naturais, tais como, chuva, sol, marés, vento e energia geotérmica, sendo estes recursos reabastecidos naturalmente, sem causar impactos ao meio ambiente, porém nem todos os recursos naturais são renováveis, ou seja, existem em quantidade limitada na natureza, como por exemplo, o urânio, carvão e petróleo.

Para Passos (2013), o aumento do consumo de energia está diretamente ligado ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB).

Atualmente no Brasil há dois recursos naturais renováveis que vem sendo bastante utilizados para a produção de energia elétrica, sendo eles, o vento e o sol.

De acordo com os novos aprimoramentos na resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL nº 482/12 e 687/15, que diz respeito à micro e minigeradores de energia elétrica quando os mesmos estão conectados a rede de distribuição é permitida a troca de energia com a concessionária, isto vem a ocorrer quando o consumo é inferior à quantidade de energia gerada, sendo assim este excesso é então enviada à rede.

3.1.1 ENERGIA SOLAR

Para Frozza (2012) a energia solar é gerada a partir da radiação eletromagnética do Sol. Quando essa radiação passa pela atmosfera terrestre é possível captá-la e transformá-la em outras formas de energia que podem ser reaproveitadas pelo homem.

Com o advento da célula fotovoltaica foi viabilizado o aproveitamento da radiação para a geração de energia elétrica. Para que esse fenômeno se manifeste, é necessário utilizar um material semicondutor, geralmente o silício, organizados em duas camadas: uma com carga elétrica positiva e outra com carga negativa, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge a região do semicondutor o campo elétrico existente permite o estabelecimento do fluxo de elétrons, fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico, estabelecendo-se assim uma corrente contínua. Quanto maior a intensidade de luz, maior o fluxo de elétrons.

3.2 Princípio das células solares

Para que se tornasse possível a produção de energia elétrica por meio dos sistemas fotovoltaicos nos dias de hoje, é importante lembrar que este grande benefício do uso direto da energia solar para a produção de eletricidade foi descoberto em 1887 por Heinrich Hertz e após dezoito anos, ou seja, no ano de 1905 foi explicado por Albert Einstein. Estes grandes cientistas observaram que quando determinados metais são atingidos pela luz, elétrons são emitidos. Através dessa observação este fenômeno ficou conhecido como efeito fotoelétrico. Na Figura 1 pode-se observar a patente da primeira célula solar.

Feb. 5, 1957

D. M. CHAPIN ET AL
 SOLAR ENERGY CONVERTING APPARATUS
 Filed March 5, 1954

2,780,765

FIG. 1

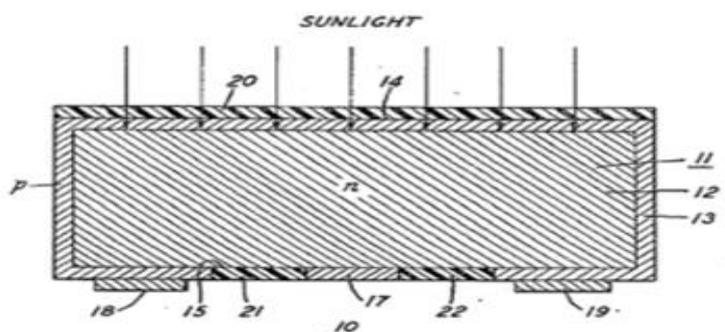


Figura 1– Patente de células solares

Fonte: VALLÉRA, 2006

3.3 Manufatura das células solares

A maioria das células fotovoltaicas são fabricadas tendo como matéria prima o silício poli cristalino, porém, outros tipos de matérias primas e processos estão surgindo com o advento da tecnologia e o avanço da ciência, se tornando assim competitivos tanto economicamente quanto tecnicamente. Um dos vilões do processo de fabricação das células fotovoltaicas é o que também assombra muitos outros processos de fabricação, ou seja, o custo, porém, com o aperfeiçoamento das técnicas de fabricação e o aprimoramento na criação de cristais podem reduzir os custos da manufatura de células solares.

As células fotovoltaicas que são fabricadas através do silício monocristalino são extraídas de barras cilíndricas deste material que anteriormente é submetido a um processo em fornos especiais. As células são retiradas destas barras por meio de corte das mesmas com uma dimensão de 0,4 a 0,5 mm de espessura. As células solares de silício monocristalino possuem uma eficiência na conversão da luz solar em energia elétrica de 12%.

Outros tipos de materiais tais como, arseneto de gálio, telureto de cádmio, sulfeto de cádmio e por fim o bisseleneto de cobre vem sendo utilizado como matéria prima no processo de fabricação das células fotovoltaicas e se mostrando promissores em relação à eficiência das células solares pelo fato de apresentarem altos coeficientes de absorção ótica.

