

TRABALHO DE CONCLUSÃO  
DE CURSO

# **Impacto da Geração Distribuída na tarifa do Consumidor de Energia Elétrica localizado no Estado do Paraná.**

Elaborado por:

**Cristiana Napoli Madureira da Silveira**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
MBA do Setor Elétrico

*Prof. Orientador:*  
Andriei José Beber, DR

**Curitiba / 2018**

Cristiana Napoli Madureira da Silveira

**Impacto da Geração Distribuída na tarifa do Consumidor de Energia Elétrica localizado no Estado do Paraná.**

Andriei José Beber, DR.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso MBA do Setor Elétrico de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV Management como pré-requisito para a obtenção do título de Especialista TURMA 02/2016.

Curitiba - 2018

---

## O Trabalho de Conclusão de Curso

### **Impacto da Geração Distribuída na tarifa do Consumidor de Energia Elétrica localizado no Estado do Paraná.**

elaborado por Cristiana Napoli Madureira da Silveira e aprovado pela Coordenação Acadêmica foi aceito como pré-requisito para a obtenção do MBA do Setor Elétrico Curso de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV Management.

Data da aprovação: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Coordenador Acadêmico  
Prof. Fabiano Simões Coelho, Ph.D.

---

Professor orientador  
Prof. Andriei José Beber, DR.

---

## TERMO DE COMPROMISSO

A aluna Cristiana Napoli Madureira da Silveira abaixo-assinada, do Curso MBA Setor Elétrico do Programa FGV Management, realizado nas dependências da instituição conveniada ISAE Curitiba, no período de outubro de 2016 a outubro de 2018, declara que o conteúdo do trabalho de conclusão de curso intitulado: Impacto da Geração Distribuída na tarifa do Consumidor de Energia Elétrica localizado no Estado do Paraná, é autêntico, original, e de sua autoria exclusiva.

Curitiba, 17 de outubro de 2018.

---

Cristiana Napoli Madureira da Silveira

# Sumário

---

Siglas e Abreviações.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA ELÉTRICA .....	11
3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA .....	15
3.1. TIPOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	20
4. ARCABOUÇO LEGAL E AÇÕES PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E FONTES RENOVÁVEIS:.....	22
4.1. A AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	22
4.2. O PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA (PROINFA) .....	23
4.3. REDUÇÃO DAS TARIFAS DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (TUSD) E TRANSMISSÃO (TUST) PARA FONTES INCENTIVADAS .....	25
4.4. As Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015 .....	26
4.5. Medidas governamentais recentes .....	28
5. MODELOS DE NEGÓCIO PARA A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA:.....	31
5.1. MODELOS BASEADOS EM PROPRIEDADE E APLICAÇÃO.....	32
5.2. Modelos de negócio para as distribuidoras de energia .....	33
5.3. MODELOS DE GERAÇÃO COMPARTILHADA.....	36
6. O LADO DO CONSUMIDOR .....	38
7. AVALIAÇÃO DAS POLÍTICAS E AÇÕES PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	40
8. FONTES DE GD POTENCIAIS NO ESTADO DO PARANÁ .....	43
9. TARIFAS NO BRASIL.....	45
9.1. TARIFA BINÔMIA.....	45
9.2. TENDÊNCIA DA TARIFA DE ENERGIA CATIVA.....	45
9.3. INCENTIVO DA DISTRIBUIDORA PARA GD EM SUA ÁREA DE CONCESSÃO.....	47
9.4. Regulação Setorial para Geração Distribuída .....	47
10. ESTUDO DE CASO – CONSUMIDOR RESIDENCIAL.....	48
10.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO (FV).....	48
10.2. ANÁLISE DE IRRADIAÇÃO SOLAR .....	49
10.3. DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS SOLARES (NP) .....	51
10.4. DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR .....	52

---

10.5.	ANÁLISE FINANCEIRA DO INVESTIMENTO .....	52
10.6.	CONSIDERAÇÕES PARA ESTE TRABALHO:.....	50
11.	CONCLUSÃO .....	58
12.	BIBLIOGRAFIA .....	58

---

## RESUMO

Este trabalho faz uma análise do impacto da geração distribuída sobre a tarifa do consumidor residencial no Estado do Paraná. Os resultados indicam que, com a geração distribuída, é possível que estes consumidores tenham uma redução na sua tarifa de energia.

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento da sociedade, com a crescente utilização de fontes renováveis teremos mais oferta de energia, e conseqüentemente, menor agressão ao meio ambiente. A publicação da Resolução 482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e sua revisão publicada em novembro/2015, se tornou possível utilizar os sistemas de geração distribuída, qualquer que seja sua fonte, mas principalmente a geração de energia elétrica através do sistema fotovoltaico. O Estado do Paraná tem potencial para geração de energia elétrica através da geração distribuída, principalmente a energia solar, conectado à rede elétrica, neste sentido, este estudo pretende apresentar a geração distribuída como uma alternativa possível para a redução da tarifa do consumidor residencial aproveitando todo o potencial energético do estado do Paraná.

**Palavras-chave:** Geração distribuída. Consumidor residencial. Sistema fotovoltaico. Redução tarifa. Estado do Paraná.

---

## **Siglas e Abreviações**

ACR - Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CDE - Conta de Desenvolvimento Energético

CGH - Centrais de Geração Hidrelétrica

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ESCOS - Empresas de Serviços de Conservação de Energia

FV - Sistema Fotovoltaico

GC - Geração Centralizada

GD - Geração Distribuída

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços Programa de Desenvolvimento da

ProGD - Geração Distribuída de Energia Elétrica

MME - Ministério de Minas e Energia

P&D - Programa de Pesquisa e Desenvolvimento

PCH - Pequenas Centrais Hidrelétrica

PIS - Programa de Integração Social

Prodist - Procedimentos de Distribuição

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SFVCR - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica

SIN - Sistema Interligado Nacional

TE - Tarifa de Energia

TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TUST - Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

VRES - Valores Anuais de Referência Específicos

---

## **1 INTRODUÇÃO**

O setor elétrico está passando por um período de profundas modificações. O modelo que perdurou durante muito tempo está em processo de modificações. No Brasil, a geração de energia elétrica chamada de Geração Centralizada (GC), é o que vem predominado, trata-se do modelo em que se utiliza uma grande fonte geradora para transformação da energia, neste contexto temos as usinas térmicas e hidrelétricas. Para energia elétrica chegar ao consumidor final, depende de uma eficiente rede elétrica, que são as linhas de transmissão, linhas de distribuição e subestações, ou seja, as concessionárias de energia elétrica distribuem a energia através da rede básica de conexão.

No entanto, a energia gerada pelas usinas hidrelétricas e térmicas exigem pré-requisitos para sua instalação que dificultam a expansão de sua matriz. Sabe-se que são necessários locais apropriados para sua instalação, como p.ex. serem próximas de rios e quedas d'água, o que implica em ineficiência do sistema, já que são necessárias longas linhas de transmissão para distribuição da energia.

Neste contexto, o que vemos é a crescente mudança do modelo de geração centralizada seguindo a carga para o modelo descentralizado em que a Geração Distribuída está ganhando cada vez mais relevância nas discussões sobre um novo modelo institucional do elétrico nacional.

O setor de energia contribui de forma significativa para as emissões de gases de efeito estufa. O desenvolvimento de uma economia de baixo carbono dependerá, principalmente, de mudanças no modo de produzir e de usar a energia.

