

**ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

FERNANDO ALARCON NOGUEIRA

**Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil:
aspectos técnicos da Resolução nº 482 da ANEEL**

**São Paulo
2013**

FERNANDO ALARCON NOGUEIRA

**Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil:
aspectos técnicos da Resolução nº 482 da ANEEL**

Monografia apresentada como exigência de conclusão de curso do Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica (PECE) da Universidade de São Paulo - Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

São Paulo

2013

FERNANDO ALARCON NOGUEIRA

**Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil:
aspectos técnicos da Resolução nº 482 da ANEEL**

Monografia apresentada como exigência de conclusão de curso do Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica (PECE) da Universidade de São Paulo - Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Área de Concentração: Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientadora: Professora Doutora Patrícia Helena Lara dos Santos Matai.

São Paulo

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Nogueira, Fernando Alarcon

Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil: aspectos técnicos da Resolução nº 482 da ANEEL / F.A. Nogueira. -- São Paulo, 2013.

64 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Energia solar 2.Micro e minigeração fotovoltaica I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, avós maternos e paternos, pelo incentivo, de longe, de perto, neste ou em outro lugar.

A todos aqueles que, como eu, acreditam que todo ser humano é capaz de ser.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela grande oportunidade de aprender e desenvolver esta monografia, pela enorme e gratificante ideia de sentir-me útil e pela força e carinho que guia os caminhos a trilhar.

À Professora Doutora Patrícia Helena Lara dos Santos Matai pela atenciosa orientação, sempre coerente e esclarecedora.

Aos meus pais, Sônia e Eduardo, e à minha irmã Marília, pelo apoio e amor incondicional de sempre.

À minha companheira, Mariana, pela efetiva colaboração, paciência, carinho e amor em todos os momentos.

Ao meu grande amigo Rafael pelas chuvas de ideias, correções de caminho, bate-papos e algumas boas horas de conversas técnicas.

Aos colegas de trabalho da Geoklock, João de Castro, Ricardo Scacchetti, Rodolfo Meyer e Vinicius Ambrogi pelo incentivo e pelas trocas de conhecimento que me possibilitaram desenvolver este trabalho.

EPÍGRAFE

*“Podem queimar livros, mas não se
queimam ideias; as chamas das fogueiras
as superexcitam, em vez de extingui-las.
Ademais, as ideias estão no ar, e não há
Pirineus bastante elevados para detê-las;
e quando é grande e generosa uma ideia,
encontra milhares de corações dispostos
a almejá-la”.*

Allan Kardec

RESUMO

O Brasil possui grande potencial energético de geração fotovoltaica, e recentemente regulamentou as condições de geração e acesso às redes de distribuição de energia no país para os micros e minigeradores. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) cria um mecanismo regulatório, através da Resolução Normativa nº 482 e, apresenta condições para o desenvolvimento da chamada geração distribuída no Brasil ao incentivar a descentralização da geração de energia e a produção desta no local de consumo. Há diversos aspectos técnicos relacionados à implantação de um sistema fotovoltaico de micro ou minigeração conectado à rede e, a mencionada agência possui um papel central, atuando como reguladora no desenvolvimento deste tipo de geração. Este trabalho identifica as principais condições, do ponto de vista técnico, tais como o recurso solar, a especificação dos módulos, os equipamentos de apoio indispensáveis, bem como o posicionamento do sistema fotovoltaico, que possibilitam o desenvolvimento da micro e minigeração distribuída no Brasil, bem como verifica o papel da agência reguladora como fomentadora deste processo.

Palavras-chave: Aspectos Técnicos; ANEEL; Geração distribuída; Micro e minigeração fotovoltaica.

ABSTRACT

Brazil has a huge energy potential to generate photovoltaic power, and has recently regulated the condition to generate power and access the energy distribution grid from the micro and small size agents of power generation. ANEEL, the Brazilian National Agency of Electric Energy has created a regulatory mechanism, through the 482th Normative Resolution and, have set requirements to the development of distributed generation of electricity, fomenting the decentralization of power generation when producing it at the consumption site. There are several technical issues related to the implementation of a micro or small generation photovoltaic system connected to the grid and, the mentioned agency is featured at the central spot, regulating the development of this type of generation. This paper aims to identify the main technical condition, such as the solar resource, module specification, support equipment and positioning of the photovoltaic system, which would enable the development of micro and small distributed generation in Brazil, such as to verify the regulatory agency actions in order to incentive this process.

Keywords: ANEEL; Distributed generation Photovoltaic micro and small generation; Technical Aspects

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de uma célula fotovoltaica.....	24
Figura 2 – Mapa Solarimétrico do Brasil – Carta Anual (radiação global diária, média anual – MJ/m ² .dia).....	35
Figura 3 – Custo do Sistema Fotovoltaico <i>versus</i> Taxa Interna de Retorno	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade de geração de energia elétrica, por fonte	26
Tabela 2 – Especificações Técnicas de um Módulo Fotovoltaico	37
Tabela 3 – Requisitos mínimos PRODIST	41
Tabela 4 – Autos de Infração, ANEEL, 1998 a 2011.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (Despesas de Capital)
CC	Corrente Contínua
Chesf	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
FV	Fotovoltaico
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONS	Operador Nacional do Sistema
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas)
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
SIN	Sistema Interligado Nacional
SPMP	Seguimento do Ponto de Máxima Potência
TIR	Taxa Interna de Retorno
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

β	Inclinação do módulo fotovoltaico (ângulo entre a superfície receptora de irradiação solar e o plano horizontal)
γ	Azimute (ângulo da projeção da direção do Sol no plano horizontal)
MW	Megawatt
tCO ₂ e/MWh	Toneladas de CO ₂ equivalente por megawatt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Radiação solar	21
2.2 Pannel e módulo fotovoltaico	23
2.3 Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil.....	25
2.4 Resolução Normativa Nº 482 ANEEL	28
CAPÍTULO 3. ASPECTOS TÉCNICOS DA MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482.....	31
3.1 Recurso solar	32
3.2 Especificação dos módulos fotovoltaicos	36
3.3 Equipamentos de apoio.....	38
3.3.1 Inversor.....	38
3.3.2 Outros Equipamentos	42
3.4 Posicionamento, comissionamento e operação	44
3.4.1 Posicionamento	44
3.4.2 Comissionamento	45
3.4.3 Operação	47
CAPÍTULO 4. O PAPEL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NO INCENTIVO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	48
4.1 Fiscalização e qualidade	48
4.2 Incentivo à geração distribuída a partir da Resolução Normativa nº 482	51
CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO A – Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, de 17 de Abril de 2012	64

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

O sol é a fonte de energia térmica e luminosa fundamental que chega à Terra e permite a existência das formas de vida encontradas no planeta. A energia solar pode ser utilizada pelo Homem quando a luz solar é convertida em energia elétrica, utilizável nos sistemas elétricos.

A dependência de combustíveis fósseis atrelada às mudanças climáticas, iniciada na Revolução Industrial, implica um cenário de grande emissão de gases de efeito estufa na sociedade moderna, operada pelo desenvolvimento do modelo econômico atual (IPCC, 2007).

O iminente aumento da temperatura do planeta é considerado um dos grandes desafios da atualidade. O emprego e incentivo do uso de fontes de energia renováveis destacam-se como o caminho vislumbrado para as questões climáticas e econômicas das nações. A energia solar tem papel crucial nesta questão, pois a geração de energia elétrica é de importante contribuição às atividades humanas e modela-se de acordo com o desenvolvimento econômico.

A utilização da energia solar convertida em sistemas elétricos é fato relevante e cada vez mais presente nas políticas de diversificação da geração de energia elétrica nas matrizes energéticas de diversos países no mundo. Neste sentido, há uma tendência da busca por fontes renováveis de energia econômica e ambientalmente viáveis (BENEDITO, 2009, p.15).

A crescente necessidade do Brasil em diversificar a geração de energia elétrica e a grande capacidade de geração fotovoltaica contribui efetivamente para a oportunidade que o país tem de alavancar investimentos neste setor, tendo em vista as características naturais do país, com alta incidência solar em diversas áreas e um mercado de geração fotovoltaica ainda não plenamente consolidado.

O Brasil apresenta índices de irradiação global bastante interessantes do ponto de vista de geração fotovoltaica, à saber, cerca de 1.200 a 2.400 kWh/m²/ano, sendo que o Nordeste possui o maior potencial do país. Estes valores deflagram a capacidade de geração fotovoltaica no Brasil (EPE, 2012, p.21).

A diversificação da matriz energética brasileira está intimamente ligada à estratégia delimitada pela estrutura do setor energético e pelo governo, grande propulsor, fomentador e criador de políticas públicas definidoras do rumo a que se segue a geração de energia elétrica, usualmente publicada através do Plano Decenal de Expansão de Energia, submetido ao Ministério das Minas e Energia.

O sistema elétrico brasileiro é centralizado, do ponto de vista da geração, e conta com um complexo sistema de transmissão, o SIN (Sistema Interligado Nacional), conectando cerca de 96,6% da eletricidade produzida e distribuída no país, excluindo-se a região amazônica, isolada do SIN (BARROS; ZILLES, 2012, p.1).

A descentralização da geração de energia elétrica é um caminho alternativo que se apresenta diante da sociedade e do setor elétrico brasileiro para promover a geração distribuída, tendo como principal enfoque a geração próxima ao local do consumo, contribuindo para uma menor dependência do SIN e da flexibilização do mercado face à crescente demanda de energia e conexão à rede, relacionada ao crescimento econômico do país e a sua capacidade de geração.

A Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL, como órgão regulador do setor elétrico brasileiro, tem papel fundamental diante da formação de políticas de incentivo ou desincentivo às fontes de energia renováveis e/ou alternativas de geração. A ANEEL como reguladora deve zelar pela qualidade do serviço de energia elétrica, através da manutenção dos parâmetros elétricos da tensão de fornecimento contínua, bem como do atendimento ao consumidor (PINHEIRO, 2012, p. 6).

Tendo em vista a recentemente publicada Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, parece ser razoável identificar os principais aspectos técnicos ligados ao desafio dos possíveis micro e minigeradores de energia elétrica incluídos por esta regulamentação e verificar o papel da ANEEL como agente de fomento à geração distribuída de energia elétrica no país. No entanto, não serão abordadas por este trabalho as possíveis políticas públicas de geração distribuída de energia elétrica e a avaliação da atuação da ANEEL como agência fiscalizadora e promotora da qualidade de serviço de energia no país.

Objetivo geral

Os objetivos deste trabalho são:

Identificar os principais aspectos técnicos da micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, dentro do cenário regulatório criado pela Resolução¹ Normativa nº 482 da ANEEL, bem como verificar o papel desta agência como fomentadora da geração distribuída de energia no Brasil.

Metodologia utilizada

Para a elaboração deste trabalho, realizou-se pesquisa documental, foram selecionados livros, relatórios e artigos relacionados ao tema, e a partir da sua leitura, buscou-se a exposição, a análise e a discussão das diversas posições existentes, através do método dialético.

O estudo conta com as reflexões críticas do orientando, expostas de forma fundamentada, para que se obtenham conclusões úteis para a continuidade dos estudos sobre a micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil e o papel da ANEEL como organismo fiscalizador e incentivador da geração distribuída de energia.