3.4 Módulos fotovoltaicos

Segundo Hinrichs (2014), células fotovoltaicas responsáveis pela transformação da luz do sol em energia elétrica são conectadas em módulos planos, para que possa ser utilizada para atender a demanda de energia elétrica. Um sistema fotovoltaico contendo um arranjo de seis placas fotovoltaicas com uma potência de $100W_p$ cada, em um dia de insolação plena tem a capacidade de produzir $600W_p$, ou seja $6 \times 100 = 600W_p$. As células fotovoltaicas são capazes de produzir apenas uma quantidade específica de potência, dependendo da necessidade é necessário acrescentar células adicionais para que assim aumente a potência de saída do sistema fotovoltaico. As células fotovoltaicas conectadas aos módulos que compõe um sistema fotovoltaico podem ser conectadas em série e em paralelo. As células conectadas em série resultam no somatório de suas tensões, por exemplo, se três células solares onde cada uma proporciona uma tensão de $0,5V$ forem conectadas em paralelo teremos um resultado de $3 \times 0,5V = 1,5V$. As células solares conectadas desta maneira permanecem com a corrente de uma única célula. Quando as células solares são conectadas em série o somatório passa a ser das correntes e a tensão permanece como de uma única célula. Os arranjos fotovoltaicos consistem células fotovoltaicas conectadas em série e em paralelo para que assim seja alcançada a tensão e corrente desejada, como pode-se observar na Figura 2 um exemplo de conexão em serie e em paralelo.

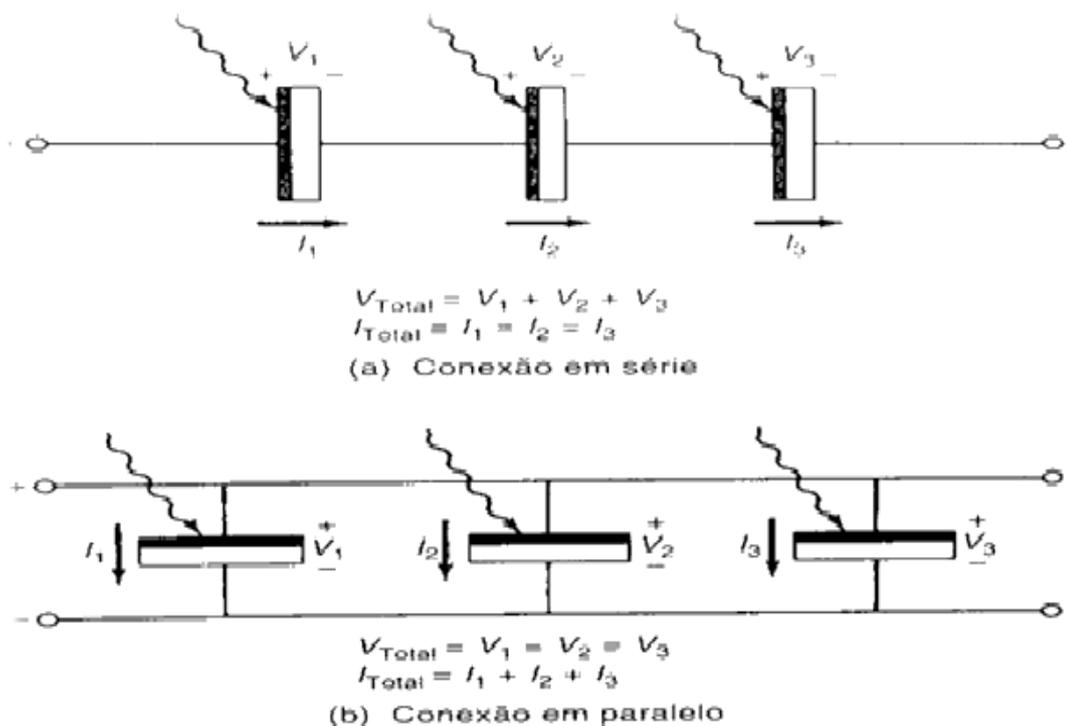


Figura 2 – (a) Conexão em série e (b) conexão em paralelo

Fonte: HINRICHS, 2014

3.5 Resolução normativa nº 482 E 687

A ANEEL publicou no dia 17 de abril de 2012 a resolução normativa 482, que diz respeito aos micro e minigeradores de energia elétrica assim como o sistema de compensação de energia elétrica. A resolução normativa estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração (ANEEL, 2016).

A partir da data de publicação qualquer consumidor pode gerar sua própria energia elétrica desde que obedeça aos padrões estabelecidos para micro e minigeradores e cumprindo as etapas estabelecidas pelos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Prodist na seção 3.7 (ANEEL, 2016).

A resolução normativa permite o uso de qualquer fonte renovável para a produção de energia, a saber: solar, eólica, biomassa além da cogeração qualificada. As novas regras caracterizou como micro geração distribuída a central geradora com até 75 kW de potência instalada e para a minigeração distribuída ficou estabelecida a potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW sendo 3 MW para a fonte hídrica, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2016).

Os novos aprimoramentos da resolução permitiram ao consumidor, ou seja, a central geradora que no mês em que a quantidade de energia enviada a rede for superior a quantidade de energia consumida o mesmo fica com créditos para diminuir a fatura dos meses seguintes, desde que seja obedecido o prazo de 60 meses. Os créditos podem ser utilizados em outra unidade do mesmo titular desde que esteja na área de atendimento da mesma distribuidora.

A geração distribuída em condomínios é outra inovação que a resolução proporciona aos consumidores onde a energia gerada pode ser repartida em percentuais definidos pelos próprios condôminos.

Para que a central geradora de micro ou minigeração seja conectada a rede da distribuidora, a ANEEL estabeleceu formulários padrão que simplificam o processo. Ficou estabelecido um prazo de 34 dias para a distribuidora conectar a central geradora de até 75 kW após o mesmo ter realizado a solicitação através do formulário padrão.

As novas regras do sistema de compensação serão acompanhadas de perto pela agência que até o ano de 2024 prevê 1,2 milhão de unidades consumidoras produzindo sua própria energia resultando em um total de 4,5 GW de potência instalada (ANEEL,2016).