É necessário avaliar o impacto futuro da geração distribuída no sistema elétrico, tanto nas esferas técnica e estrutural, quanto na econômica. O indicador utilizado para averiguar o impacto econômico da promoção de geração distribuída é a tarifa de energia elétrica.

Neste trabalho, são apresentados os principais conceitos relativos à geração distribuída e às fontes renováveis. É essencial discutir as fontes renováveis junto à geração distribuída, pois há o amplo uso, no Brasil, de geradores distribuídos que utilizam combustíveis fósseis (como óleo diesel e gasolina).

---

A difusão da geração distribuída implica em transformações no setor elétrico e, principalmente, no segmento de distribuição. Entender a estrutura do setor elétrico brasileiro é essencial para prever as possíveis mudanças que a geração distribuída ocasionará.

---

## **2 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA ELÉTRICA**

O Brasil possui amplo potencial de aproveitamento de fontes renováveis de energia elétrica e está explorando essa capacidade. No planejamento da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para os próximos dez anos está previsto que 62% da expansão será de fontes hídrica e eólica, sendo que o potencial hídrico remanescente, ou seja, ainda não explorado, será aproveitado, basicamente, por usinas a fio d'água, que não possuem reservatórios de regularização sazonal ou plurianual das vazões afluentes (EPE, 2015).

Um aspecto inerente a diversas fontes renováveis de energia elétrica é a intermitência. Isso quer dizer que existe uma variação na capacidade de produção de eletricidade dessas fontes ao longo do dia e ao longo do ano.

Para que um sistema elétrico possa suportar uma alta inserção de fontes renováveis intermitentes e suprir a demanda com boa qualidade, ele precisa ou ser superdimensionado, o que apresenta elevado custo para o consumidor, ou possuir grande flexibilidade para absorver a variação na produção de energia das fontes renováveis intermitentes. Uma forma de suprir a variação da geração de fontes eólicas ou solares, por exemplo, é despachando fontes flexíveis, como as hídricas com armazenamento e/ou as térmicas flexíveis (a gás natural, por exemplo). Observa-se que a capacidade dos reservatórios hídricos em relação à carga tem se reduzido gradativamente, causando deplecionamentos anuais nos reservatórios cada vez mais acentuados no Brasil, comprometendo a garantia de suprimento.

Para realizar o equilíbrio plurianual da energia armazenada, compensar a falta de novos reservatórios de regularização e recuperar o armazenamento hídrico, investimentos cada vez maiores têm sido feitos em usinas termelétricas flexíveis e seu despacho tende a ser mais frequente e duradouro, mesmo em períodos hidrológicos normais.

Diante desse cenário, constata-se "a necessidade de mudança de paradigma no planejamento e na programação da operação do Sistema Interligado Nacional (SIN)", de acordo com o Plano da Operação Energética 2014/2018 do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2014, p. 14). Trata-se de um novo papel para os reservatórios hídricos, conforme discutido, nos últimos anos, por diversos autores, tais como D'Araujo (2012); Losekann (2013); Hallack e Vazquez (2013); Bicalho (2014); Ferraz (2015) e Romeiro (2016).

---

Romeiro (2016) propõe que “pode-se pensar em remunerar a flexibilidade da oferta provida ao sistema pelo bloco hidráulico. Do mesmo modo que a água preservada no reservatório possui maior valor para o sistema, a rápida capacidade de resposta da geração hidráulica também possui maior valor diante da variabilidade e imprevisibilidade da geração das fontes renováveis intermitentes”.

Romeiro completa: “desta forma, ao invés de compensar a perda de receita das centrais hídricas pela remuneração do estoque, pode-se remunerar o valor da flexibilidade aportada ao sistema”. Romeiro diz, ainda: “mais do que garantir a flexibilidade, deve-se estabelecer remuneração adequada para as diversas fontes de flexibilidade”.

No atual modelo do setor elétrico brasileiro, o preço de curto prazo da energia é calculado com base no custo futuro da água armazenada, ou seja, estima-se o valor que a água armazenada hoje agrega à operação do sistema no médio prazo. Logo, a mudança de paradigma necessária para promover maior inserção de fontes renováveis na matriz energética demanda, também, a mudança do cálculo do preço da energia, que implicará em uma mudança na programação da operação.

Além da adequada utilização dos recursos de geração versáteis, existem outras fontes de flexibilidade que precisam ser devidamente avaliadas e desenvolvidas. Romeiro (2016) também aponta que o grau de flexibilidade disponível em um sistema é proveniente de quatro fontes principais:

- **PLANTAS DE GERAÇÃO DESPACHÁVEIS:** a flexibilidade da geração despachável depende da (in)flexibilidade operativa, ou seja, a quantidade mínima que o gerador consegue operar em relação à sua capacidade instalada e à capacidade de carga em rampa. Em outras palavras, é o quão rápido esse gerador consegue aumentar a produção de energia até atingir a sua capacidade instalada (potência máxima que pode ser gerada). As usinas hidrelétricas apresentam os melhores parâmetros de flexibilidade de despacho, mas a amplitude de sua flexibilidade é afetada pela sua capacidade de armazenamento de água. Usinas hidrelétricas a fio d'água são menos flexíveis, por exemplo. A segunda melhor opção, pelo custo, é a geração térmica a gás natural e em terceiro lugar a geração com óleo diesel ou óleo combustível, que passa a ser muito mais cara e poluente.

- **INTERCONEXÃO DE REGIÕES E MERCADOS:** o Brasil apresenta um sistema bastante interconectado. Essa vasta rede de transmissão tem a função de permitir que diferentes regiões

---

exportem ou importem energia de acordo com sua necessidade, aproveitando ao máximo a complementaridade regional.

- **MECANISMOS DE RESPOSTA DA DEMANDA:** controle por intermédio de tarifa que varie ao longo do dia e ao longo do ano, buscando que o consumidor reduza seu consumo quando a tarifa sobe. Esse método apenas tem efeito quando o consumidor é adequadamente informado e sensibilizado pelo aumento. O incentivo à eficiência energética é uma forma de moldar a demanda. A substituição de lâmpadas ineficientes por outras mais eficientes, por exemplo, tem o efeito de diminuir o consumo noturno de energia elétrica.

- **ESTOCAGEM/ARMAZENAMENTO:** a primeira tecnologia comumente lembrada é o armazenamento químico – feito por meio de baterias, por exemplo –, mas existem diversas formas de armazenamento de energia. Uma solução pode ser a retomada da construção de hidrelétricas com reservatórios de regularização (o tipo predominante de armazenamento adotado no país, até o momento). A produção de hidrogênio por eletrólise e seu armazenamento para posterior geração de eletricidade em células combustíveis é uma outra alternativa. Em estabelecimentos comerciais é comum a operação do condicionamento ambiental ser feita pela passagem do ar em reservatórios de gelo durante o horário de pico de consumo, quando a energia é mais cara, enquanto que a produção desse gelo se dá em horários em que a energia é mais barata, como, por exemplo, de madrugada.

Nessa linha de pensamento, a geração termossolar para aquecimento de água, por exemplo, é vantajosa inclusive como mecanismo para reduzir a carga no horário de pico de consumo e utiliza uma fonte renovável de forma eficiente, por meio de uma tecnologia viável economicamente.

As fontes renováveis, principalmente a solar, se destacaram nos últimos anos com o crescimento da geração distribuída. Além disso, a preocupação com a questão ambiental somada à redução dos custos de tecnologias alternativas de geração, impulsionam uma transição para os sistemas distribuídos de energia (SCHLEICHER-TAPPESER, 2012).