¹ Ressalte-se que a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL é aplicável à fontes de geração de energia hidráulica, solar, eólica, de biomassa e de cogeração qualificada.

Estrutura do trabalho

Esta monografia é dividida em cinco capítulos:

O capítulo 1 introduz o tema micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, à luz da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, bem como brevemente expõe a relação da disponibilidade da fonte solar para a geração de energia no Brasil, comentando a descentralização da geração como forma alternativa ao padrão usual brasileiro, de geração centralizada.

O capítulo 2 aborda as bases teóricas necessárias para o desenvolvimento do tema deste trabalho, a saber:

- Radiação solar e definições específicas;
- Painel e módulo fotovoltaico: funcionamento, formas de produção e eficiência relacionados;
- Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil e o panorama atual;
- Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, suas disposições gerais e especificidades técnicas imediatas.

O capítulo 3 apresenta os principais aspectos técnicos identificados para um mini e microgerador de energia fotovoltaica conectado à rede, e que influenciam diretamente na tomada de decisão do proponente do projeto, tais como:

- O recurso solar disponível;
- As especificações de um módulo fotovoltaico;
- A localização e posicionamento dos módulos fotovoltaicos;
- Os principais equipamentos de apoio indispensáveis à operação segura de uma planta de geração de energia fotovoltaica;
- Aspectos do comissionamento e operação de uma planta de geração fotovoltaica e o ambiente regulatório aplicável;

O capítulo 4 apresenta informações acerca da Agência Nacional de Energia Elétrica, como fiscalizadora e reguladora do setor elétrico brasileiro, bem como as atuais políticas de incentivo à geração distribuída experimentadas em outros países, e no Brasil especificamente, através da Resolução Normativa nº 482.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho, e discute de forma sucinta o tema micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil.

As Referências Bibliográficas utilizadas estão apresentadas no referido Item deste trabalho.

Por fim, o ANEXO A apresenta a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL na íntegra, tal como publicada em 12 de Abril de 2012.

CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados os conceitos sobre radiação solar, painel e módulo fotovoltaico, micro e minigeração distribuída e, por fim, a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL. Isto é, as bases teóricas necessárias ao estudo a que se propõe esta monografia, e que definem o uso da energia solar para conversão em energia elétrica e distribuição no sistema elétrico, bem como a regulamentação criada para sua inserção na matriz elétrica brasileira.

2.1 Radiação solar

O Sol se comporta como um corpo negro com temperatura de superfície da ordem de 5800K que emite e absorve radiação eletromagnética de maneira isotrópica, ou seja, em todas as direções. A radiação solar é fruto da energia emitida pela estrela quando da fusão nuclear de átomos de hidrogênio em hélio, liberando energia, sendo tal conversão da matéria em energia representada pela Teoria da Relatividade de Albert Einstein (ROSA, 2003, p.26).

A radiação solar chega à Terra e pode atingir uma superfície diretamente (radiação direta), encontrar inúmeras barreiras como a atmosfera (radiação difusa) ou refletir em corpos antes de ser absorvida por outro (albedo). A radiação global é expressa pela soma das componentes da radiação direta, radiação difusa e albedo, determinando o total de radiação que atinge uma determinada superfície (BENEDITO, 2009, p.21).

Algumas definições baseadas na literatura de Duffie e Beckman, 1991, são abaixo mencionadas²:

² Para informações mais aprofundadas sobre as definições da radiação solar, sugere-se a consulta a dissertação de BENEDITO, R. S. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e**

- Irradiância: Expressa em W/m^2 , é a taxa de energia radiante solar que chega a uma determinada superfície, por unidade de área;
- Irradiação: Expressa em J/m^2 , é a taxa de energia radiante solar que chega a uma determinada superfície, por unidade de área, e em determinado tempo. Também pode ser expressa em kWh/m^2 .
- Radiosidade: Expressa em W/m^2 , é a taxa de radiação que deixa uma superfície uma vez refletida, por unidade de área.

A irradiância pode ser medida através do uso de um piranômetro, um instrumento de superfície plana que mede a radiação direta (DUFFIE; BECKMAN, 1991, p.10-11).

O piranômetro pode ser utilizado para medir a componente difusa da radiação solar. Porém, para obtenção da componente direta da radiação solar a ele dever ser adicionado “um anel sombreador que, durante todo o dia, impede que a irradiância direta, ou seja, aquela proveniente da circunferência solar atinja o piranômetro”. (ROSA; ZILLES, p. 4).

Outros instrumentos utilizados para a medição da radiação solar são os heliógrafos e os actinógrafos, sendo ambos imprecisos e menos utilizados do que os piranômetros.

Assim, ficam apresentadas a geração da radiação solar pela fusão nuclear, as principais definições da radiação direta, radiação difusa e albedo, e por fim, as formas de medição deste tipo de energia em um determinado plano.

2.2 Pannel e módulo fotovoltaico

As placas ou painéis fotovoltaicos são os dispositivos de conversão de energia solar (radiação solar) em energia elétrica a ser disponibilizada em um sistema elétrico. O silício é o elemento estrutural básico e semicondutor empregado na manufatura da placa solar, por ser abundante e manufaturável do ponto de vista econômico para este fim.

O elemento silício é o mais empregado na construção de placas fotovoltaicas, pois ele tem boas características de absorção do espectro solar irradiado, além de ser amplamente utilizado na indústria eletrônica como um todo (GRAY, 2003, p.64).

Os elétrons do elemento silício, quando excitados pela radiação solar, circulam livremente pelo material semicondutor e uma vez criado um campo elétrico, ou seja, o movimento de elétrons que ocorre para fora da célula, caracteriza a geração da energia elétrica fotovoltaica (GRAY, 2003, p.65).

Esta movimentação de elétrons só é possível porque dois tipos de silício são utilizados na célula fotovoltaica: o silício tipo N, isto é, uma qualidade de silício com pequena quantidade de impurezas de elemento fósforo adicionado de maneira controlada; e o silício tipo P, semelhante ao anterior com pequena quantidade de impurezas de elemento boro (GRAY, 2003, p.83).

A Figura 1 abaixo apresenta o diagrama de uma célula fotovoltaica:

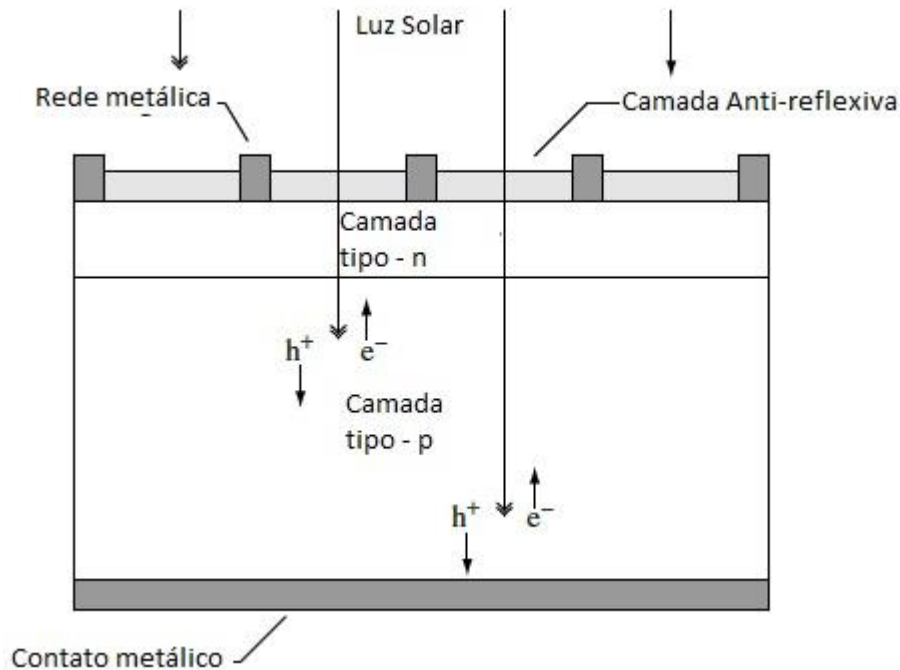


Figura 1 – Esquema de uma célula fotovoltaica

Fonte: GRAY, 2003, p.62.

Existem diversos tipos de silício produzidos para a manufatura de placas fotovoltaicas, e para cada tipo há uma determinada eficiência de conversão da energia solar atrelada à disposição dos cristais de silício. São eles: o silício monocristalino, com índices de eficiência que variam de 15% a 18%; o silício policristalino, com eficiência em torno de 12,5%; e o silício amorfo, com eficiência menor em relação aos dois tipos de silício mencionados (CRESESB, 2008).

Uma única placa fotovoltaica tem usualmente cerca de 4Wp de potência e produz tensão nominal por volta de 0,5V. Um módulo fotovoltaico é composto por muitas placas fotovoltaicas ligadas em série. Geralmente, cerca de 60 células formam um módulo de 230 a 260Wp, valor comum de potência entre os fabricantes, havendo também a variação da tensão nominal de acordo com cada fornecedor, variando de 29 a 32V.

Dessa forma, para a geração de energia fotovoltaica devem ser utilizados módulos fotovoltaicos que atendam aos índices de eficiência relacionados ao custo, características técnicas e à disponibilidade destes para a referida aplicação.

2.3 Micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil

A geração de energia elétrica no Brasil depende de grandes plantas de geração espalhadas em diversas localidades. No país, em específico, as grandes centrais hidrelétricas possuem papel de destaque neste sentido. Porém há outras fontes de geração relevantes, tais como as centrais termelétricas, com grande participação das fontes renováveis, como as usinas à biomassa de cana de açúcar.

Este modelo centralizado de geração de energia elétrica apresenta desafios à transmissão e à distribuição da energia gerada, em locais distantes dos centros de consumo. Desta maneira, o cenário de perdas técnicas da transmissão é aspecto relevante e constantemente vislumbrado pelo sistema elétrico brasileiro. Segundo dados da ANEEL³, o Brasil perde cerca de 15% da energia gerada e transmitida para as distribuidoras.

Os dados da Tabela 1 abaixo apresentam a atual estrutura de geração de energia elétrica no Brasil, por fonte de geração:

³ AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Brasília. **Medição, faturamento e combate a perdas comerciais**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1623>. Acesso em 26 de março de 2013.

Tabela 1 – Capacidade de geração de energia elétrica, por fonte

Geração	Usinas	Potência Fiscalizada (kW)	Participação (%)
Central Geradora Hidrelétrica (<1 MW)	410	242.627	0,2
Pequena Central Hidrelétrica (até 30 MW)	442	4.333.223	3,5
Usina Hidrelétrica (>30 MW)	204	80.203.243	65,0
Termoelétrica	1.657	34.475.549	28,0
Eólica	93	2.044.538	1,7
Nuclear	2	2.007.000	1,6
Fotovoltaica	14	7.586	0,01
Total	2.822	123.313.766	100

Fonte: ANEEL. Banco de Informação de Geração, 2013.

A participação das fontes de energia hidrelétrica, como as centrais geradoras hidrelétricas, as pequenas centrais hidrelétricas e as usinas hidrelétricas, constituem 68,8% da capacidade de geração da matriz brasileira. No entanto, essas fontes de geração usualmente encontram-se distantes dos pontos de consumo, já que necessitam de um corpo d'água para operação, além de pontos de acesso de transmissão para a conexão com o SIN.