3.6 Micro e minigeração distribuída no Brasil

Segundo Viera (2016) a produção de energia elétrica por sistema fotovoltaicos alcançará 7.000 MW no Brasil até o ano de 2024.

De acordo com o planejamento para a próxima década, a potência instalada de energia renovável fotovoltaica representará quase 4% da potência total brasileira de 2024, que atualmente, a fonte é responsável por 0,02% da potência elétrica do país, isso sem levar em consideração a geração distribuída, segundo o Plano Decenal de Energia Elétrica 2024 (PDE 2024).

A ANEEL registrou um grande crescimento de novos pontos de conexão, pois em meados de 2016 já foram registrados 3.565 novos pontos de conexão de geração distribuída, um número que corresponde a aproximadamente seis vezes e meia maior que o mesmo período do ano passado 2015 que foram feitas apenas conexões.

Com as novas instalações de geração distribuída já realizada o país passou gerar de forma distribuída o equivalente a 29,7 MW segundo a ANEEL.

A energia mais utilizada é a energia fotovoltaica que corresponde 3.494 das instalações realizadas, ou seja, 98%. Em seguida vem a energia eólica com 37 conexões representando a 1,03%. Segundo a ANEEL 79% das instalações de geração distribuída realizadas foram em residências em seguida está o comércio com 14% das instalações. A classificação por estados está em primeiro lugar o estado Minas Gerais com 859 pontos de conexão de geração distribuída em segundo vem o estado de São Paulo com 479 pontos em terceiro, Rio de Janeiro 381 e por fim, Rio Grande do Sul com 369 pontos de geradores distribuídos e o restante entre os demais estados segundo a ANEEL. A seguir a Figuras 3 ilustram respectivamente a matriz fotovoltaica global.

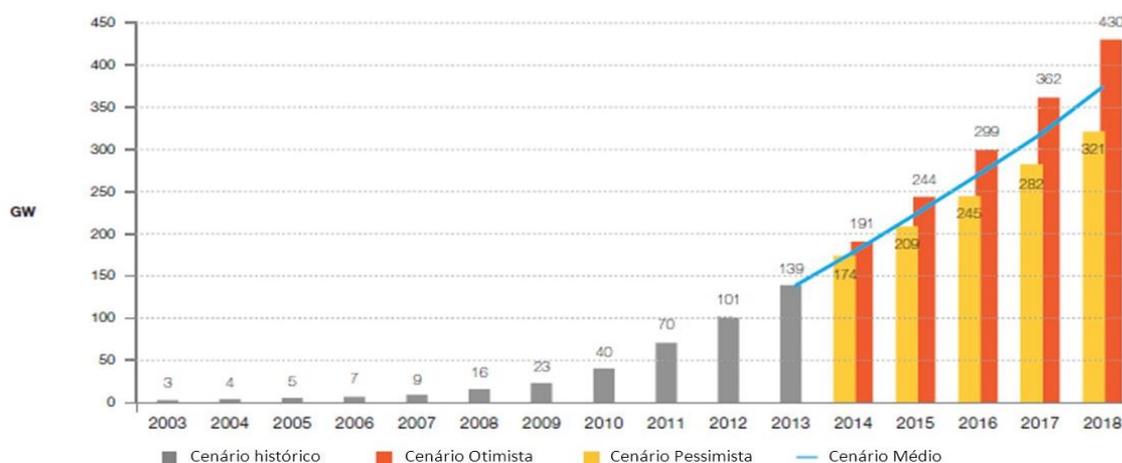


Figura 3 – Matriz fotovoltaica global

Fonte: ANEEL, 2011

A Figura 4 demonstra o gráfico de matriz energética brasileira no ano de 2015.