Logo, espera-se que, com o aumento da geração distribuída, ocorram mudanças no setor elétrico. O segmento de distribuição será o mais afetado por essas alterações. Em essência, vários consumidores passarão a gerar a sua própria energia e se tornarão menos dependentes das distribuidoras.

---

Entender essa transição é fundamental para identificar as vantagens e as desvantagens da geração distribuída, tanto para os consumidores quanto para as concessionárias de distribuição de energia elétrica. No Brasil, até o momento, a inserção da geração distribuída com fonte solar ainda é incipiente e as distribuidoras têm visto essas mudanças como ameaças aos seus negócios.

---

### 3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA

A geração distribuída (geração descentralizada, *demand side management* (DSD) em inglês), é uma forma de geração de energia elétrica feita por pequenas fontes, propositalmente instaladas próximo das cargas, para minimizar o uso de linhas de transmissão.<sup>i</sup>

O termo GD (geração distribuída) é utilizado para definir a geração feita por pequenas fontes e que se localizam perto do ponto de consumo.

A geração distribuída de energia elétrica não possui uma única definição. Os conceitos podem apresentar variações de acordo com a regulação de cada país, forma de conexão à rede, capacidade instalada, localização, tecnologias e recursos primários utilizados.

De acordo com Allan (2015) o tamanho dos sistemas e sua localização e aplicação são características cruciais. Para os autores, sistemas de GD apresentam capacidade instalada que costuma variar entre 1 kW e 5 MW, e geralmente são localizados próximo a demanda, do lado do consumidor do medidor, ou na rede de distribuição. Costello (2015), por sua vez, define o termo "geração distribuída" como geração de pequena escala, em grande parte destinada ao auto-consumo, geralmente instalada no mesmo local da carga a que visa atender, e conectada à rede de distribuição local, rede esta que atende tanto à necessidade de backup quanto ao objetivo de venda da geração excedente. Já para Little (1999) consiste na geração elétrica de pequena escala, localizada próxima à demanda. A OFGEM (Office of Gas and Electricity Markets) define como a geração de eletricidade conectada à rede de distribuição, em detrimento da rede de transmissão de alta voltagem. O Rocky Mountain Institute (2012) utiliza o termo para se referir a qualquer equipamento de geração conectado ao nível da distribuição, instalado no lado do consumidor do medidor e interconectado à rede, tal como a geração solar fotovoltaica distribuída (RMI, 2012). A EPE (2016), por sua vez, adota a seguinte definição: geração de energia, abrangendo eletricidade e outros energéticos, localizada próxima ao consumidor final, cuja instalação objetiva seu atendimento prioritário, podendo ou não gerar excedentes energéticos comercializáveis para além das instalações do consumidor final. A característica comum a grande parte das definições, portanto, é a questão da conexão dos sistemas de GD à rede de distribuição, o que consiste em um driver da mudança de paradigma em curso.

---

Além da geração de energia ocorrer próxima ao seu ponto de consumo, a energia pode ser integral ou parcialmente consumida no próprio local onde é gerada e o excedente injetado na rede.

O porte da geração distribuída pode apresentar distinções de acordo com a regulação de cada país, variando entre médio porte e pequeno porte.

A Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012, de 17 de abril de 2012, definiu que o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

Todo este processo é inovador e traz modicidade tarifaria para o consumidor, menos impacto ambiental e do ponto de vista do sistema é possível reduzir a expansão das linhas de transmissão e distribuição, minimizar as perdas e diversificar a matriz energética.

Sob a perspectiva do setor elétrico, a geração distribuída apresenta vantagens e desvantagens. As principais vantagens englobam custos evitados em expansão do sistema de transmissão e contribuição para a prestação de serviços ancilares (aqueles necessários para manter a estabilidade da operação da rede).

Como desvantagens, destacam-se os aspectos de qualidade da energia, como geração de harmônicos e variações de tensão, além da necessidade de reforço na rede de distribuição, pois os geradores distribuídos injetam energia na rede – a que é produzida pelos consumidores e enviada à rede da distribuidora de energia local –, configurando um fluxo bidirecional de energia. Possíveis investimentos na rede de distribuição, feitos pelas distribuidoras, também poderão ser repassados para os consumidores finais via tarifa.

O arcabouço legal apresentado neste trabalho é constituído pelas principais legislações, resoluções e programas específicos de fomento às fontes renováveis e à geração distribuída. Destacam-se o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Resolução Normativa (REN) nº 77/2004 e, principalmente, a REN nº 482/2012, revisada e atualizada para a REN nº 687/2015, que foi o principal marco da geração distribuída de pequeno porte no Brasil. A isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), que também incidia na energia excedente injetada na rede, e a criação do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) são analisadas como medidas governamentais recentes.

---

Por fim, são apresentados os modelos de negócio específicos para a geração distribuída e que consideram as perspectivas dos principais agentes envolvidos. Nos últimos anos, vários modelos surgiram a fim de auxiliar na difusão da geração distribuída e na criação de oportunidades para as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica.

Nos Estados Unidos e na Alemanha, por exemplo, muitos modelos se diferenciam pela propriedade (quem é o dono do ativo, ou seja, quem é o proprietário do sistema de geração) e pela aplicação.

Há também os modelos específicos para as concessionárias de distribuição de energia elétrica, que podem ser proprietárias dos ativos de geração, podem alugar os equipamentos ou fornecer financiamentos diferenciados para os consumidores.

Outro modelo muito difundido é o do tipo *third-part*, chamado de “terceiros”, no qual empresas são proprietárias, operam e controlam os ativos, reduzindo o investimento inicial elevado, a complexidade e o risco para os consumidores.

Os modelos de geração compartilhada também estão crescendo, permitindo que múltiplos usuários adquiram a sua energia por meio de um único sistema. Destaca-se que a Resolução Normativa nº 687/2015 criou a figura da geração compartilhada de energia e aumentou as possibilidades de geração e negócios por meio da geração distribuída. De forma similar é preciso também fazer também a avaliação de políticas e ações para a geração distribuída no Brasil.

As principais tecnologias utilizadas no Brasil para a geração distribuída de médio porte são: instalações de cogeração, motogeradores, geralmente movidos a óleo diesel, para atendimento emergencial ou operação no período de ponta, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), e, recentemente, módulos fotovoltaicos.

Para a geração de pequeno porte, os principais equipamentos empregados no país, atualmente, são os módulos fotovoltaicos e os motogeradores movidos a óleo diesel ou gasolina (para atendimento emergencial ou operação no período de ponta).

No Brasil, a autoprodução correspondeu a 16,6% da geração total de eletricidade em 2015 (EPE, 2016), a maior parte produzida em centrais de grande porte ou em instalações de geração distribuída com usinas de médio porte.

---

Em alguns segmentos industriais energointensivos, ou seja, que consomem muita energia em seus processos produtivos, a autoprodução de eletricidade também se destacou em 2015 com as seguintes incidências por setor: celulose (67,5%); centrais petroquímicas de primeira geração (46,7%); produção de aço bruto (30,5%); alumínio (23,3%) e papel (9,9%) (EPE/MME, 2015).

A cogeração – que, segundo Lora e Haddad (2006, p. 8), é um processo no qual “se desenvolve simultaneamente, e de forma sequenciada, a geração de energia elétrica ou mecânica e energia térmica (calor de processo e/ou frio), a partir da queima de um combustível” – é amplamente praticada nos segmentos industriais energointensivos e a sua participação no atendimento da demanda de energia elétrica tem crescido nos últimos anos devido ao aumento do preço da eletricidade.