A participação das fontes de geração fotovoltaica é muito pequena, conforme explicita a tabela acima, já que estes sistemas ainda encontram-se em difusão entre os agentes geradores.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede possuem a característica peculiar de inserir energia no SIN a partir de um local que ao mesmo tempo consome e produz energia elétrica. Assim, podem ser projetados sistemas fotovoltaicos de pequena ou média potência, como os residenciais e/ou domésticos, bem como de empresas, indústrias e organizações que possuam características viáveis de implantação, seja em área livre ou ocupada, tais como telhados de prédios e instalações.

O desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos interligados ao sistema permitirá não somente a geração no local de consumo, mas a participação efetiva do pequeno agente gerador na decisão de conectar-se ou desconectar-se do sistema, ou seja, no aumento ou diminuição da capacidade de geração do sistema elétrico.

Além disso, a geração distribuída de energia elétrica deverá impor um novo paradigma quanto à viabilidade econômica, técnica e ambiental de instalação de linhas de transmissão a lugares distantes, enquanto a implantação de sistemas fotovoltaicos poderá suprir necessidades pontuais de consumo.

No entanto, existem barreiras de natureza técnica, econômica e regulatórias à geração fotovoltaica no Brasil, por exemplo, a intermitência da geração de energia por sistemas fotovoltaicos é uma característica que implica em grandes variações de potência em espaços curtos de tempo, e que levam a um número maior de componentes de controle elétrico, aumentando a complexidade do sistema e reduzindo a vida útil de equipamentos transformadores (ABINEE, 2012, p.41).

Ainda com relação à intermitência, a inserção de fontes como a fotovoltaica, demandaria mais reserva energética para suprir as oscilações de geração, por parte do Operador Nacional do Sistema (ONS). As distribuidoras de energia elétrica também podem determinar regulamentos específicos para a inserção de energia fotovoltaica em suas redes (ver Item 3.3.1), o que pode resultar em uma dificuldade adicional à implantação destes sistemas.

A não existência de um mercado fotovoltaico de equipamentos consolidado, tais como módulos e inversores fabricados no Brasil, contribui para que os preços de implantação sejam ainda elevados e as taxas internas de retorno de investimento não atrativas (ver item 4.2).

O Governo Federal Brasileiro ainda não atribui um programa de incentivo específico para a energia fotovoltaica, o que também diminui a expectativa de uma rápida consolidação do mercado de energia fotovoltaica no país. As tarifas prêmio, comentadas no Item 4.2 deste trabalho, também não são consideradas pelo Governo Federal no presente momento para o incentivo à geração distribuída de energia elétrica, incluindo-se a geração fotovoltaica (JORNALDAENERGIA, 2013)

Portanto, a geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil, através da regulação determinada pela Resolução Normativa nº 482 deverá enfrentar barreiras de implantação sejam elas técnicas, econômicas e regulatórias.

2.4 Resolução Normativa Nº 482 ANEEL

A Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, doravante Resolução, é um instrumento da ANEEL, a agência reguladora e fiscalizadora do setor elétrico brasileiro, estabelecedor de condições gerais para que micro e minigeradores de energia elétrica possam acessar os sistemas de distribuição existentes, injetar energia na rede e integrar um sistema de compensação de energia, baseado no consumo *versus* geração.

A Resolução define que microgeração distribuída é constituída por uma central geradora de energia elétrica de potência instalada menor ou igual a 100kW, sendo gerada por uma fonte hidráulica, solar, eólica, de biomassa ou de cogeração qualificada, e conectada à rede (ANEEL, 2012, p.1).

A minigeração distribuída é definida pela Resolução de forma semelhante ao disposto acima, porém com potência instalada maior que 100kW e menor que 1MW (ANEEL, 2012, p.1).

A definição sobre o sistema de compensação de energia elétrica se dá através da geração de energia ativa que compense a relação de consumo e geração pela mesma unidade consumidora/geradora de energia elétrica (ANEEL, 2012, p.1).

A Resolução também determina que devem ser elaboradas ou revisadas as normas técnicas para o acesso às redes de distribuição, baseadas nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) e impõe prazos e condições para que as distribuidoras de energia elétrica atendam às solicitações de acesso à rede por parte dos micro e minigeradores (ANEEL, 2012, p.2).

Quanto ao sistema de compensação de energia elétrica, a Resolução apresenta que

o consumo a ser faturado, referente à energia elétrica ativa, é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto horário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes (ANEEL, 2012, p.2).

Salienta-se que a Resolução apresenta critérios para a medição de energia elétrica, sendo os custos referentes à adequação ao sistema de medição, de responsabilidade do proponente do projeto, cabendo à distribuidora manter e substituí-lo, quando necessário.

A Resolução apresenta ainda uma série de outros requisitos gerais aos micro e minigeradores de energia elétrica e às distribuidoras de energia, tendo como base de procedimentos de conexão e operação, o PRODIST.

Neste sentido, a iniciativa de gerar energia elétrica de origem fotovoltaica, eólica, hidráulica, de biomassa, ou de cogeração através da microgeração distribuída preconizada pela Resolução configura um impacto positivo que possibilita maior oferta de energia e diversificação da matriz energética do sistema elétrico brasileiro. Ressalte-se que o sistema de compensação de energia possibilita ao microgerador injetar energia na rede pelo mesmo preço que a compra, e o fluxo de caixa de investimento, portanto, será balizado com a referência de preço de compra de energia.

Porém, com relação à energia fotovoltaica há questões ainda não equacionadas entre os agentes de geração, distribuição e o Governo. A incidência de ICMS, imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços foi discutida pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), ao dia 5 de abril de 2012, e determinou-se que o tributo deve ser recolhido sobre o valor integral de energia transacionada, e não somente sobre o valor da compensação de energia prevista pela Resolução. Em outras palavras, a decisão do CONFAZ determina que mesmo que o microgerador gere energia e deduza-a sob o sistema de compensação vigente da Resolução, o ICMS não será cobrado pela diferença da energia consumida e a energia gerada, mas pelo total de energia operada. Isto se deve porque a decisão do CONFAZ determina que o ICMS seja cobrado na fatura pela energia comprada, ou

seja, aquela consumida da rede, independente de quanta energia seja injetada na mesma.

A decisão do CONFAZ impõe uma barreira econômica adicional ao microgerador de energia, pois ao tributar a energia utilizada da rede, deixa de desonerar um importante tributo para o custo do projeto, o que diminui a atratividade da implantação de sistemas de geração elegíveis à Resolução. Se a tributação ocorresse apenas sob a diferença entre o consumido e o injetado na rede, os custos tributários referentes à incidência de ICMS poderiam ser menores.

CAPÍTULO 3. ASPECTOS TÉCNICOS DA MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482

O presente capítulo apresenta uma breve descrição dos principais aspectos técnicos da micro e minigeração distribuída de energia elétrica fotovoltaica no Brasil, com vistas ao ambiente normativo preconizado pela Resolução Normativa Nº 482 da ANEEL, nos seguintes termos: “Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências”. (ANEEL, 2012, p.1)

Há que se comentar que os aspectos técnicos a que estão submetidos os microgeradores de energia fotovoltaica podem determinar a viabilidade de um projeto de geração de energia.

Diversos requisitos técnicos que devem ser analisados pelo proponente do projeto e são determinantes para a sua tomada de decisão, dentro do fundamento técnico de instalação, operação, manutenção e atendimento à segurança operacional do sistema elétrico conectado à rede.

Os principais aspectos técnicos considerados para instalações de capacidade menor ou igual a 1MW serão identificados e comentados abaixo, desde o momento da identificação do potencial de radiação solar existente no local, até as especificações de módulos fotovoltaicos e equipamentos de apoio, complexidade de operação e regulamentação técnica vigente para o correto funcionamento do sistema fotovoltaico micro ou minigerador.

3.1 Recurso solar

A radiação solar é um aspecto de absoluta relevância para a geração de energia fotovoltaica, uma vez que o seu padrão de comportamento e o tipo de equipamento utilizado durante uma dada base temporal definirão a quantidade de energia elétrica produzida, bem como a viabilidade técnica do projeto.

Segundo dados do Atlas Solarimétrico do Brasil, o país tem índices de radiação solar úteis para o aproveitamento energético e geração de energia elétrica. As variações de radiação são diferentes de região para região, sendo que no Nordeste esta sazonalidade é menor (UFPE, 2000).

As isolinhas da média de radiação global no Brasil são apresentadas pela Figura 2 e demonstram que as áreas que vão do Centro-Oeste brasileiro até o Nordeste têm índices de radiação na faixa de 18 MJ/m²/dia ou 5 kWh/m²/dia. Além destas regiões, verifica-se que o restante do país possui radiação global por volta de 16 MJ/m²/dia ou 4,44 kWh/m²/dia.

A radiação solar varia durante o dia, em função de parâmetros meteorológicos recorrentes ou não, das condições de gases e de materiais aerossóis presentes na atmosfera. A radiação também se altera de acordo com o regime das estações do ano, tendo maior ou menor disponibilidade energética na área avaliada.

Há experiências bem sucedidas realizadas pela Universidade de São Paulo (USP), através do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), quanto à geração de energia fotovoltaica. A irradiação solar anual média na região da USP, onde existe uma planta de geração fotovoltaica de 3 kWp de capacidade, é 4,52 kWh/m²/dia, um valor suficiente para a viabilização técnica para a geração fotovoltaica, em termos de disponibilidade do recurso solar (LISITA JÚNIOR, 2005).

Atualmente, existem softwares como o PVSyst, que modela e fornece dados sobre a geração de energia elétrica e perdas, de acordo com o arranjo fotovoltaico programado e a base de dados solarimétrica disponibilizada.

Existem inúmeras bases de dados solarimétricas⁴ disponíveis, sendo muitas delas de propriedade de organizações e instituições governamentais e privadas, tais como: a *NASA-SSE* da Agência Espacial Norte Americana (NASA), a *SolarGIS*, a *Meteonorm*, *WRDC*, entre outras, fornecendo informações meteorológicas de irradiação global, irradiação direta, temperatura ambiente, direção e velocidade dos ventos, em base horária ou mensal, para uma dada área.

Estes dados podem ser utilizados para os cálculos estimados da quantidade de energia gerada por um sistema fotovoltaico, a partir dos dados meteorológicos e da modelagem destes em softwares, tal como o citado anteriormente.

No Brasil, os dados solarimétricos podem ser consultados utilizando-se uma das ferramentas técnicas disponíveis que permitem a avaliação do recurso solar existente, tais como:

- Atlas de Irradiação Solar do Brasil, elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- Atlas Solarimétrico do Brasil, elaborado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em conjunto com a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf).

Os dados de irradiação de um determinado local serão úteis para os proponentes de projeto de geração de energia fotovoltaica, porém, há que se avaliar a real necessidade de aprofundamento das informações técnicas.

Um projeto de baixa capacidade e/ou potência e complexidade necessitará de um menor nível de informação técnica quanto aos dados meteorológicos e de irradiação no local do que um projeto de maior potência, maior número de arranjos, módulos e quantidade de energia gerada esperada.