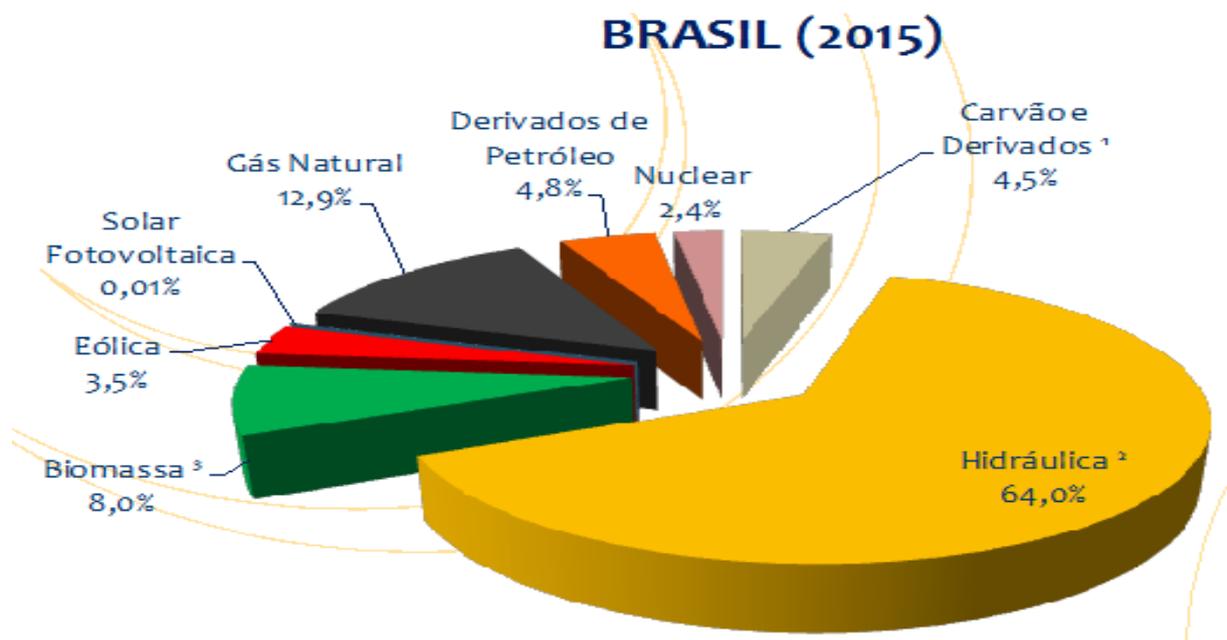


Figura 4 – Matriz energética Brasileira

Fonte: ANEEL, 2011

Na Figura 5 apresenta-se o mapa do Brasil visando os pontos de micro e minigeração por estado.



Figura 5 – Estados brasileiros com maior central de micro e minigeração, 98% Fotovoltaica.

Fonte: ANEEL, 2011

A Figura 6 exibe um comparativo do crescimento de geração de energia fotovoltaica entre países.

GERAÇÃO SOLAR

A capacidade de geração de energia fotovoltaica vem crescendo em diversos países e só agora começa a decolar no Brasil. A expansão acompanha a queda no preço de geração.

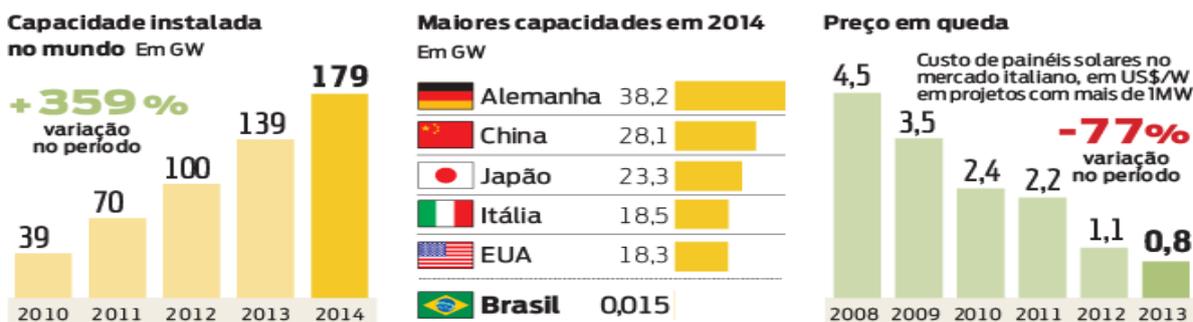


Figura 6 – Comparativo do crescimento de geração de energia fotovoltaica entre países

Fonte: ANEEL, 2011

3.6.1 INCENTIVO PARA MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

De acordo com Vieira (2016) um dos incentivos para o aumento da micro e minigeração de energia fotovoltaica no Brasil é a isenção do ICMS sobre a energia injetada na rede e compensada na geração distribuída, conhecido como convênio ICMS nº 16/15 do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), é o que autoriza os estados a isentar o imposto ICMS que incide sobre o excedente da geração de energia fotovoltaica, válido para as centrais que encontram-se no contexto da Resolução Normativa nº 482/12. Este benefício já foi aderido por 21 estados brasileiros e o distrito federal até outubro de 2016.

O tributo será cobrado apenas na quantidade de energia que a central geradora consumir da rede da distribuidora, ou seja, uma central geradora solar com demanda de 220kWh/mês gerou apenas 120kWh/mês por meio de seu sistema fotovoltaico, terá o tributo cobrado apenas sobre os 100kWh/mês que consumiu da distribuidora.

Os seguintes Estados já aderiram ao convênio: Pará, Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal segundo o Ministério de Minas e Energia. Com este e outros benefícios de incentivo o aumento de centrais microgeradoras de energia fotovoltaica vem aumentando gradativamente no Brasil, este crescimento pode ser observado na Figura 7.