Dentre os combustíveis mais utilizados nessas instalações de cogeração, destacam-se os resíduos industriais e o gás natural. Nas usinas siderúrgicas, por exemplo, as unidades de cogeração queimam gases de coqueria (oriundos da produção do coque, um combustível e agente redutor derivado do carvão), alto forno e aciaria (na transformação do ferro-gusa, produzido nos altos fornos), além do gás natural em menor escala. O bagaço da cana e, mais recentemente, a palha da cana colhida mecanicamente são os combustíveis consumidos nas plantas de cogeração das usinas de açúcar e álcool.

Na década de 80, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) mostrou-se pioneira ao adquirir a energia elétrica excedente produzida nas unidades de cogeração das usinas de açúcar e álcool do estado de São Paulo.

Nos últimos anos, houve uma grande difusão de unidades de cogeração consumindo gás natural e produzindo eletricidade e vapor ou água fria, por meio de sistemas de refrigeração e ar condicionado em shopping centers, supermercados, hotéis e hospitais, por exemplo.

Segundo Pepermans et al. (2005, p.787), cinco fatores contribuíram para a evolução e o crescente interesse na geração distribuída. São eles: “desenvolvimento de tecnologias de geração distribuída, restrições na construção de novas linhas de transmissão, aumento da demanda do consumidor por uma energia mais confiável, a liberalização do mercado de energia e a preocupação com as mudanças climáticas”.

Esses autores também destacam que, na Europa, as políticas ambientais tiveram papel fundamental no crescimento da geração distribuída. Os agentes do setor de energia foram

---

impelidos a buscar soluções mais limpas de geração, como o uso de fontes renováveis de energia, impactando positivamente no desenvolvimento da geração descentralizada.

Sob a perspectiva do meio ambiente, a geração distribuída com fontes renováveis auxilia na redução das emissões de CO<sub>2</sub> em comparação com a geração centralizada. A taxa e a magnitude da adoção da geração distribuída, por exemplo, serão essenciais para o desenvolvimento de políticas alinhadas com a problemática das mudanças climáticas (STRACHAN; DOWLATABADI, 2002).

Na visão da distribuidora, no entanto, a geração distribuída pode representar uma ameaça para o tradicional modelo de negócio praticado.

Do ponto de vista dos *prosumers* ou prossumidores, motivados por razões diversas a investir em autogeração de energia elétrica, por outro lado, a sua produção representa uma economia relativa à compra de energia da rede.

Quanto mais energia o consumidor gerar, menos ele precisará adquirir da rede. Além disso, o consumidor também não fica exposto às variações tarifárias recorrentes no Brasil.

É essencial avaliar o impacto da geração distribuída para todos os consumidores e, principalmente, para aqueles que não estão dispostos a investir nesse tipo de geração. O efeito está refletido nas tarifas, ocasionando um aumento no valor cobrado pela eletricidade. Em resumo: aqueles que não geram a própria energia poderão pagar mais caro pela eletricidade adquirida da rede e esses aspectos devem ser considerados ao se estabelecer mecanismos de incentivo.

A geração distribuída apresenta vantagens, como mostrado anteriormente, mas traz, também, desvantagens e desafios que devem ser evidenciados e discutidos. Com o seu avanço, problemas técnicos, operacionais e econômicos podem surgir, tornando-se barreiras para a sua difusão.

Koeppel (2003) aponta que o fluxo de energia na rede é, geralmente, unidirecional. Entretanto, com a inserção dos prossumidores na rede, o fluxo de energia passa a ser multidirecional, sendo necessário redefinir os esquemas de proteção elétrica. Lopes (2007) também discutem esses problemas e os classificam em três categorias: técnicos, comerciais e regulatórios.

Na parte técnica, destacam-se: o efeito do aumento de tensão, que pode limitar a quantidade de geração distribuída ou a capacidade adicional conectada à rede; questões relacionadas à qualidade

---

de energia, como variação de tensão e harmônicos; e problemas de estabilidade da rede, uma vez que a rede de distribuição não foi tradicionalmente construída para considerar tais aspectos.

No âmbito comercial, os desafios podem afetar as concessionárias de distribuição de energia elétrica. Atualmente, grande parte das distribuidoras não tem incentivos para desenvolver esse mercado. Logo, novos arranjos comerciais precisam ser implementados para que haja benefícios. A questão regulatória também é encarada como uma barreira para Lopes (2007).

Sem políticas e instrumentos regulatórios claros associados à geração distribuída, é provável que esse tipo de geração não prospere no longo prazo. Os principais motivos estão relacionados ao modo pelo qual as redes de distribuição foram desenvolvidas e operadas, como redes passivas. Portanto, políticas apropriadas devem ser formuladas considerando as questões de integração, planejamento e operação tanto da rede quanto do sistema.

A difusão da geração distribuída com a utilização de fontes renováveis recebe o apoio da sociedade, motivada, principalmente, por questões econômicas e ambientais.

Entretanto, o alto investimento inicial, o longo tempo de retorno do investimento e a ausência de linhas de financiamento favoráveis representam um entrave para o seu desenvolvimento.

No Brasil, a geração distribuída que utiliza tecnologia fotovoltaica se destacou após a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012, atualizada pela 687/2015 (ANEEL, 2012; 2015), que incentiva a geração própria de energia a partir de fontes renováveis ou de cogeração qualificada – cogeração que atende aos requisitos definidos na Resolução Normativa 235 da Aneel, de 14 de novembro de 2006 – e que também criou o sistema de compensação de energia.

Espera-se, para os próximos anos, um significativo aumento da geração distribuída utilizando tecnologia fotovoltaica no cenário brasileiro, mas deve-se considerar os aspectos técnicos e operacionais da sua inserção para que os estímulos funcionem e criem valor para todos os envolvidos.

### **3.1. TIPOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

Dentre as principais tecnologias de Geração Distribuída destacamos as que seguem:

---

**Micro CH:** Micro-Centrals Hidrelétricas são microturbinas hidráulicas com potência de até 1.000 kW, movidas pela energia potencial da água que, acopladas a um alternador, geram energia elétrica para o abastecimento localizado.

**Pequenas Eólicas:** São pequenas turbinas aerogeradoras com potência de até 100 kW, movidas à força do vento e instaladas em locais específicos de presença pontual de correntes de vento.

**Miniusina para Cogeração:** Equipamento de pequeno porte, acoplado a uma fonte primária de energia com potência de até 300 kW, no qual se gera simultaneamente Calor e Trabalho, sendo que este poderá ser aproveitado para geração de energia elétrica, enquanto o primeiro, através da recuperação do calor dos gases de escape, pode gerar, entre outros, água quente, vapor, calor de processo ou frio.

**Microturbinas:** São pequenas turbinas com potência de até 500 kW que visam à geração de energia elétrica ou podem operar em minissistemas de cogeração. Podem utilizar diferentes combustíveis, mas principalmente o gás natural ou gás proveniente de aterro sanitário (biogás).

**Geradores Diesel:** Conjunto de motor ciclo diesel acoplado a um alternador/gerador de energia elétrica. O gerador diesel é normalmente utilizado em emergência, podendo também ser usado para suprimento total das cargas da unidade consumidora, para gestão de carga (peak-shaving) ou mesmo em sistemas de cogeração.

**Térmica/Solar:** É o aquecimento da água (para uso residencial, comercial ou industrial) por meio da utilização de coletores solares, os quais funcionam de acordo com os princípios de transmissão de calor através dos materiais.

**Fotovoltaica/Solar:** É a geração de energia elétrica através de painéis solares, formados por células solares. Células solares são dispositivos compostos de silício, que produzem uma corrente elétrica quando incididos pela luz solar.