Portanto, o entendimento da disponibilidade do recurso solar em uma dada região é um aspecto técnico relevante, pois influenciará na tomada de decisão

⁴ PVSYST PHOTOVOLTAIC SOFTWARE. **Source of Meteo data in hourly values**. 2013. Disponível em: <<http://www.pvsyst.com/en/publications/meteo-data-sources>>. Acesso em: 25 de abril de 2013.

de todo o sistema fotovoltaico, incluindo-se os equipamentos de geração (módulos fotovoltaicos) e a infraestrutura necessária de operação.

A Figura 2 abaixo apresenta a Carta Anual com radiação global diária, por média anual, em MJ/m².dia, proveniente do Mapa Solarimétrico do Brasil.

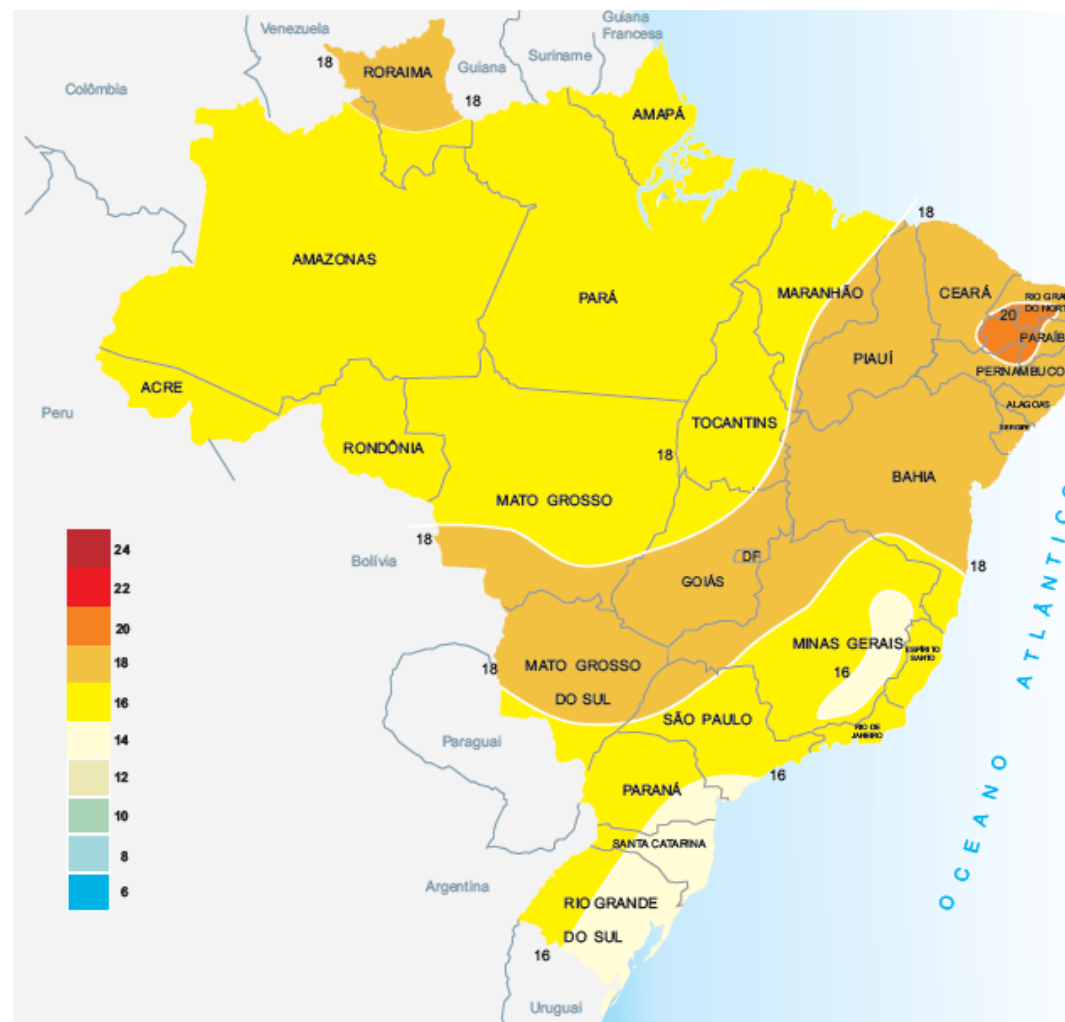


Figura 2 – Mapa Solarimétrico do Brasil – Carta Anual (radiação global diária, média anual – MJ/m².dia)

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (UFPE, 2000, p.59)

3.2 Especificação dos módulos fotovoltaicos

São inúmeros os tipos de módulos fotovoltaicos disponíveis no mercado para geração fotovoltaica de energia elétrica, com diferentes potências, tensão de saída, índices de eficiência, e garantia do fabricante, importados, muitos deles são de origem chinesa (MARTÍN; AGUILERA, 1998, p.71).

O módulo fotovoltaico mais comumente utilizado é o de silício policristalino⁵, pois é de custo mais baixo e oferece bons índices de eficiência, variando de fabricante para fabricante. Segundo dados da fornecedora REC GROUP⁶, os módulos podem ter eficiência variando de 14,2% a 15,8%, a depender da potência nominal de cada equipamento, e vida útil de funcionamento por volta de 20 a 25 anos.

A Tabela 2 a seguir demonstra alguns dados técnicos relevantes, usualmente apresentados pelos fabricantes de módulos, segregados por 6 modelos de módulos da REC GROUP.

⁵ Os módulos de silício monocristalino oferecem bons índices de eficiência, porém de custo mais elevado, já que o processo de fabricação do silício monocristalino necessita de maior grau de pureza do elemento e de maior demanda energética no processo de produção, o que eleva os custos finais para a comercialização. Além disso, o módulo monocristalino é indicado para usos mais específicos, tais como os concentradores solares.

Existem ainda os módulos fotovoltaicos de tecnologia de filme fino, isto é, de silício amorfo, com menor eficiência e custo, porém com maior capacidade de trabalho em altas temperaturas.

⁶.REC GROUP. **REC PEAK ENERGY SERIES**. 2013. Disponível em: <<http://www.recgroup.com/en/products/SolarPanels/recpeakenergyseries/>>. Acesso em: 1 de maio de 2013.

Tabela 2 – Especificações Técnicas de um Módulo Fotovoltaico

Parâmetro Elétrico	REC235P	REC240P	REC245P	REC250P	REC255P	REC260P
Potência Nominal - P_{MPP} (Wp)	235	240	245	250	255	260
Voltagem Nominal - V_{MPP} (V)	29,5	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7
Corrente Nominal - I_{MPP} (A)	8,06	8,17	8,23	8,3	8,42	8,5
Voltagem Circuito Aberto - V_{OC} (V)	36,6	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8
Corrente de Curto Circuito - I_{SC} (A)	8,66	8,75	8,8	8,86	8,95	9,01
Eficiência do Módulo (%)	14,2	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8
Temperatura Nominal de Operação da Célula (°C)	45,7 (± 2)					
Coeficiente de Temperatura P_{MPP} (%/°C)	-0,4					
Coeficiente de Temperatura V_{OC} (%/°C)	-0,27					
Coeficiente de Temperatura I_{SC} (%/°C)	0,024					

Valores de condição de teste com irradiância de 1000W/m² e temperatura de 25°C da célula

Fonte: REC GROUP, 2013

Em linhas gerais, o módulo fotovoltaico deverá ser escolhido com base na tecnologia de silício a ser utilizada, no recurso solar existente, na potência de geração pretendida, nos índices de eficiência de geração e nos coeficientes de perdas de operação e temperatura. Estes parâmetros diferem entre os fabricantes de módulos.

A disponibilidade do equipamento pelo fabricante, o arranjo fotovoltaico, a estrutura espacial disponível para posicionamento dos equipamentos, a energia específica⁷ e o fator de capacidade⁸ requeridos e as perdas estimadas poderão ser diferentes segundo o tipo de módulo escolhido.

⁷ O fator de capacidade pode ser definido como “a energia gerada em um determinado intervalo de tempo ($t_2 - t_1$) com a energia que poderia ser gerada na potência nominal de saída” (MACÊDO, 2006, p.59).

⁸ A energia específica pode ser definida através da relação de energia gerada (kWhe) pela potência nominal dos módulos (kWp), ou seja kWhe/kWp (MACÊDO, 2006, p.60).

3.3 Equipamentos de apoio

A geração de energia fotovoltaica realiza-se através da utilização de módulos fotovoltaicos⁹ para a conversão da radiação solar em energia elétrica. Porém, operam junto aos módulos fotovoltaicos, equipamentos de apoio necessários para a entrega da energia gerada à rede.

3.3.1 Inversor

O inversor tem como papel principal a conversão da energia de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), proveniente dos módulos. Porém, o inversor usualmente aplicado em sistemas fotovoltaicos não somente converte a energia, mas também realiza uma série de outras funções (PINTO NETO, 2012, p.36).

Dentre essas funções destacam-se: a inserção da energia gerada na rede, dentro dos parâmetros de tensão e frequência exigidos, a configuração de procedimentos de proteção elétrica para o sistema fotovoltaico gerador existente e à rede elétrica em caso de variações anormais, e a manutenção da máxima potência a ser inserida na rede (PINTO NETO, 2012, p.36).

Dentre as funções do inversor, deve ser destacada a de não permitir o ilhamento do sistema fotovoltaico, isto é, quando o sistema gerador continua operando mesmo isolado do restante do sistema elétrico de abastecimento. O ilhamento pode ser prejudicial para a rede da distribuidora, pois pode desestabilizar a tensão e frequência de trabalho desta, afetando a rede como um todo, e manter energizada uma linha onde existam operadores em manutenção, por exemplo. Por esta razão os inversores têm como item obrigatório dispositivos anti-ilhamento (UFJF, 2011)

⁹ Módulo fotovoltaico é um conjunto de células fotovoltaicas conectadas entre si, formando um conglomerado com potência e tensão maior.

Ainda segundo Neto, existem diferentes tipos de inversores¹⁰, quanto ao seu sistema de operação e tipo de ligação dos módulos fotovoltaico/inversor, conforme abaixo:

- Inversores comutados: operam conforme o estado de tensão da rede, e desta forma regulam a conexão do sistema fotovoltaico/rede;
- Inversores autocomutados: não dependem do estado de tensão da rede para controlar a conexão do sistema fotovoltaico/rede.

O arranjo fotovoltaico pode ser ligado ao inversor de várias maneiras e desta forma o Seguimento do Ponto de Máxima Potência (SPMP) da geração varia de acordo com o tipo de ligação sistema fotovoltaico/inversor, a saber:

- Ligação central: na qual todo o arranjo fotovoltaico converge para apenas um inversor antes da rede não permitindo o SPMP;
- Ligação em série: em que para cada determinada série de módulos fotovoltaicos conecta-se um inversor que efetua o SPMP;
- Multisérie: tipo ligação que conecta um inversor que compreende um SPMP em cada série de módulos existente, semelhante à ligação em série, porém, operando em apenas um equipamento único.

Os inversores ainda podem ser do tipo com transformador embutido ou do tipo sem transformador, a depender do tipo de ligação com a rede, forma de implantação, operação e complexidade do sistema fotovoltaico.

A classificação de um inversor também pode ser determinada pelo tipo de fonte de tensão.