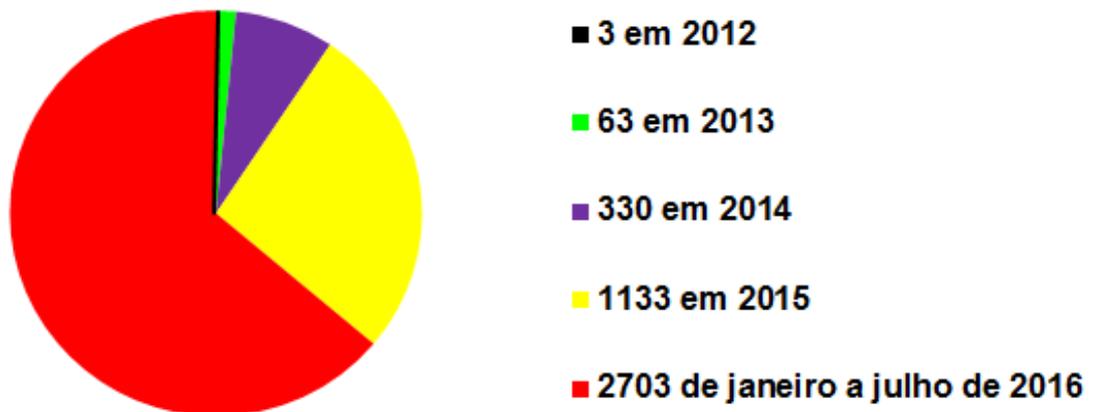


Figura 7 – Microgeradores de energia solar
Fonte: ANEEL, 2011

3.6.2 CÁLCULO PARA FATURA DE ENERGIA COM A ISENÇÃO DE ICMS

De acordo com o item 3.5 deste trabalho referente à Resolução Normativa nº 482/12 ANEEL, no sistema de compensação a energia excedente injetada na rede elétrica e consumida em outro período é contabilizada por meio de créditos, portanto o convênio ICMS nº 16/15 isenta a central geradora do tributo em relação aos créditos acumulados e utilizados em período posterior. Segue na Tabela 1 um exemplo através de cálculo para o consumo citado com o tributo de ICMS sobre o consumo dos créditos cobrança incorreta.

Tabela 1- Fatura de energia com o tributo de ICMS sobre créditos

Bandeira tarifaria vigente na data de faturamento: Verde			
Descrição do consumo			
Quantidade kWh/ mês = 220			
Consumo Port. Cat. 61: Quant.= 220kWh x preço médio= 0,70936364 = R\$ 156,00			
Descrição	Quantidade	Tarifa RS	Total
Consumo	220kWh	0,50057	110,12
Tributo	B. Calculo	Alíquota	Valor (RS)
PIS	156,06	0,79%	1,24
Confins	156,06	3,64%	5,68
ICMS	156,06	25,00%	39,02
Valor total da fatura paga no mês incluindo ICMS = R\$ 156,06			
Valor da fatura em dólar comercial = USD 46,17 (Dólar cotado em 08/12/2016)			

Na Tabela 2 outro exemplo, por meio de cálculo para o consumo citado com a isenção do tributo de ICMS.

Bandeira tarifaria vigente na data de faturamento: Verde			
Descrição do consumo			
Quantidade kWh/ mês = 100			
Consumo Port. Cat. 61: Quant.= 100kWh x preço médio= 0,70936364 = R\$ 70,93			
Descrição	Quantidade	Tarifa RS	Total
Consumo	220kWh	0,50057	50,05
Tributo	B. Calculo	Alíquota	Valor (RS)
PIS	70,93	0,79%	0,56
Confins	70,93	3,64%	2,58
ICMS	70,93	25,00%	17,73
Valor total da fatura paga no mês excluindo ICMS = R\$ 70,93			
Valor da fatura em dólar comercial = USD 29,58 (Dólar cotado em 08/12/2016)			

3.7 Sistemas fotovoltaicos on grid e off grid

Basicamente existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas conectados à rede denominado On Grid; e Sistemas não conectados à rede conhecidos também como sistemas isolados denomina-se Off Grid.

3.7.1 SISTEMAS CONECTADOS A REDE

O Sistema On Grid é o sistema conectado na rede elétrica, ou seja, é um sistema mais seguro, pois se o sistema fotovoltaico não produzir energia elétrica suficiente para atender a demanda, automaticamente irá receber energia elétrica da distribuidora, porém, se o sistema fotovoltaico produzir energia elétrica de maneira que exceda a demanda da residência o excedente é transmitido para a rede elétrica gerando assim crédito para o proprietário. Na Figura 8 apresenta-se este modelo.



Figura 8 – Sistema on grid

Fonte: PORTAL SOLAR, 2016

3.7.1.1 PROCEDIMENTO PARA VIABILIZAÇÃO DE ACESSO (On Grid)

Para que o sistema fotovoltaico seja conectado a rede é necessário que o consumidor, ou seja, o proprietário da central geradora caracterizada como micro ou minigeradora siga os procedimentos estabelecidos na seção 3.7 do módulo 3 do Prodist (ANEEL). Segue abaixo as etapas a serem seguidas para a viabilização de acesso e as responsabilidades do acessante e da distribuidora.

Para realizar a solicitação de acesso o acessante é responsável pela formalização da solicitação com o encaminhamento de documentação, dados e informações pertinentes, bem como dos estudos realizados. Os dados e informações exigidas encontram-se no formulário disponibilizado pela distribuidora.

É de responsabilidade da distribuidora o recebimento da solicitação de acesso contendo no formulário de solicitação disponível no site da distribuidora para que o acessante preencha com seus dados.

O acessante deverá regularizar sua situação em caso de pendências de documentos, dados e informações solicitadas pela distribuidora em seu formulário para que prossiga com o andamento do processo.

A distribuidora deve emitir o parecer de acesso com a definição das condições, pois esta é uma ação referente ao item 2.5 da seção 3.7 do Prodist (ANEEL). O prazo deve ser de 15 dias para central geradora classificada como microgeração distribuída.

Para a central geradora classificada como minigeração distribuída, quando não houver necessidade de execução de obras de reforço ou de ampliação no sistema de distribuição, o prazo é de até 30 dias se houver tal necessidade o prazo de 60 dias.

O acessante deve realizar a solicitação da vistoria em um prazo de 90 dias que deverá ser cumprida pela distribuidora entre três a cinco dias úteis, após a adequação das condicionantes do relatório de vistoria.

O acessante deve realizar as adequações das condicionantes do relatório de vistoria onde o prazo é definido por ele próprio, ao concluir é comunicado A distribuidora deve realizar a aprovação do ponto de conexão, liberando o acessante para sua efetiva conexão em um prazo de até 2, 5 ou 7 dias úteis após a adequação das condicionantes do relatório de vistoria.