**Célula Combustível:** É uma tecnologia que utiliza o hidrogênio e o oxigênio para gerar eletricidade através de processos químicos. A célula combustível é, em geral, alimentada diretamente com hidrogênio, ou este é extraído de outros combustíveis fósseis (gás natural, gasolina ou álcool).

---

---

## 4. ARCABOUÇO LEGAL E AÇÕES PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E FONTES RENOVÁVEIS:

A seguir, são apresentadas as principais ferramentas de incentivo à geração distribuída, tais como legislações, resoluções e programas específicos.

### 4.1. A AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Como mostrado anteriormente, a geração distribuída é caracterizada, principalmente, pela produção própria de energia elétrica (ou autoprodução/autogeração). As ações que promovem a autoprodução, portanto, são substanciais para o seu desenvolvimento.

As primeiras tarifas horo-sazonais foram criadas no Brasil em 1982 (ANEEL, 2009). Desde então, a mesma base metodológica para cálculo dessas tarifas, apresentada pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) no livro "Nova Tarifa de Energia Elétrica – metodologia e aplicação", de 1985, tem sido aplicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Com a criação da tarifa horo-sazonal verde, os consumidores A3, A4 e AS3 passaram a ter a opção de realizar um contrato com a distribuidora de energia elétrica que concede um grande desconto no valor pago pela energia fora do horário de ponta, mas cobra um valor bastante elevado para o consumo de energia nesse horário.

Essa modalidade de tarifa tinha por objetivo diminuir o consumo de energia no horário de ponta para evitar pesados investimentos na expansão da geração e das redes de transmissão e distribuição.

Com isso, consumidores que dispunham de capital para investimento em autoprodução ou já possuíam geradores diesel, necessários para proporcionar um *backup* de energia que permitisse a não interrupção da sua produção, aderiram à modalidade verde e passaram a gerar a sua própria energia no horário de ponta.

Essa operação retira, atualmente, cerca de 10 GW de carga do horário de ponta, ou seja, 18% da carga total desse período (EPE/MME, 2015).

Com a liberalização do setor elétrico brasileiro, foram regulamentadas as atividades dos autoprodutores de energia. A Lei nº 9.074/95 criou, então, a figura do produtor independente de

---

energia elétrica, autorizado a produzir energia e a comercializá-la, parcial ou integralmente, mas por sua conta e risco (BRASIL, 1995). No escopo da Lei nº 9.074/95, o Decreto nº 2.003 regulamentou a produção de energia elétrica por produtor independente e por autoprodutor (BRASIL, 1996). No caso, foi estabelecido que o produtor independente deve receber autorização ou concessão para produzir para o mercado, enquanto que para o autoprodutor basta receber autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo.

O artigo 13 desse decreto garantiu a “utilização e a comercialização da energia produzida”, além do “livre acesso aos sistemas de transmissão e de distribuição de concessionários e permissionários de serviço público de energia elétrica, mediante o ressarcimento de custo de transporte envolvido”. Já o artigo 23 detalha as partes com as quais o produtor independente poderia comercializar a potência e/ou a energia gerada.

Outro marco regulatório relacionado à geração distribuída foi a Lei nº 9.648/1998 (BRASIL, 1998), que instituiu incentivos à geração elétrica de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). No caso, foi estabelecido que o potencial hidráulico de potência superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW, destinado à produção independente ou à autoprodução, poderia ser autorizado pela Aneel sem despesas.

Além disso, foi concedido um percentual de redução não inferior a 50%, a ser aplicado aos valores da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). Houve, também, a permissão de comercialização da energia elétrica gerada por PCHs com consumidores cuja carga seja maior ou igual a 500 kW.

Em 1999, a Aneel publicou a Resolução nº 112 (ANEEL, 1999), que estabeleceu “os requisitos necessários à obtenção de Registro ou Autorização para Implantação, Ampliação ou Repotenciação de centrais geradoras termelétricas, eólicas e de outras fontes alternativas de energia” com potência igual ou inferior a 5.000 kW, as quais devem ser somente registradas por essa Agência. Para potência superior a 5.000 kW, a implantação, a ampliação ou a repotenciação deverá ser autorizada pela Aneel.

#### **4.2. O PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA (PROINFA)**

---

---

Com a crise de abastecimento de energia elétrica ocorrida em 2001, novos dispositivos legais foram estabelecidos visando o aumento da oferta de energia e o crescimento da eficiência energética. Como exemplo, tem-se a Lei nº 10.438/2002 que, dentre outras medidas, criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) (BRASIL, 2002).

O objetivo principal do programa era aumentar a participação da energia eólica, das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e da biomassa na matriz elétrica brasileira, almejando a segurança no abastecimento de energia elétrica.

O programa atribuía uma tarifa diferenciada à energia elétrica produzida pelas fontes alternativas citadas, por intermédio de contratos com a Eletrobras. Para Figueiras (2013), apesar do não envolvimento da energia solar, o Proinfa contribuiu para a maturidade dos mecanismos de incentivos brasileiros, além de mostrar que uma tecnologia antes de alto custo poderia se desenvolver e se tornar competitiva por meio de estímulos específicos.

O Proinfa foi estruturado em duas fases. Na primeira, seriam instalados 3.300 MW até 2006, oriundos de PCHs, geradores eólicos e usinas termelétricas/plantas de cogeração a biomassa. Na segunda fase, que deveria durar até 2022, a geração dessas usinas deveria atender a 15% do crescimento anual da carga e a 10% do consumo total de eletricidade (BRASIL, 2002). Entretanto, a segunda etapa do Proinfa não se concretizou. A Lei nº 10.762/2003, que formulou a atual estrutura institucional do setor elétrico brasileiro e criou os leilões de energia elétrica do Ambiente de Contratação Regulada (ACR), substituiu a segunda fase por leilões abertos à participação dessas fontes (BRASIL, 2003).

Ainda que o Proinfa fosse direcionado para usinas de grande porte, as PCHs e a maioria das plantas de cogeração a partir da biomassa referidas anteriormente podem ser classificadas como empreendimentos de geração distribuída de médio porte. Os geradores eólicos, por sua vez, almejando competitividade, compõem as usinas de grande porte frequentemente localizadas em regiões afastadas dos centros de carga e que necessitam de linhas de transmissão para transportar a energia gerada.

Com a criação do Proinfa, o desconto na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), constituído pela Lei nº 9.648 e já citado neste capítulo, foi estendido para os geradores eólicos, usinas que utilizam biomassa e cogeneradores qualificados. Por meio da Lei nº 10.762/2003 (BRASIL, 2003), a fonte solar e as Centrais de

---

Geração Hidrelétrica (CGHs) foram incorporadas entre as beneficiárias e, por essa razão, estabeleceu-se o limite máximo de 30.000 kW de potência instalada para que as fontes fizessem jus ao benefício. Por fim, a Lei nº 11.488/2007 (BRASIL, 2007) substituiu o critério de 30.000 kW de potência instalada para 30.000 kW de potência injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN).

### **4.3. REDUÇÃO DAS TARIFAS DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (TUSD) E TRANSMISSÃO (TUST) PARA FONTES INCENTIVADAS**

A Resolução Normativa nº77/2004, alterada pelas Resoluções 271/2007 e 745/2016 (ANEEL, 2004; 2007; 2016a), estabeleceu procedimentos para a redução das Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e de Distribuição (TUSD) para empreendimentos hidrelétricos com potência igual ou inferior a 50MW e com fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. Esse benefício não se aplica a empreendimentos com outorgas de autorização prorrogadas no caso de fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, ou aqueles destinados à autoprodução que entraram em operação antes de 1º de janeiro de 2016.