O inversor [*tipo fonte de tensão*] é um sistema no qual o lado CC é uma fonte de tensão, podendo ser obtida do lado CA uma forma de onda de tensão de amplitude constante e largura variável. Já o [inversor] tipo de *fonte de corrente* é um sistema no qual o lado CC é uma fonte de

¹⁰ Maiores informações acerca de inversores poderão ser obtidas em consulta aos seguintes autores: PINTO NETO, A. F. C. **Qualificação e etiquetagem de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 141 p. Dissertação (Mestrado) - EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LISITA JÚNIOR, O. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede**: Estudo de caso – 3kWp instalados no estacionamento do IEE-USP. 77p. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

corrente e uma forma de onda de corrente de amplitude constante e largura variável pode ser obtida do lado CA (MACÊDO, 2006, p.22 – grifos nossos).

Os inversores tipo de “*fonte de tensão*” são mais usualmente empregados em sistemas conectados à rede, pois a saída de corrente contínua do gerador fotovoltaico é fonte de tensão (MACÊDO, 2006, p.22).

Os inversores podem ser instalados tanto junto aos módulos fotovoltaicos, diminuindo as chances de acidentes com a corrente contínua gerada, quanto em partes internas de edificações, por serem equipamentos de pequeno porte e de baixo ruído (LISITA JÚNIOR, 2005, p.31).

Dessa forma, a decisão pelo tipo de inversor a ser utilizado é fator técnico imprescindível ao funcionamento do sistema fotovoltaico. As características de conversão de energia, transformação, sincronia e conexão com a rede, bem como do dispositivo de segurança do sistema elétrico fotovoltaico e da rede fazem parte do processo decisório quanto ao tipo de equipamento escolhido.

A definição do tipo de inversor é um aspecto técnico importante para o sistema fotovoltaico. Alguns itens devem ser observados e influenciam diretamente no tipo de equipamento de inversão a ser escolhido, tais como:

- Potência instalada e potência de operação do inversor;
- Localização do inversor;
- Requisitos mínimos do PRODIST (Tabela 3)¹¹;
- Tipo de ligação módulo/inversor (central, em série ou multisérie).

¹¹ O inversor pode ou não conter os requisitos de proteção exigidos pelo PRODIST.

Tabela 3 – Requisitos mínimos PRODIST

Equipamento	Potência Instalada		
	Até 100 kW	101kW a 500kW	501kW a 1MW
Elemento de desconexão (1)	Sim	Sim	Sim
Elemento de Interrupção (2)	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim (3)	Sim (3)	Sim
Proteção de sub e sobrefrequencia	Sim (3)	Sim (3)	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Não	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim	Sim	Sim
Anti-ilhamento	Sim	Sim	Sim
Estudo de curto-circuito	Não	Sim (4)	Sim (4)
Medição	Sistema de medição bidirecional (6)	Medidor 4 quadrantes	Medidor 4 quadrantes
Ensaaios	Sim (5)	Sim (5)	Sim (5)

(1) Chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante a manutenção do sistema

(2) Elemento de interrupção automático acionado por proteção para microgeradores distribuídos e por comando e/ou proteção para minigeradores distribuídos

(3) Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletro-eletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção

(4) Se a norma da distribuidora indicar a necessidade de realização estudo de curto-circuito, cabe à acessada a responsabilidade pela sua execução

(5) O acessante deve apresentar certificados (nacionais ou internacionais) ou declaração do fabricante que os equipamentos foram ensaiados conforme normas técnicas brasileiras ou, a ausência, normas internacionais

(6) O sistema de medição bidirecional deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede

Fonte: PRODIST, Módulo 3, Revisão 5.

As distribuidoras de energia elétrica também podem exigir outros requisitos, além dos determinados pelo PRODIST, para a injeção de energia em suas redes através de normas técnicas específicas, possibilitada pela Resolução nº 482 da ANEEL. A AES Eletropaulo, por exemplo, determina que a forma de conexão seja feita em monofásica, bifásica ou trifásica para um sistema de 20kW. Porém a CPFL, determina que um sistema de 20kW deve injetar energia elétrica em sua rede somente em três fases.

Cada distribuidora pode determinar requisitos de conexão e parâmetros para inserção de energia em suas redes. A isto se deve a manutenção da qualidade da rede, evitando distúrbios como tensões e frequências, como as correntes harmônicas. No entanto, a imposição de um maior número de exigências para a inserção de energia na rede pode elevar os custos de implantação do sistema fotovoltaico, o que na prática é uma barreira adicional a ser avaliada.

Dessa forma, a determinação do inversor dependerá do enquadramento do equipamento com as características técnicas acima apresentadas e ainda do fabricante produtor de equipamento conforme.

3.3.2 Outros Equipamentos

A operação de um sistema fotovoltaico depende de outros equipamentos de apoio necessários a permitir a geração de energia, dentre eles:

- Estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos:

A atribuição do tipo de estrutura de suporte a ser utilizada e a complexidade do sistema fotovoltaico depende da potência a ser instalada e das características técnicas do local de instalação e operação como, por exemplo, a instalação em área livre ou em telhados e paredes.

A estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos interfere na operação do módulo, podendo esta ser fixa, gerando energia a partir um único ponto, ou

móvel, seguindo a radiação e aumentando a complexidade e custo do sistema.

A estrutura dos módulos deve ser capaz de suportar a massa dos painéis fotovoltaicos e as variações de velocidade do vento no local, caracterizando uma estrutura que garanta a segurança operacional e elétrica dos módulos e os acessos para montagem e manutenção (ALMEIDA, 2012, p.120).

- **Cabeamento e condução elétrica:**

O cabeamento é responsável pela condução da energia gerada até os pontos de conexão do sistema fotovoltaico com a rede. O cabeamento deve ser unipolar, possuir duplo isolamento, separados por polos, em eletrodutos distintos, projetados para haver caixa de passagem e conexões, isolamento a altas temperaturas (LISITA JÚNIOR, 2005, p.26).

Os eletrodutos que compõem um sistema fotovoltaico devem atender unicamente a esta instalação elétrica. As conexões elétricas, utilizadas entre dois condutores elétricos, não devem ter isolamento elétrico na sua extremidade (ALMEIDA, 2012, p.121).

A norma ABNT NBR 5410: 2008 – Instalações elétricas de baixa tensão – estabelece parâmetros para uma instalação de baixa tensão, devendo ser observadas e cumpridas no projeto de geração fotovoltaica.

- **Aterramento e equipotencialização:**

O aterramento da unidade geradora de energia fotovoltaica deve ser realizado em cumprimento à Norma ABNT NBR 5410, visando à segurança das pessoas e ao correto funcionamento do sistema fotovoltaico em operação.

A equipotencialização determina que todos os elementos de condução elétrica da instalação devem ter a mesma potência elétrica, sendo uma medida de proteção e segurança contra choques. Usualmente a equipotencialização liga-se ao sistema de aterramento (ALMEIDA, 2012, p.122).

- **Medidores elétricos:**

Os medidores elétricos fazem parte da conexão do sistema fotovoltaico em operação e da distribuidora de energia elétrica, bem como realizam a troca de

informações da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico, a energia utilizada pelo sistema consumidor e do balanço entre o consumido e o exportável à rede de distribuição elétrica.

- **Proteção elétrica:**

As proteções elétricas exigidas pelo PRODIST podem ser visualizadas na Tabela 3. Usualmente os inversores contam com uma série de proteções para o sistema fotovoltaico já configuradas de fábrica, justamente para atender as exigências usuais de um sistema elétrico, no que concerne à proteção às pessoas, à rede conectada e ao próprio sistema.

Conforme verificado, são inúmeros os aspectos a serem considerados em uma instalação elétrica fotovoltaica. A escolha dos tipos de materiais a ser utilizados é feita pelo projetista, operador e usuário do sistema fotovoltaico em questão, embora as características técnicas, garantidoras da segurança operacional, já estejam definidas pelas normas existentes e obrigatórias, tais como a ABNT NBR 5410 e o PRODIST, devendo sobretudo serem observadas e aplicadas.

Conforme determina a PRODIST, as exigências técnicas específicas de um projeto podem ser confrontadas pela distribuidora de energia elétrica, ou seja, aquela que disponibiliza a rede elétrica para acesso do microgerador de energia fotovoltaica, e os ajustes técnicos de projeto podem ser realizados quando da solicitação de acesso para conexão com a rede.

3.4 Posicionamento, comissionamento e operação

3.4.1 Posicionamento

O posicionamento dos módulos fotovoltaicos na planta de geração deverá ser realizado levando-se em conta uma série de fatores, dentre eles:

- Disponibilidade espacial para os geradores fotovoltaicos, levando-se em conta a estrutura de suporte dos módulos;
- Local de fácil acesso para os equipamentos de proteção elétrica e inversores, conectados aos módulos;
- Aspecto arquitetônico¹² do local.

As características do local de implantação do sistema fotovoltaico podem ser agentes limitantes da quantidade de energia gerada pelo sistema, como, por exemplo, alterações de natureza estética que levam a modificações do ângulo de inclinação do módulo (β) e o azimute (γ).

3.4.2 Comissionamento

O comissionamento do sistema fotovoltaico deverá ser realizado em cumprimento às exigências técnicas de projeto e de forma a garantir a segurança da operação elétrica.

A conexão com a rede distribuidora deverá observar os procedimentos e exigências presentes no Módulo 3 do PRODIST para cada acesso de um sistema microgerador de energia elétrica na rede da distribuidora. As variadas etapas de conexão dependem da comunicação entre o acessante (proponente do projeto de geração fotovoltaica) e a acessada (distribuidora).

A PRODIST define as seguintes etapas do processo de solicitação de acesso para micro ou minigeração distribuída, conforme a seguir:

1. Solicitação de acesso:
 - a. Formalização da solicitação de acesso através do envio das informações do projeto, documentação e estudos realizados pelo acessante;

¹² Há que se avaliar a interação dos módulos com a arquitetura do local de implantação da planta. Alguns locais podem não conferir bom aspecto estético entre o conjunto predial e os módulos.

- b. A distribuidora recebe a documentação de solicitação de acesso;
- c. Solução das pendências existentes no projeto, tal como o cumprimento das requisições exigidas pela Seção 3.3 da PRODIST¹³, em até 60 dias após a ação anterior.

2. Parecer de acesso:

A distribuidora deve emitir o parecer de acesso que determina as condições de acesso para a rede acessante em até 30 dias se não houver necessidade de alterações ou reformas no sistema acessante, e em 60 dias após a execução de obras ou reformas na conexão com a rede.

3. Contratos:

Em até 90 dias após a emissão do parecer de acesso deve ser assinado o contrato entre a acessante e a distribuidora, nas conformidades constantes na Seção 3.7, subitem 8 do PRODIST.

4. Implantação da conexão:

- a. O acessante deverá requisitar a solicitação de vistoria;
- b. A distribuidora deverá realizar a vistoria em até 30 dias;
- c. A distribuidora deverá emitir o Relatório de Vistoria após 15 dias da vistoria.

5. Aprovação do ponto de conexão:

- a. O acessante deverá adequar a sua instalação e o sistema de acordo com o requisitado pelo Relatório de Vistoria;
- b. A distribuidora deverá conectar o acessante à rede em até 7 dias depois de verificada a adequação definida.