O acessante e a distribuidora devem realizar um acordo operativo ou relacionamento operacional até a aprovação do ponto de conexão, liberando-o para sua efetiva conexão.

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Código da UC:	Classe:	
Titular da UC:		
Rua/Av.:	Nº: CEP:	
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ()	Celular: ()	
CNPJ/CPF:		
2- Dados da Unidade Consumidora		
Carga instalada (kW):	Tensão de atendimento (V):	
Tipo de conexão: monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica <input type="checkbox"/>		
3 - Tipo da Fonte de Geração		
Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/>		
Outros:		
4 - Documentação a Ser Anexada		
1. Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção(inversor, se for o caso)/Medição e memorial descritivo da instalação	<input type="checkbox"/>	
2. Certificado de conformidade do(s) inversor(es).	<input type="checkbox"/>	
3. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg	<input type="checkbox"/>	
4. Unidades participantes do sistema de compensação (se houver) indicando ordem de prioridade ou porcentagem de rateio dos créditos	<input type="checkbox"/>	
5. Reconhecimento pela ANEEL da cogeração qualificada (se for o caso)	<input type="checkbox"/>	
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
6 - Solicitante		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone:		
E-mail:		
_____	/ /	_____
Local	Data	Assinatura do Responsável

Figura 9 – Formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída.

3.7.1.2 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com a Resolução Normativa nº 687/15 da ANEEL, a unidade consumidora que possui o sistema de micro ou minigeração de energia elétrica conectada a rede, tem o direito de utilizar o excedente de energia elétrica em meses posteriores respeitando o prazo máximo de 60 meses. A utilização da energia elétrica é através de créditos em função da quantidade de energia que foi enviada a rede da distribuidora. Os créditos gerados podem ser utilizados em outras unidades consumidoras desde que seja do mesmo proprietário e que esteja dentro da mesma área da distribuidora. As unidades consumidoras do Grupo B, ou seja, de baixa tensão, mesmo que a energia enviada a rede seja superior a energia consumida as mesmas deverão a parcela referente à disponibilidade, assim também vale ressaltar que as unidades do Grupo A, as de alta tensão deverão a parcela referente a demanda contratada. Segue abaixo na Figura 10 uma ilustração referente ao sistema de compensação de energia.



Figura 10 – Sistema de compensação de energia

Fonte: ANEEL,2011

3.7.2 SISTEMA ISOLADOS (Off Grid)

Sistemas Off Grid são sistemas fotovoltaicos não conectados à rede, ou seja, se aplica principalmente em lugares remotos onde o consumidor não possui ligação com a distribuidora de energia seja por local de difícil acesso onde não é possível se conectar ou até mesmo por opção do consumidor. O sistema Off Grid por não possuir ligação com a rede necessita de baterias onde é realizado o armazenamento de energia elétrica para ser utilizada em período noturno ou em período sem sol. Na Figura 11 apresenta-se um modelo de sistema off grid.



Figura 11 – sistema off grid

Fonte: PORTAL SOLAR, 2016

Os sistemas Off Grid possuem uma desvantagem em relação aos sistemas On Grid pelo fato de necessitar de controladores de carga e baterias o tornando assim cerca de 30% menos eficiente comparado aos sistema On Grid.

3.7.3 INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos residenciais são basicamente compostos por:

- Placas fotovoltaicas
- Estabilizador de carga
- Baterias
- Inversor
- Medidor

Pode-se observar na Figura 12 um exemplo de instalação de um sistema fotovoltaico.