Diferentes reduções são aplicadas de acordo com as características dos empreendimentos:

***Redução de 50% para empreendimentos:***

*"Hidrelétricos com potência igual ou inferior a 30 MW, mantidas as características de Pequena Central Hidrelétrica (PCH). Com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada com potência igual ou inferior a 30 MW. Com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada com potência igual ou inferior a 300 MW e que sejam vencedores de leilão de energia nova, realizado a partir de 1º de janeiro de 2016."*

***Redução de 80% para empreendimentos:***

*"Com base em fonte solar que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, sendo esse percentual aplicado nos dez primeiros anos de operação da central geradora."*

***Redução de 100% para empreendimentos:***

*"Hidrelétricos com potência igual ou inferior a 50 MW e com base em fontes solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou de distribuição seja menor ou igual a 300 MW, com o referido percentual de redução, e que iniciaram a operação comercial até 31 de dezembro de 2003. Caracterizados como Pequena Central Hidrelétrica (PCH), com potência*

---

*maior do que 1 MW e menor ou igual a 30 MW, que iniciaram a operação comercial no período entre 1º de outubro de 1999 e 31 de dezembro de 2003. Com fonte eólica, de biomassa e cogeração qualificada, cuja potência seja menor ou igual a 30 MW, e que iniciaram a operação comercial no período entre 23 de abril de 2003 e 31 de dezembro de 2003. Que utilizem como insumo energético no mínimo 50% de biomassa composta de: resíduos sólidos urbanos; biogás de aterro sanitário ou biodigestores de resíduos vegetais ou animais; lodos de estações de tratamento de esgoto.”*

**Fonte: Resolução Normativa nº 77/2004 (ANEEL, 2004)**

A redução de 100% das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição representa uma redução média de 30% da tarifa de energia para o consumidor final. A energia dessas fontes, citadas na Resolução Normativa nº 77/2004 (ANEEL, 2004), passou a ter um valor significativamente maior no mercado livre, o que levou comercializadoras e geradores de energia que operavam nesse mercado a investirem grandes cifras nas fontes incentivadas. Essa foi uma medida importante para fomentar o mercado de energia eólica no Brasil.

#### **4.4. As Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015**

Em 2004, por intermédio da Lei nº 10.848 (BRASIL, 2004a), foi estabelecido um novo marco regulatório do setor elétrico. No escopo dessa lei, o Decreto nº 5.163 definiu geração distribuída como sendo (BRASIL, 2004b): a geração hidrelétrica de potência igual ou inferior a 30 MW gerada a partir de pequenas centrais hidrelétricas; a geração termelétrica, inclusive a cogeração, com eficiência energética igual ou superior a 75%; e a geração a partir de biomassa ou resíduos de processo, independentemente de sua eficiência energética. As fontes eólica e solar não foram contempladas pela lei. Esses foram os passos iniciais em direção à delimitação do conceito de geração distribuída adotado no Brasil.

Em 2012, a geração distribuída de energia se popularizou no Brasil por meio da publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012), um marco para a geração de pequeno porte no país. Além de definir potências para a geração distribuída, estruturando-a em micro e minigeração, a resolução estabeleceu as condições gerais para o acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica e definiu o sistema de compensação de energia, também conhecido, em inglês, como *net metering*. Nesse sistema, a energia excedente é injetada na rede e se converte em créditos para posterior compensação.

---

No que diz respeito às capacidades instaladas definidas na Resolução Normativa nº 482/2012, a microgeração abrangia a potência menor ou igual a 100 kW e que utilizasse fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada conectadas à rede de distribuição. Já na minigeração, a potência instalada deveria ser superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para as mesmas fontes. A partir de então, o interesse dos consumidores residenciais, comerciais e pequenos industriais em autoprodução aumentou e, como consequência, o número de sistemas de geração distribuída instalados no Brasil.

Em 2015, a Aneel avançou no fomento à geração distribuída de pequeno porte no país por meio da publicação da Resolução Normativa nº 687 (ANEEL, 2015a), uma revisão e atualização da REN nº 482 e dos Módulos 1 e 3 do Prodist (Procedimentos de Distribuição). A nova resolução trouxe novidades para a geração distribuída, com destaque para as seguintes (ANEEL, 2017):

- Alteração dos limites de potência instalada da microgeração e da minigeração para 75 kW e 5 MW (sendo 3 MW para fontes hídricas), respectivamente. Permite-se o uso de qualquer fonte renovável e de cogeração qualificada;
  - Extensão do prazo de validade para compensação dos créditos de energia, gerados por meio do sistema de compensação, de 36 meses para 60 meses;
  - Padronização dos Formulários de Solicitação de Acesso, visando facilitar o registro do micro ou do minigerador distribuído;
  - Possibilidade da instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras e em prédios, por exemplo). Nessa modalidade, é possível dividir a energia gerada entre os condôminos e as porcentagens são definidas pelos próprios consumidores;
  - A Resolução criou a figura da geração compartilhada, caracterizada pela reunião de consumidores por meio de consórcio ou cooperativa. Essa modalidade permite que a unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída esteja em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada. Esses consumidores devem estar dentro da mesma área de concessão ou permissão;
  - A Resolução criou a figura do autoconsumo remoto, caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa jurídica ou física, que possua unidade consumidora com
-

micro ou minigeração em local diferente de suas outras unidades consumidoras, nas quais a energia excedente poderá ser compensada.

A Aneel mantém um banco de dados contendo informações a respeito dos conjuntos de micro e minigeração distribuídas cadastrados em seu sistema, chamado "Registro de Micro e Minigeradores Distribuídos" (ANEEL, 2016b).

Com as inovações da Resolução Normativa nº 687, em 24 de julho de 2017 haviam 12.363 micro e minigeradores registrados na Aneel, totalizando uma capacidade instalada de 140,3 MW. Desse total, 98 MW correspondiam a 12.241 unidades fotovoltaicas.

É importante se ter em mente que, no Brasil, as faturas de energia dos consumidores que investem em geração distribuída não são zeradas, mesmo ao optar pelo sistema de compensação de energia. No faturamento são considerados o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do Grupo B ou da demanda contratada para o consumidor do Grupo A (ANEEL, 2015).

No caso do consumidor do Grupo B é cobrado, no mínimo, um valor referente ao custo de disponibilidade, que varia dependendo do tipo de instalação: monofásicas, 30 kWh/mês; bifásico, 50 kWh/mês; e trifásico, 100 kWh/mês. No caso do consumidor do Grupo A, como sua fatura de energia é decomposta em demanda e consumo, a energia despachada na rede abate apenas a parcela referente ao consumo de energia (TE). Essa parcela pode ser zerada, mas a parcela de demanda contratada será faturada normalmente (ANEEL, 2017).

Isso significa que, para o consumidor do Grupo B, salvo o consumo mínimo, o valor da energia que ele injeta na rede é igual à tarifa da distribuidora. Em janeiro de 2017, a tarifa média das distribuidoras no Brasil (antes dos impostos) era de R\$ 0,45/kWh (ANEEL, 2017). Para o consumidor do grupo A4, o valor da energia injetada na rede é igual à tarifa de energia, cerca de R\$ 0,22/kWh (ANEEL, 2015).

#### **4.5. Medidas governamentais recentes**

Por parte da Aneel, os Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) estimulam o avanço e a inovação nas mais diversas áreas do setor elétrico.

A Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 13/2011, por exemplo, intitulada "Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira" deu

---

maior visibilidade para a geração distribuída fotovoltaica e buscou promover a viabilidade econômica da tecnologia, o desenvolvimento da cadeia produtiva da indústria solar fotovoltaica no país, a capacitação de recursos humanos e o aperfeiçoamento dos instrumentos regulatórios e tributários da geração distribuída (ANEEL, 2011).

O prazo estipulado para execução dos projetos foi de três anos (36 meses) e as suas contribuições e resultados também estão presentes em trabalhos acadêmicos e técnicos.

Outro projeto recente e importante para a geração distribuída, anunciado em 2016, foi a Chamada nº 20/2016: "Aprimoramento do Ambiente de Negócios do Setor Elétrico Brasileiro". Essa iniciativa almejava aprimorar o ambiente de negócios do setor elétrico brasileiro e discutir o modelo atual, considerando os avanços tecnológicos na área de geração distribuída, veículos elétricos, armazenamento de energia, telecomunicações, questões comerciais e o papel dos consumidores e prossumidores nas decisões do setor (ANEEL, 2016). Infelizmente, o projeto selecionado nessa chamada não foi aprovado pela diretoria da Aneel, no início de 2017.

A Chamada nº 001/2016, "Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D: Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior", também demonstra os esforços da Aneel em articular o uso racional da energia elétrica e a geração distribuída no país (ANEEL, 2016).

No âmbito da tributação destacam-se as ações do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), por meio da publicação do Ajuste Sinief (CONFAZ, 2015) e do Convênio ICMS16/2015 (CONFAZ, 2015). O Ajuste dispõe sobre os procedimentos relativos às operações de circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia.

O Convênio ICMS 16/2015 concede a isenção do ICMS, que passou a incidir sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. Anteriormente, o imposto incidia sobre a energia total consumida, sem considerar a energia injetada na rede pelo micro ou minigerador.

Atualmente, a isenção do ICMS foi aderida pelos seguintes estados brasileiros: Acre, Alagoas, Amapá, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal. É relevante ressaltar que a cobrança ou não do imposto fica a cargo do estado e pode ser retirada. Essa isenção do ICMS foi essencial para a expansão e a viabilidade econômica da geração distribuída no país.

---

Por parte do governo federal, e válida para todos os estados da federação, acrescenta-se a isenção do PIS (Programa de Integração Social) e do Cofins (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), por intermédio da Lei nº 13.169/2015, publicada em outubro de 2015 (BRASIL, 2015). Os tributos federais passaram a incidir apenas sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro e minigeração distribuída.

Há, também, o apoio financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) com taxas diferenciadas para a instalação de sistemas de geração distribuída, a partir de fontes renováveis, e para ações de eficiência energética em hospitais e escolas públicos (MME, 2015). Esse apoio tomou forma por meio da Lei nº 13.203/2015 (BRASIL, 2015).

No final de 2015, o Ministério de Minas e Energia (MME) lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que visa ampliar a geração distribuída com base em fontes renováveis e, principalmente, a solar fotovoltaica. De acordo com o MME (2015), o programa auxiliará na criação de linhas de crédito e de financiamento de projetos de geração distribuída no país. Além disso, irá incentivar a indústria de componentes e equipamentos, com foco no desenvolvimento produtivo, tecnológico e na inovação.

O ProGD também prevê a possível comercialização da energia gerada pelos consumidores no mercado livre e a atualização dos Valores Anuais de Referência Específicos (VRES) para a fonte solar fotovoltaica e para a cogeração a gás natural. O VRES define o valor que a distribuidora paga ao gerador (pela energia que ele entregar à rede de distribuição) (MME, 2015).

Criou-se, também, um grupo de trabalho a fim de auxiliar na definição das ações, composto por representantes do MME, da Aneel, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

---

## 5. MODELOS DE NEGÓCIO PARA A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA:

Apesar da identificação com a geração distribuída fotovoltaica, os conceitos dos modelos de negócio discutidos nesta seção podem se aplicar à geração distribuída de energia elétrica de forma geral. Os novos modelos surgiram da necessidade de acompanhar os avanços do setor, o crescimento da indústria e do mercado. Além disso, a característica disruptiva das novas tecnologias, definida por Kind (2013, p. 3) como “novos produtos ou mercados que substituem produtos e mercados já existentes”, também influenciou na demanda por novos modelos e arranjos comerciais.

Nos Estados Unidos, por exemplo, os modelos de negócio para a energia solar fotovoltaica evoluíram de forma a ter gerações bem definidas. De acordo com Frantzis (2008), o mercado da geração distribuída fotovoltaica está se distanciando da sua característica inicial, na qual o consumidor financiava e gerenciava a maioria dos aspectos de instalação do sistema fotovoltaico. Essa abordagem se refere à Geração Zero dos modelos, que era limitada a um pequeno grupo de pessoas que estavam engajadas com a questão ambiental e buscavam os benefícios de gerar a própria energia.

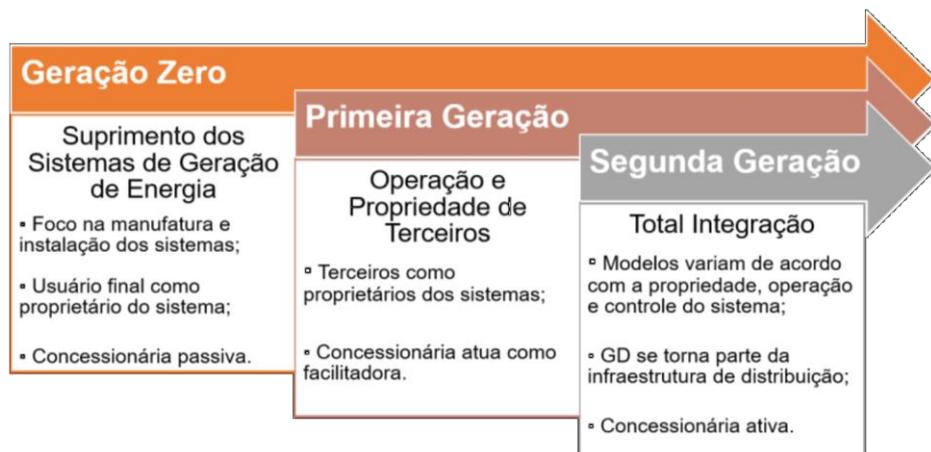
Com o passar do tempo, houve a evolução para a Primeira Geração dos modelos de negócio, na qual o produto (sistema fotovoltaico) se tornou mais atrativo para outros consumidores.

A Segunda Geração dos modelos, também chamada de “Modelos do Futuro”, ainda está para emergir e será caracterizada pela maior integração dos sistemas de geração na rede. Ressalta-se que as iniciativas regulatórias devem permitir a viabilidade dessa integração.

As principais características de cada geração, relacionadas ao consumidor, à distribuidora de energia e a outros agentes envolvidos, são apresentadas na Figura 1.

### **Figura 1: Gerações de modelos de negócio para geração distribuída fotovoltaica**





Fonte: Bajay, Sergio & Jannuzzi, Gilberto & Heideier, Raphael & Vilela, Izana & Paccola, José & Gomes, Rodolfo. (2018). Geração distribuída e eficiência energética: Reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro.

O papel das concessionárias de distribuição de energia elétrica se destaca na evolução dos modelos de negócio. O seu envolvimento com o mercado, caracterizado pelo posicionamento passivo ou ativo, influencia na inserção da geração distribuída no sistema. Portanto, a seleção de um modelo de negócio apropriado promove e acelera a difusão de tecnologias, bem como a criação de valor para os agentes interessados, inclusive para a concessionária.