¹³ A Seção 3.3 do PRODIST define os requisitos de projeto, redes, subestação (se aplicável), sistemas de proteção e controle de um ponto de conexão do sistema fotovoltaico com a rede da distribuidora.

3.4.3 Operação

A operação do sistema fotovoltaico é controlada pelos equipamentos de apoio do sistema, e, conforme já citado anteriormente, usualmente este controle fica a cargo do inversor de corrente da planta. A conexão e desconexão do sistema fotovoltaico também poderá ser realizada, inclusive, pelo inversor ou manualmente, de acordo com os parâmetros de operação do sistema fotovoltaico e com a rede elétrica da distribuidora.

Pode-se afirmar que uma vez iniciadas as operações do sistema fotovoltaico, prontamente deverá haver disponibilidade de energia gerada, já que o recurso solar é combustível fundamental.

CAPÍTULO 4. O PAPEL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NO INCENTIVO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Este capítulo apresenta a ANEEL, agência estatal de regulamentação e fiscalização dos agentes de geração, transmissão, distribuição e comercialização do setor elétrico brasileiro¹⁴, e perfaz uma breve descrição do papel deste organismo como fomentador da geração distribuída de energia no Brasil.

4.1 Fiscalização e qualidade

A Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL, é uma autarquia federal atrelada ao Ministério das Minas e Energia, criada pela Lei nº 9.427/1996 e pelo Decreto nº 2.335/1997 para realizar a regulamentação do setor elétrico brasileiro, bem como fiscalizar os agentes de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no Brasil. A missão da ANEEL é “proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade” (ANEEL, 2012, p.12).

A ANEEL regula os agentes acima citados por meio de quatro tipos de atos regulatórios, a saber (ANEEL, 2012, p. 38):

- Resoluções Normativas: objetivam aprovar regras e procedimentos técnico-comerciais e leilões de energia;
- Resoluções Autorizativas: autorizam atividades ou atos requeridos pelos agentes;

¹⁴ Este trabalho define o setor elétrico brasileiro como sendo constituído por todos os agentes de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, conectados ao SIN ou isolados da rede.

- Resoluções Homologatórias: reconhecem a legalidade de atos jurídicos, como reajustes, revisões tarifárias e assinatura da renovação de contratos de concessão já existentes;
- Despachos: informam procedimentos técnicos, aprovação de projetos, programas de pesquisa, registro e homologação de contratos de compra e venda de energia elétrica e outros assuntos.

A regulação do setor elétrico pressupõe a manutenção de níveis de qualidade pelos agentes de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia. A continuidade do fornecimento de energia elétrica, usualmente medida pelas interrupções da rede, bem como a conformidade da tensão de fornecimento e o atendimento ao consumidor são as principais medidas de controle para a determinação da qualidade do serviço prestado (PINHEIRO, 2012, p.5-6).

Neste contexto, a ANEEL realiza a fiscalização do setor elétrico para que sejam cumpridas as determinações de qualidade de serviço, custos, prazos e segurança operacional. Os mecanismos de atuação da agência para fiscalização do setor serão brevemente apresentados a seguir (ANEEL, 2012, p. 76-81):

- Fiscalização da geração:

Os serviços de geração são fiscalizados pela agência em visitas físicas, ou seja, diretamente na planta de geração, ou através de monitoramento à distância, com base em informações disponibilizadas pelo gerador.

A autarquia federal fiscaliza os procedimentos técnicos de operação, manutenção, conservação, segurança operacional e conformidade à legislação e às normas aplicáveis para as usinas em operação. Já as usinas em fase de instalação são fiscalizadas quanto ao cumprimento das obrigações definidas nos atos de autorização e quanto ao cronograma de implantação.

- Fiscalização da transmissão:

As ações de fiscalização quanto à transmissão de energia elétrica são realizadas pelo corpo de profissionais da ANEEL diretamente no local, de acordo com o que preconiza a legislação vigente. As fiscalizações ocorrem periodicamente nas instalações das empresas de transmissão, sendo

verificados aspectos de perturbações na linha, ocorrências, obras nas linhas e nas subestações, estado dos equipamentos e outras ações necessárias à manutenção das operações e segurança.

- Fiscalização da distribuição:

A fiscalização das operações de distribuição de energia é realizada pela ANEEL junto às instalações das empresas, por meio da análise das rotinas e procedimentos operacionais, entrevistas aos funcionários, desempenho dos sistemas de atuação, equipamentos, cumprimento de contratos, validação dos ativos financeiros das concessionárias e indicadores de conformidade de tensão, continuidade de fornecimento e qualidade do atendimento telefônico.

Ainda neste quesito, a ANEEL avalia periodicamente a qualidade técnica e comercial dos serviços prestados pelas concessionárias, o cumprimento das ações dos programas de eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento e programas de universalização do atendimento.

- Fiscalização econômico-financeira:

As fiscalizações desta natureza consistem em manter a gestão das concessões do serviço público de fornecimento de energia elétrica quanto à conformidade regulatória de origem econômico-financeira dos agentes, das tarifas e das licitações do setor elétrico.

- Autos de infração:

As penalidades impostas pela ANEEL são resultado das ações de fiscalização explicitadas acima. A Tabela 4 abaixo apresenta os montantes financeiros aportados pela agência na aplicação de autos de infração desde 1998 até 2011.

Tabela 4 – Autos de Infração, ANEEL, 1998 a 2011

Ano	Quantidade de Autos de Infração	Valor (em R\$)
1998	4	1.075.222
1999	94	31.591.444
2000	51	25.179.292
2001	55	26.774.587
2002	179	54.180.020
2003	99	83.024.409
2004	73	45.484.216
2005	89	53.637.075
2006	88	71.806.377
2007	176	71.049.224
2008	384	106.712.100
2009	389	227.761.386
2010	322	342.578.247
2011	246	270.238.954
Total	2.249	1.411.092.553

Fonte: ANEEL, 2012, p.80

A Tabela 4 demonstra que até 2011 foram aplicadas 2.249 multas, com valores acumulados de aproximadamente 1,4 bilhão de reais. A ANEEL pode realizar as ações acima mencionadas através da atuação de equipe própria, por meio de consultorias terceirizadas ou de forma descentralizada, através das agências regulatórias estaduais conveniadas.

4.2 Incentivo à geração distribuída a partir da Resolução Normativa nº 482

A geração distribuída de energia elétrica poderá ser uma importante ferramenta de disponibilização de energia elétrica proveniente de pequenas usinas ou pequenos sistemas fotovoltaicos em particular para a matriz energética brasileira. A Resolução Normativa nº 482 traz a regulamentação necessária para o fomento deste tipo de geração para o consumidor-gerador.

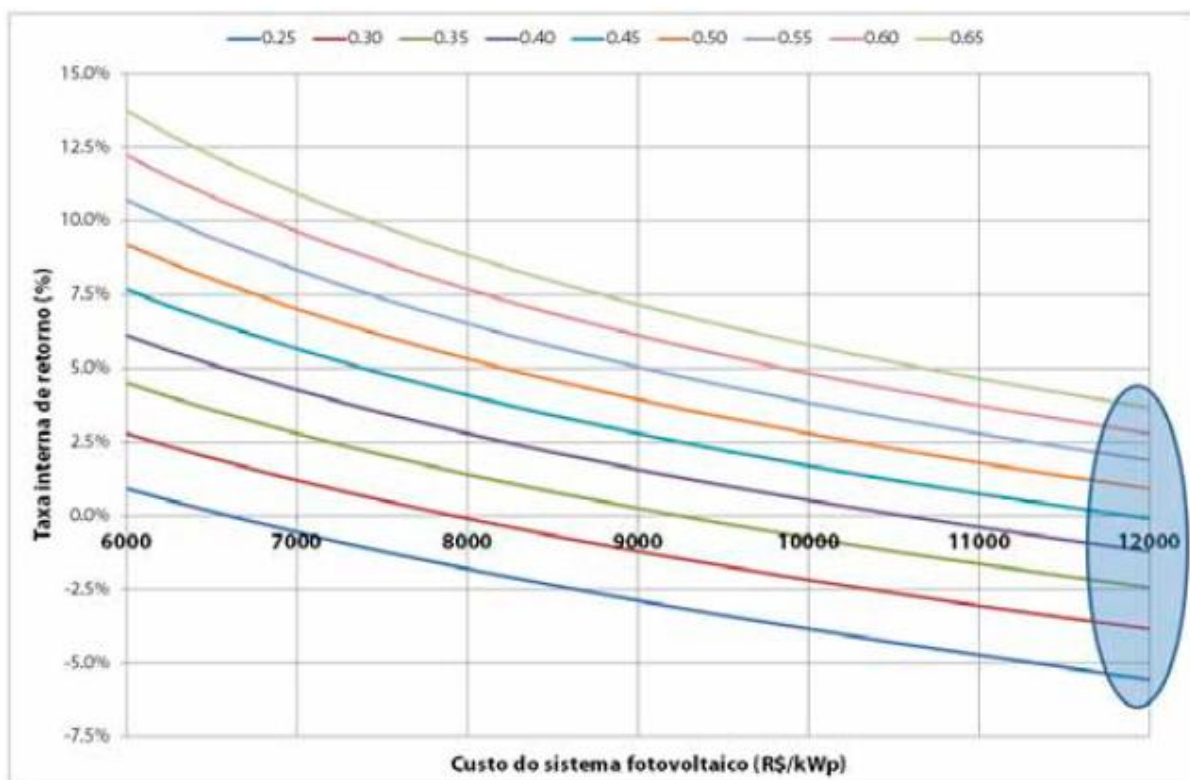
As barreiras existentes para a ampliação da geração distribuída são de ordem técnica, econômicas e de regulação. A origem dessas barreiras encontra-se, dentre outros aspectos, na dificuldade das concessionárias, prestadoras de serviços de eletricidade, em adequar-se do ponto de vista de planejamento e operacionalização da geração *in loco* da energia a ser consumida (OLIVEIRA, 2002, p. 66).

As barreiras econômicas, isto é, aquelas que viabilizam um projeto de geração distribuída, são muito provavelmente a maior dificuldade dos proponentes de projeto desta natureza. Isto se deve à ainda incipiente experiência com a geração distribuída do mercado brasileiro de energia elétrica, da ANEEL, e finalmente dos potenciais consumidores-geradores.

As despesas de capital (CAPEX), ou seja, os custos dos equipamentos e instalação e o custo de capital ainda são barreiras econômicas à geração distribuída. As taxas internas de retorno (TIR) de investimento variam de projeto para projeto, principalmente com relação ao tipo de fonte de geração, isto é, hidráulica, solar, eólica, de biomassa ou de cogeração qualificada.

A Figura 3 abaixo apresenta um exemplo da TIR e o custo de um sistema fotovoltaico (R\$/kWp), considerando-se o preço da tarifa de energia elétrica da concessionária (com impostos)¹⁵.

¹⁵ São considerados dados de tarifas da ordem de 0,65 R\$/kWh, valores intermediários - 0,50 R\$/kWh e valores mais baixos, como 0,40 R\$/kWh. Além disso, o fator de capacidade considerado é de 15%, usina com vida útil de 30 anos e custos de operação e manutenção (O&M) em 1% anual sobre o investimento inicial, conforme: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Disponível em: < <http://www.abinee.org.br/noticias/com133.htm>>. Acesso em: 12 de Maio de 2013.