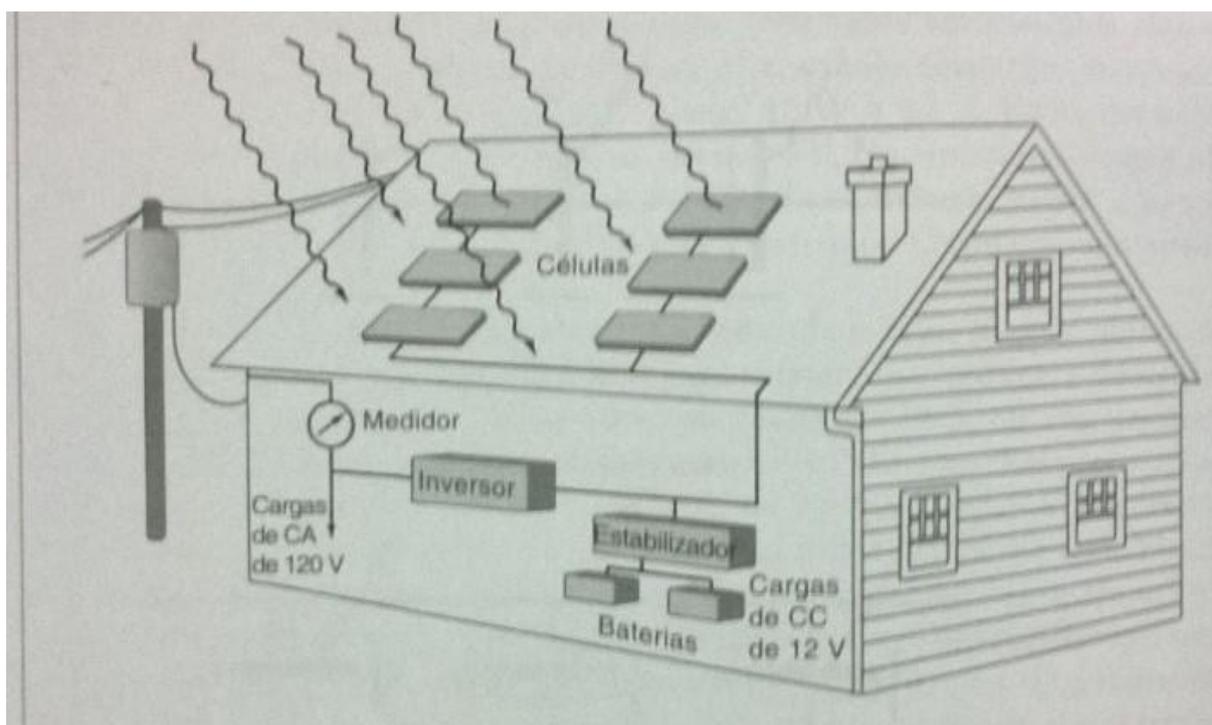


Figura 12 – Ilustração do sistema fotovoltaico residencial

Fonte: HINRICHS, 2014

Para efetuar a compra e instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência é necessário que o proprietário faça um levantamento de sua necessidade de consumo, tendo em vista a economia desejada. Após ter efetuado essa análise é possível saber a quantidade de

placas que irão compor o sistema fotovoltaico e se há espaço físico necessário para instalação das mesmas. A energia elétrica que sai das células solares é de corrente contínua, que pode alimentar lâmpadas basicamente em 12V, telefone celulares, baterias recarregáveis e também pode ser armazenada em baterias acompanhada de um estabilizador de carga para assim ser utilizada nos aparelhos citados. Quando necessário alimentar outros aparelhos que necessitam de corrente alternada é preciso um inversor, pois, o mesmo tem a função de converter a energia elétrica de corrente contínua em corrente alternada. O excesso de corrente alternada produzida pelo sistema fotovoltaico não utilizado na residência é enviado para a rede da concessionária.

O custo de um sistema de energia solar fotovoltaico depende principalmente do tamanho e da complexidade da instalação. A seguir na tabela 3 são apresentadas as faixas de valores para instalações residenciais.

Tabela 3- Orçamentos residenciais

Casa	Pessoas	Potência	Custo R\$
Pequena	Até 2	1.5kWp	15.000,00 a 20.000,00
Media	3 a 4	2.0kWp	19.000,00 a 24.000,00
Grande	4 a 5	4.0kWp	32.000,00 a 40.000,00
Mansões	5 ou mais	10.0kWp	70.000,00 a 85.000,00

Fonte: PORTAL SOLAR, 2016

Na tabela 4 são apresentadas as faixas de valores para as instalações industriais expondo alguns valores para os sistemas e sua respectiva potencia.

Tabela 4 – Orçamentos industriais

Industriais	
Potência	Custo R\$
100kW	650.000,00 a 820.000,00
500kW	3.000.000,00 a 3.800.000,00
1mW	6.000.000,00 a 6.500.000,00

Fonte: PORTAL SOLAR, 2016

3.8 Expectativa de retorno de investimento

Para Motta (2014) a análise de investimento em um projeto e a forma de viabilizá-lo baseia-se no tempo necessário para que ocorra o retorno do capital empenhado que, por sua vez, será calculado por meio do valor inicialmente aplicado até o momento no qual o ganho acumulado seja igual ou superior ao valor deste montante onde, normalmente, este período é medido em meses ou anos.

Segue um exemplo de como se calcular o retorno de investimento de uma residência, querendo saber a viabilidade do investimento do sistema fotovoltaico conectado a rede da distribuidora.

Uma residência com capacidade de três ou quatro moradores tem um consumo mensal de energia elétrica de 228 kWh/mês sendo o valor da sua fatura mensal em reais incluindo o imposto de R\$ 155,49/ mês. Os moradores desejam suprir 95% do consumo residencial, no entanto o equipamento irá custar um valor de R\$ 21.500,00, este sistema estará conectado a rede da distribuidora, com isso os 5% restante representa a taxa de requisito da distribuidora local no valor de R\$ 7,78/mês. O sistema fotovoltaico tem vida útil de 25 anos, entretanto o mesmo irá precisar de algumas manutenções totalizando um valor de R\$ 6.000,00 durante todo o período de vida do equipamento. Portanto segue um exemplo de cálculo.

DADOS:

Residência de 3 a 4 pessoas

Consumo mensal = 228 kWh/mês

Valor da fatura mensal em reais com imposto = R\$ 155,49/mês

Investimento no sistema fotovoltaico a suprir 95% do consumo residencial = R\$ 21.500,00

Os 5% restante representa a taxa de requisito da distribuidora local = R\$ 7,78/mês

Taxa da distribuidora no período de 25 anos = (R\$7,78/mês x 300/meses) = R\$ = 2.334,00

Manutenção do sistema no período de 25 anos = R\$ 6.000,00

Lucro obtido no investimento em meses = R\$ 155,49/mês – R\$ 7,78/mês = R\$ 147,71/mês

Retorno de investimento = (R\$29.834,00 / R\$147,71/mês) = 201,06 meses

Tempo para retorno do investimento total de 16,83 anos

Vida útil do sistema = 25 anos ou 300 meses

Lucro após retorno de investimento = R\$147,71/mês x (300 – 201,06) = R\$ 14.614,42

3.9 Energia compartilhada

A Resolução Normativa 687/15 proporciona aos consumidores de energia elétrica que desejam usufruir da geração de energia renovável, porém, são impedidos por uma série de barreiras como, por exemplo, o consumidor que pretende investir em um sistema fotovoltaico, mas o espaço físico de sua residência não permite tal investimento, ou mesmo um proprietário de comércio que por sua vez também deseja realizar um mesmo investimento, mas seu comércio é afetado por sombreamento de prédios ao redor, a novidade que a REN 687/15 traz é a geração de energia compartilhada e o auto consumo remoto.