Fonte: ABINEE, 2012, p.44.

Figura 3 – Custo do Sistema Fotovoltaico versus Taxa Interna de Retorno

É perceptível a questão econômica explicitada pela **Figura 3** (área em azul) quanto ao custo de implantação do sistema fotovoltaico e o comportamento da TIR. Há momentos que a TIR cai abaixo da linha dos 6%, tornando pouco atrativo o investimento na geração fotovoltaica de energia elétrica.

Do ponto de vista da regulação, parece razoável, no entanto, afirmar que a Resolução mencionada determina um novo cenário, no que concerne ao incentivo à geração distribuída de energia elétrica no país. As fontes de geração hidráulica, solar, eólica, de biomassa ou de cogeração qualificada são o foco imediato do esforço regulatório proposto pela Resolução.

Embora a Resolução estabeleça um sistema de compensação de créditos de energia, não devem ser excluídos outros sistemas de incentivo à geração distribuída de energia elétrica, tais como o mecanismo de tarifa prêmio (*feed in*), linhas de financiamento e incentivos tributários, brevemente expostos a seguir:

- As tarifas prêmio são largamente empregadas em diversos países do mundo para o incentivo da geração de energia elétrica. A Alemanha é notadamente

reconhecida como condutora de um processo de inserção de energia elétrica fotovoltaica em sua matriz energética, através do uso deste tipo de tarifa, onde é oferecido um valor maior (prêmio) aos geradores de energia fotovoltaica.

O prêmio, ou seja, o valor maior da tarifa de energia é um incentivo a este tipo de geração, e impulsionou o mercado alemão de energia fotovoltaica nos anos 2000, a partir da criação da Lei Alemã de Energias Renováveis. O incentivo fez com que este país obtivesse um incremento significativo da geração fotovoltaica de energia elétrica, da ordem de 17.200 MWp instalados. No entanto, as diretrizes da lei alemã determinam que devem ser realizados cortes sazonais nos preços da tarifa, fazendo com que se desenvolva o mercado de energia fotovoltaica e, conseqüentemente, a redução em escala do preço final de produção (ABINEE, 2012, p.81).

- A disponibilização de linhas de financiamento específicas e incentivos tributários para o gerador fotovoltaico são bastante difundidas nos Estados Unidos. Alguns estados deste país promovem incentivos tributários e direcionam linhas de financiamento de forma que seja incentivada a instalação deste tipo de sistema de geração, contribuindo também para o fortalecimento do mercado de equipamentos fotovoltaicos no país.
- O conceito de *Net Metering*, ou seja, a injeção da energia excedente na rede, produzida por um sistema fotovoltaico, semelhante ao disposto pela Resolução Normativa nº 482, também tem sido empregado nos Estados de Nova Jersey e Califórnia, nos Estados Unidos, e contribuem para o direcionamento da geração distribuída de energia elétrica. Em outras palavras, a geração no local de consumo.
- Os certificados de energia renovável são um tipo de mecanismo de incentivo baseado na produção de energia renovável em um determinado local. Nos Estados Unidos, estes certificados têm sido negociados livremente no mercado, pois a determinação do preço segue a lei de oferta e demanda, sendo o Estado apenas responsável pela determinação da demanda de geração renovável.

Os créditos possuem menor risco, já que usualmente os geradores são registrados e fiscalizados pelas agências regulatórias. O crédito de energia renovável será procurado no mercado a partir da demanda de energia renovável a ser consumida em determinado local.

Os mecanismos de incentivo acima mencionados são os mais usualmente empregados pelos países que promovem a inserção de energia fotovoltaica na rede ou na geração de energia em lugares remotos ou desconectados.

O Brasil, através da Resolução Normativa nº 482, regulamenta o sistema de compensação de energia elétrica fotovoltaica (conceito *Net Metering*) e passa a incentivar este tipo de geração no país. Outras questões deverão ser abordadas para a inserção de energia fotovoltaica na rede, dada a incipiência do assunto para a matriz elétrica brasileira.

Porém existem barreiras que deverão ser equacionadas, tais como a normatização das distribuidoras quanto à inserção da energia em suas redes, a incidência de impostos como o ICMS pelos Estados da Federação, os efeitos da desoneração de outros tributos na cadeia de equipamentos utilizados, o nível de nacionalização dos equipamentos, o alto custo de implantação causado pela tributação e custo de capital, política pública definida de micro e minigeração integrando esforços do Governo e os estímulos necessários ao desenvolvimento de um mercado fotovoltaico no Brasil.

CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil se apresenta como uma nova via de acesso aos possíveis geradores-consumidores de energia no país. Isto porque, resumidamente, o consumidor gera energia nos horários em que ocorre a irradiação solar e consome o tempo todo. Quando o consumo é maior do que a geração, o consumidor paga a tarifa de energia usual, e quando o contrário ocorre, adquire créditos que podem ser utilizados quando consumir mais do que gerar.

A Resolução Normativa nº 482 regulamenta o processo acima descrito e introduz o conceito de *Net Metering* no país, visando ao incentivo à geração deste tipo de fonte de energia renovável no sistema conectado à rede.

O panorama acima exposto é novo para a agência fiscalizadora e regulamentadora do sistema elétrico, a ANEEL, que aparentemente reproduz a experiência de *Net Metering* verificada em outros países, como os Estados Unidos. A ANEEL, nesse contexto, cria marco regulatório inicial para o incentivo da geração de energia fotovoltaica no país em sistemas conectados à rede.

Existem outros tipos de mecanismos de incentivo, como o da tarifa prêmio (*feed-in*), abordado no Item 4.2, uma realidade na Alemanha para as fontes de geração de energias renováveis. Este país, incentivador da geração fotovoltaica de energia, criou um ambiente econômico e técnico para a difusão da geração fotovoltaica e tem mantido índices de crescimento do negócio fotovoltaico no país. Prova disso é o aumento da produção de módulos fotovoltaicos e de equipamentos de suporte de sistema, como os inversores (ABINEE, 2012, p.82).

A geração de energia fotovoltaica também conta com o viés climático relacionado à sua nula emissão de gases de efeito estufa durante a operação, o que influencia, em larga escala de geração, a redução do fator médio de emissão de gases de efeito estufa na geração de energia, em uma dada matriz elétrica. O Brasil conta com um sistema elétrico de geração com altos índices de despacho de energia renovável, cerca de 72% em 2013 (ver Tabela 1), o que implica um baixo

fator de emissão de gases de efeito estufa para geração de energia elétrica, 0,0653tCO₂e/MWh, em 2012 (MCT, 2012).

No entanto, outros aspectos devem ser observados no que tange à implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, à luz da Resolução supramencionada. Aspectos de caráter técnico serão decisivos para a tomada de decisão da instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência, instalação industrial ou comercial.

A disponibilidade de irradiação no local deve ser suficiente para a geração, utilizando-se para isto bases de dados confiáveis, tal como o Atlas Solarimétrico do Brasil, criado pela UFPE, ou bancos de dados, tais como os encontrados no sítio da internet do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB).

A partir da informação da irradiação no local, devem ser observados também aspectos relacionados aos módulos fotovoltaicos e equipamentos de apoio, tais como os inversores. A variação dos tipos de inversores pode ser verificada brevemente no Item 3.3.1 deste trabalho.

A posição de captação da irradiação solar é fundamental para a manutenção da eficiência de conversão dos módulos fotovoltaicos. Isto porque, a posição de instalação, virada a Norte, e com inclinação igual à latitude do local, são diretamente influentes na geração de energia pelo sistema.

Outros aspectos devem ser observados, tais como a estrutura necessária para o comissionamento do sistema e a operação. Devem ser obedecidos os requisitos determinados pela PRODIST, conteúdo exposto no Item 3.4.1.

Abaixo, expõem-se algumas determinações da Resolução, que (ABINEE, 2012, p.97):

- Simplifica o *Processo de Registro* do autoprodutor;
- Torna não obrigatórias as etapas de *Acesso e Informação de Acesso*;
- Determina a não cobrança de taxas para o *Parecer de Acesso* dado pela distribuidora;
- Dispensa a celebração de *Contrato de Conexão ao Sistema de Distribuição* (CCD), e do *Contrato de Uso do Sistema de Distribuição* (CUSD);

- Torna não obrigatórios *Estudos Elétricos* para geradores conectados à baixa tensão, até 100kW;

Não obstante, a escolha dos equipamentos a serem utilizados deve passar por critérios técnicos, como os abordados por este trabalho, porém, notadamente os aspectos econômicos de custos de aquisição e implantação do sistema fotovoltaico devem ser considerados. A taxa interna de retorno (TIR) ou tempo de retorno de pagamento (*payback*) de um sistema de geração fotovoltaico conectado à rede dependerá dos custos de implantação (CAPEX), da geração efetiva de energia (descontadas as perdas usuais), e da tarifa de energia aplicável ao sistema. Este assunto é brevemente exposto no Item 4.2 deste trabalho.

De forma geral, o Brasil não só cria um ambiente regulatório favorável à geração de energia fotovoltaica em sistemas conectados, mas também contribui para a diversificação da matriz energética nacional e para o incentivo da chamada geração distribuída de energia. Porém, ainda são necessários esforços da ANEEL, do Governo Federal em conjunto com a Indústria Nacional e dos agentes de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, no sentido de viabilizarem comercialmente o surgimento de uma indústria de produção de equipamentos fotovoltaicos, tais como módulos e inversores, e a efetiva implantação de um número significativo de micro e minigeradores de energia fotovoltaica no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AES ELETROPAULO. **NT - 6.012**: Requisitos Mínimos para Interligação de Microgeração e Minigeração Distribuída com a Rede de Distribuição da AES Eletropaulo com Paralelismo Permanente Através do Uso de Inversores - Consumidores de Média e de Baixa Tensão. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Disponível em: < <http://www.abinee.org.br/noticias/com133.htm>>. Acesso em: 12 de Maio de 2013.

ALMEIDA, M. P. **Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. 171p. Dissertação (Mestrado) - EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL: Banco de dados solarimétricos. /coordenador. Chigueru Tiba; et al. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. p.111.

BARROS, L. V; ZILLES, R. **As redes inteligentes e o novo consumidor de energia**: Qual o papel das distribuidoras? In: IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferência Latino-Americana da ISES, 2012, São Paulo. Artigo. São Paulo, 2012. 6p.

BENEDITO, R. S. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório**. 108 p. Dissertação (Mestrado) – EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Nº 482 de 17 de Abril de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST - Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de dezembro de 2012. Seção 1, p. 121, v. 149, n. 241.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Nº 482 de 17 de Abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 de abril de 2012. Seção 1, p. 53, v. 149, n. 76.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL). **Norma Técnica:** Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. São Paulo, 2012.

CRESESB. **Energia solar fotovoltaica.** 2008. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=321>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2013.

DUFFIE, J.; BECKMAN, W. **Solar Engineering of Thermal Processes.** New York, USA, 2ª edição: John Wiley and Sons, 1991.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica EPE** – Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro, 2012.

GRAY, J. L. **The Physics of the Solar Cell.** 52p. Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 2003.

IPCC. **Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation of Climate Change.** Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch1s1-3.html>. Acesso em: 9 de janeiro de 2013.

JORNAL DA ENERGIA. **Tomalsquim: Governo abre espaço para solar e lixo no A-3.** Disponível em: <http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=13939&id_secao=2>. Acesso em: 15 de julho de 2013.

LISITA JÚNIOR, O. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede:** Estudo de caso – 3kWp instalados no estacionamento do IEE-USP. 77p. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MACÊDO, W. N. **Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** 183p. Dissertação (Doutorado) - EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MARTÍN, E. C.; AGUILERA, M. Á. E. **Edificios Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica:** Características y Posibilidades Energéticas. 83p. Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, 1998.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Arquivos dos Fatores de Emissão.** 2013. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>. Acesso em 20 de maio de 2013.

OLIVEIRA, S. H. F. **Geração distribuída de eletricidade;** Inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no Estado de São Paulo. 198p. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Univerisade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PINHEIRO, T. M. M. **Regulação por Incentivo à Qualidade:** Comparação de Eficiência entre Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil. 157 p. Dissertação (Mestrado). – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PINTO NETO, A. F. C. **Qualificação e etiquetagem de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** 141 p. Dissertação (Mestrado) - EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PVSYST PHOTOVOLTAIC SOFTWARE, **Source of Meteo data in hourly values.** 2013. Disponível em: <<http://www.pvsyst.com/en/publications/meteo-data-sources>>. Acesso em: 25 de abril de 2013.

REC GROUP. **REC PEAK ENERGY SERIES.** 2013. Disponível em: <<http://www.recgroup.com/en/products/SolarPanels/recpeakenergyseries/>>. Acesso em: 1 de maio de 2013.

RELATÓRIO ANEEL 2011 / AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Brasília: ANEEL, 2012.

ROSA, D. J. M. **Caracterização da Radiação Solar:** O caso da Cidade Universitária/USP e da Ilha do Cardoso/Cananéia. 97 p. Dissertação (Mestrado) - EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ROSA, D. J. M.; ZILLES, R. **Caracterização da Energia Solar Disponível na Região do Lagamar, Município de Cananéia.** In: 4º Encontro de Energia no Meio Rural AGRENER, 2002, Campinas. Anais do 4º Encontro de Energia no Meio Rural AGRENER, 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUÍZ DE FORA (UFJF). **Condicionamento da Energia Solar Fotovoltaica para Sistemas Interligados à Rede Elétrica.** Disponível em: <<http://www.ufjf.br/labsolar/2011/05/26/condicionamento/>>. Acesso em: 15 de julho de 2013.

ANEXO A – Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, de 17 de Abril
de 2012

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

[Texto Atualizado](#)

[Módulos do PRODIST](#)

[Voto](#)

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto na Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no art. 4º, inciso XX, Anexo I, do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, no Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, o que consta no Processo nº 48500.004924/2010-51 e considerando:

as contribuições recebidas na Consulta Pública nº [15/2010](#), realizada por intercâmbio documental no período de 10 de setembro a 9 de novembro de 2010 e

as contribuições recebidas na Audiência Pública nº [42/2011](#), realizadas no período de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011, resolve:

CAPÍTULO I

DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. .

Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

~~III – sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa.~~

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

CAPÍTULO II

DO ACESSO AOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Art. 3º As distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais.

§1º O prazo para a distribuidora efetuar as alterações de que trata o *caput* e publicar as referidas normas técnicas em seu endereço eletrônico é de 240 (duzentos e quarenta) dias, contados da publicação desta Resolução.

§2º Após o prazo do § 1º, a distribuidora deverá atender às solicitações de acesso para microgeradores e minigeradores distribuídos nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

~~Art.4º Fica dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão para a central geradora que participe do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora, nos termos do Capítulo III, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores.~~

Art.4º Fica dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para a microgeração e minigeração distribuída que participe do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora, nos termos do Capítulo III, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

§1º A potência instalada da microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica fica limitada à carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B, ou à demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

§2º Caso o consumidor deseje instalar microgeração ou minigeração distribuída com potência superior ao limite estabelecido no §1º, deve solicitar aumento da carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B, ou aumento da demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

~~Art. 5º Caso seja necessário realizar ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função da conexão de centrais geradoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica, a distribuidora deverá observar o disposto no Módulo 3 do PRODIST.~~

Art. 5º Quando da conexão de nova unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, ou no caso do §2º do art. 4º, aplicam-se as regras de participação financeira do consumidor definidas em regulamento específico. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

Parágrafo único. Os custos de eventuais ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica não deverão fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

CAPÍTULO III

DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

~~Art. 6º O consumidor poderá aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, observadas as disposições desta Resolução.~~

Art. 6º O consumidor poderá aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, observadas as disposições desta Resolução. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 (trinta e seis) meses. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

§2º A adesão ao sistema de compensação de energia elétrica não se aplica aos consumidores livres ou especiais. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

Art. 7º No faturamento de unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica deverão ser observados os seguintes procedimentos:

~~II — o consumo a ser faturado, referente à energia elétrica ativa, é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto horário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes.~~

~~III — caso a energia ativa injetada em um determinado posto horário seja superior à energia ativa consumida, a diferença deverá ser utilizada, preferencialmente, para compensação em outros postos horários dentro do mesmo ciclo de faturamento, devendo, ainda, ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia, se houver.~~

~~IV — os montantes de energia ativa injetada que não tenham sido compensados na própria unidade consumidora poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para este fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, ou cujas unidades consumidoras forem reunidas por comunhão de interesses de fato ou de direito.~~

~~V — o consumidor deverá definir a ordem de prioridade das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica.~~

~~VI — os créditos de energia ativa gerada por meio do sistema de compensação de energia elétrica expirarão 36 (trinta e seis) meses após a data do faturamento, não fazendo jus o consumidor a qualquer forma de compensação após o seu vencimento, e serão revertidos em prol da modicidade tarifária.~~

~~VII - a fatura deverá conter a informação de eventual saldo positivo de energia ativa para o ciclo subsequente, em quilowatt-hora (kWh), por posto horário, quando for o caso, e também o total de créditos que expirarão no próximo ciclo.~~

~~VIII - os montantes líquidos apurados no sistema de compensação de energia serão considerados no cálculo da sobrecontratação de energia para efeitos tarifários, sem reflexos na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE, devendo ser registrados contabilmente, pela distribuidora, conforme disposto no Manual de Contabilidade do Serviço Público de Energia Elétrica.~~

I - deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A, conforme o caso.

II - o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto tarifário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

III - caso existam postos tarifários e a energia ativa injetada em um determinado posto tarifário seja superior à consumida, a diferença deverá ser utilizada para compensação em outros postos tarifários dentro do mesmo ciclo de faturamento, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia – TE, conforme definição da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, se houver. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

IV - os montantes de energia ativa injetada que não tenham sido compensados na própria unidade consumidora poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

V - o consumidor deverá definir a ordem de prioridade das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica, devendo a unidade consumidora onde se encontra instalada a geração ser a primeira a ter seu consumo compensado. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

VI - em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia – TE para diferentes postos tarifários de uma mesma unidade consumidora, conforme definição da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, se houver. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

VII - os créditos de energia ativa resultantes após compensação em todos os postos tarifários e em todas as demais unidades consumidoras, conforme incisos II a VI, expirarão 36 (trinta e seis) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo.

VIII - eventuais créditos de energia ativa existentes no momento do encerramento da relação contratual do consumidor serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

IX - a fatura deverá conter a informação de eventual saldo positivo de energia ativa para o ciclo subsequente em quilowatt-hora (kWh), por posto tarifário, quando for o caso, e também o total de créditos que expirarão no próximo ciclo. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

X - os montantes líquidos apurados no sistema de compensação de energia elétrica serão considerados no cálculo da sobrecontratação de energia para efeitos tarifários, sem reflexos na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, devendo ser registrados contabilmente, pela distribuidora, conforme disposto no Manual de Contabilidade do Serviço Público de Energia Elétrica. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

XI - Para as unidades consumidoras atendidas em tensão primária com equipamentos de medição instalados no secundário dos transformadores deverá ser deduzida a perda por transformação da energia injetada por essa unidade consumidora, nos termos do art. 94 da Resolução Normativa nº [414](#), de 9 de setembro de 2010. ([Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

Parágrafo único. Aplica-se de forma complementar as disposições da Resolução Normativa nº [414](#), de 9 de setembro de 2010, relativas aos procedimentos para faturamento.

CAPÍTULO IV

DA MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Art. 8º Os custos referentes à adequação do sistema de medição, necessário para implantar o sistema de compensação de energia elétrica, são de responsabilidade do interessado.

§1º O custo de adequação a que se refere o *caput* é a diferença entre o custo dos componentes do sistema de medição requerido para o sistema de compensação de energia elétrica e o custo do medidor convencional utilizado em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão.

~~§2º Os equipamentos de medição instalados nos termos do *caput* deverão atender às especificações técnicas do PRODIST e da distribuidora.~~

~~§3º Os equipamentos de que trata o *caput* deverão ser cedidos sem ônus às respectivas Concessionárias e Permissionárias de Distribuição, as quais farão o registro contábil no Ativo Imobilizado, tendo como contrapartida Obrigações Vinculadas à Concessão de Serviço Público de Energia Elétrica.~~

§2º O sistema de medição deve observar as especificações técnicas do PRODIST e ser instalado pela distribuidora, que deve cobrar dos interessados o custo de adequação. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

§ 3º O sistema de medição deve ser registrado no ativo imobilizado em serviço, devendo a parcela de responsabilidade de o interessado ser contabilizada em contrapartida do Subgrupo Obrigações Vinculadas à Concessão do Serviço Público de Energia Elétrica. ([Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.](#))

Art. 9º Após a adequação do sistema de medição, a distribuidora será responsável pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação.

Art. 10. A distribuidora deverá adequar o sistema de medição dentro do prazo para realização da vistoria e ligação das instalações e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica assim que for aprovado o ponto de conexão, conforme procedimentos e prazos estabelecidos na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

CAPÍTULO V

DAS RESPONSABILIDADES POR DANO AO SISTEMA ELÉTRICO

Art. 11. Aplica-se o estabelecido no *caput* e no inciso II do art. 164 da Resolução Normativa nº [414](#) de 9 de setembro de 2010, no caso de dano ao sistema elétrico de distribuição comprovadamente ocasionado por microgeração ou minigeração distribuída incentivada.

Art.12. Aplica-se o estabelecido no art. 170 da Resolução Normativa nº [414](#), de 2010, no caso de o consumidor gerar energia elétrica na sua unidade consumidora sem observar as normas e padrões da distribuidora local.

Parágrafo único. Caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, nos termos do *caput*, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica.

CAPÍTULO VI

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art.13. Compete à distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades geradoras junto aos microgeradores e minigeradores distribuídos e envio dos dados constantes nos Anexos das Resoluções Normativas nºs [390](#) e [391](#), ambas de 15 de dezembro de 2009, para a ANEEL.

Art.14. Ficam aprovadas as revisões 4 do Módulo 1 – Introdução, e 4 do Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, do PRODIST, de forma a contemplar a inclusão da Seção 3.7 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída com as adequações necessárias nesse Módulo.

Art. 15. A ANEEL irá revisar esta Resolução em até cinco anos após sua publicação.

Art. 16. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de [19.04.2012](#), seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no D.O. de [08.05.2012](#) e [19.09.2012](#).