Condomínio solar tem como característica a participação de vários consumidores, oferecendo assim condições para qualquer pessoa que deseja usufruir da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, mas que não deseja instalar o mesmo em sua propriedade. O consumidor pode fazer parte de um condomínio solar aderindo um de dois formatos que são oferecidos por empresas, ou seja, o formato de aluguel ou propriedade. O formato de Propriedade permite ao consumidor tornar - se dono de determinada parte dos lotes de painéis, ou uma participação no projeto, permitindo assim que toda energia gerada pela parte adquirida seja direcionada á sua unidade de consumo, já o formato de aluguel o consumidor usufrui da energia gerada pela parte que foi alugada, porém, o mesmo não possui lote algum do sistema.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o advento tecnológico e o aumento gradual na dependência da energia elétrica, é possível afirmar que os consumidores residenciais, comerciais e até mesmo industriais, que por sua vez possuem grande preocupação com o meio ambiente, vêm buscando fontes alternativas de energia principalmente as renováveis, pois com a necessidade aumentando gradativamente e levando em consideração as dificuldades que ocorrem em relação a dependência da fonte hídrica em nosso país e a estiagem ocorrida nos últimos anos, contrariando a média histórica, fomenta ainda mais esta busca.

Sendo assim a produção de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos se tornou possível, em virtude das pesquisas realizadas por cientistas, que observaram o comportamento de determinados metais ao serem atingidos pela luz solar, que a partir de então passaram a se tornar matéria prima para a produção de células fotovoltaicas. Soma-se a isto, o potencial do Brasil para a produção de energia solar, que vem crescendo gradativamente nos últimos anos, em função do aumento da preocupação da população e a lacuna no mercado, assim também como os incentivos governamentais, que vem contribuindo para o aumento de fontes geradoras fotovoltaicas em vários estados brasileiros. Através de cálculo de retorno de investimento fica evidente a viabilidade econômica do uso deste sistema fotovoltaico no contexto da resolução normativa, entretanto este período de retorno vai apresentar as variações em virtude do consumo de energia e da capacidade de porte financeiro além é claro, do retorno socioambiental. Portanto este trabalho proporciona e norteia o leitor quanto a tecnologia e as recentes mudanças envolvidas nesta parcela do mercado de energia por meio dos sistemas fotovoltaicos e, ainda, ilustra, a partir de cargas elétricas de uma residência padrão. A viabilidade de um sistema On Grid. Então, cabe aos interessados dentro de um processo de tomada de decisão, avaliar em virtude de suas particularidades o sistema que melhor lhe atende e eventualmente resultado desta aplicação de capital. Por se tratar de procedimentos recém-instituídos e por contemplar fatores políticos, econômicos e ambientais permite-se uma série de variações de pesquisas que abordem o tema aqui apresentado.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/042/documento/minuta_secao_3.7_modulo_3_prodist.pdf>. Acesso em 05 set. 2016.

CRISTIANO, C. P.; CESAR, E. F.; **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Universidade Feevale, 2013.

FROZZA, J. F. et al. Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO 50001. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 8., 2012. **Anais eletrônicos...** Excelência em Gestão. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg8/anais/t12_0487_2821.pdf>. Acesso em: 06 out. 2015.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e meio ambiente**: 5. ed. São Paulo, SP: Trilha, 2014.

MOTTA, L. A.; **Análise de viabilidade econômica da adoção de soluções energéticas de menor impacto**: Estudo de caso em um condomínio horizontal na cidade de Londrina. 2014. 57 f. Monografia/ (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

PASSOS, A. M.; COELHO, P. R.; **Energia elétrica: perspectivas para os próximos anos**. Macroeconômica – Itaú, maio. 2013. Disponível em: <<https://www.itaubba-pt/analises-economicas/publicacoes/macro-visao/energia-eletrica-perspectivas-para-os-proximos-anos>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

PORTAL SOLAR, Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em 10 fev. 2016.

SEVERINO, A. B.; **Metodologia do Trabalho Científico**: 23. ed. Perdizes, SP: Cortes, 2007.

VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C.; **Meio Século de História Fotovoltaica**, Lisboa, ano 2006, jun. 2016. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2016.

VIEIRA, D.; AURELIO, M. L.C. Sistema de compensação de energia elétrica. **Micro e Mini geração distribuída**, Brasília, ano 2016, n. 2, maio 2016. Disponível em: <<https://static1.squarespace.com/static/564b5502e4b0d99d7201f782/t/57bb54c9725e25640e8c5b52/1471894735127/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribu%C3%ADa+em+edicao.pdf>>. Acesso em 01 out. 2016.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor. Autorizo também a divulgação do arquivo no formato PDF no banco de monografias da biblioteca institucional.

Jose Roberto Martiniano Junior; Luis Henrique Carvalho de Oliveira.

Pindamonhangaba-SP, dezembro de 2016.