### **5.1. MODELOS BASEADOS EM PROPRIEDADE E APLICAÇÃO**

Frantzis (2008) também apresentam os principais modelos vigentes nos Estados Unidos, definidos, principalmente, pelo proprietário do ativo e pela aplicação. No que diz respeito à propriedade, são considerados três tipos: usuário do sistema (é, geralmente, o proprietário da residência, comércio ou indústria na qual o sistema de geração será instalado), terceiros (são as empresas que oferecem os serviços relacionados à geração distribuída de energia elétrica) e concessionária (a distribuidora de energia elétrica).

No que diz respeito à aplicação, Frantzis (2008) apontam dois tipos principais para as tecnologias de geração distribuída com sistema fotovoltaico conectado à rede: comercial/industrial e residencial. Essas duas aplicações podem ser restruturadas em “nova construção” e “retrofit” (que considera construções existentes). Os sistemas, portanto, podem ser aplicados em residências, comércios ou indústrias já construídos ou que estão em processo de construção.

## 5.2. Modelos de negócio para as distribuidoras de energia

Os modelos de negócio específicos para as concessionárias distribuidoras de energia são amplamente discutidos nesta seção, pois a geração distribuída pode representar uma ameaça para os negócios e para a geração de receitas, do ponto de vista das empresas. O objetivo dessa discussão é mostrar que oportunidades podem ser exploradas com a geração distribuída e a eficiência energética por meio de modelos inovadores.

Fox-Penner (2009) vislumbra dois cenários futuros para a atuação das concessionárias distribuidoras de eletricidade e acrescenta que o desafio atual das distribuidoras é considerado o maior de sua história. O primeiro cenário é chamado de *smart energy integrators*, que pode ser traduzido como integradores de energia inteligente. Essas empresas, nesse caso, ficariam responsáveis por operar redes inteligentes<sup>5</sup> e pela entrega de energia elétrica, sem ser responsáveis pela operação de centrais de geração ou pela comercialização da energia. Nesse cenário, os clientes seriam livres para contratar os seus fornecedores de energia.

O segundo cenário apresentado pelo autor é denominado *energy services utility* ou, em tradução livre, concessionária de serviços de energia. Nesse caso, as empresas continuam com as relações tradicionais com os clientes, que podem ser ampliadas com outras atividades, como o fornecimento de serviços de entrega de calor, refrigeração, iluminação e eficiência energética.

Para Nimmons e Taylor (2008), uma concessionária de distribuição de energia elétrica é capaz de obter sucesso com a geração distribuída se o seu modelo de negócio servir a vários *stakeholders*, cujos interesses são distintos e, até mesmo, antagônicos. Nimmons e Taylor (2008, p. 23) apresentam três modelos possíveis e em sintonia com a realidade estadunidense: "Ativos de Propriedade da Concessionária, Financiamento dos Ativos via Concessionária, Compra da Energia Gerada pela Concessionária".

Segundo Barros (2014, p. 38), no primeiro modelo a concessionária é proprietária dos ativos de geração e pode realizar o projeto, a instalação, a operação e a manutenção dos sistemas fotovoltaicos tanto em residências ou estabelecimentos comerciais de clientes, quanto em locais da própria distribuidora de energia elétrica.

Quando a distribuidora instala os sistemas fotovoltaicos nas residências ou nos estabelecimentos comerciais, por exemplo, esses clientes "continuam a adquirir a energia das distribuidoras, mas são beneficiados com uma taxa mensal de aluguel dos seus telhados". Destaca-se que esse

---

modelo pode ser vantajoso para a distribuidora, visto que ela continua a vender a energia gerada pelos sistemas para os consumidores, além de ter mais controle sobre a inserção da geração distribuída na sua área de concessão.

Algumas concessionárias não podem ser proprietárias de ativos de geração, por questões regulatórias e/ou econômico-financeiras. Para esse caso, Nimmons e Taylor (2008) indicam o modelo de Financiamento dos Ativos via Concessionária, que consiste em oferecer financiamento e serviços relacionados que auxiliem os consumidores a instalar os sistemas em suas edificações.

Nessa segunda abordagem, há o envolvimento da concessionária como financiadora ou como agente financeiro. Trata-se de fornecer facilidade para o acesso ao crédito e simplificar o acesso do consumidor à geração distribuída. Para Barros (2014, p. 41), o financiamento do ativo via distribuidora de energia pode ser desvantajoso, pois “as empresas precisam manter a infraestrutura de distribuição” e, por isso, “não conseguem reduzir os custos”.

Todavia, há também uma vantagem que já é percebida na aplicação desse modelo nos Estados Unidos: “a possibilidade das empresas obterem reconhecimento dos empréstimos e financiamentos (...) como investimentos e a consequente remuneração no processo de revisão tarifária”.

Caso a empresa concessionária ainda não esteja satisfeita com esse modelo, há uma terceira opção, a Compra da Energia Gerada pela Concessionária, na qual ela cria e captura valor ao comprar a energia gerada por terceiros. De acordo com Barros (2014, p. 42), a contratação de energia se dá “através de contratos do tipo PPA (*Power Purchase Agreement*)”. Esse modelo se assemelha ao tradicional, de contratação de energia para posterior revenda aos consumidores. Nos Estados Unidos, esse modelo se apresenta ideal para os estados que precisam cumprir metas de aquisição de energia por fontes renováveis, por exemplo.

Segundo Richter (2012), os modelos de negócio específicos para as empresas concessionárias podem ser aplicados de duas formas: do lado da concessionária e do lado do consumidor.

O modelo do lado da concessionária é caracterizado por sistemas de maior porte que produzem energia e a injetam na rede. Esse modelo é semelhante às tradicionais plantas centralizadas de geração. Os custos estão associados à implantação das usinas e as receitas provêm das vendas da energia gerada e, eventualmente, de mecanismos de fomento, como tarifas do tipo *feed-in*.

---

No segundo tipo de modelo de negócio, o sistema de geração se encontra instalado na propriedade do consumidor. A concessionária, nesse caso, atua com serviços de consultoria, financiamento, operação e manutenção do sistema ou, então, ela pode ser proprietária do ativo.

Para selecionar o modelo adequado, Richter (2012) aponta que a distribuidora de energia precisa definir em qual parte de cadeia de valor a concessionária almeja atuar: na geração ou junto aos consumidores.

Os modelos de negócio citados representam uma pequena parcela das várias opções existentes. A atuação das empresas concessionárias nos negócios de eficiência energética e geração distribuída é ampla e, para acompanhar as mudanças no setor elétrico, é necessário desenvolver modelos inovadores e criativos. Algumas opções se destacam dentre as demais e são apresentadas, de forma resumida, a seguir:

**Atuar como geradoras:** investir na construção e na operação de centrais de geração distribuída, assim como, quando aplicável, na locação de espaços para geração (telhados, por exemplo).

**Atuar como Esco:** oferecendo projetos e serviços de eficiência energética e geração distribuída.

**Modelo de condomínio operado pela concessionária:** comercialização de cotas de capacidade instalada com os consumidores (em alguns estados americanos é obrigação regulatória).

**Operadora de *leasing*** (locação), **agente financiador** ou **agregador de projetos** (manutenção e administração dos sistemas).

**Operadora de usinas virtuais:** a empresa concessionária equilibra oferta e demanda em sua área de concessão despachando recursos distribuídos, tais como geração distribuída, armazenamento, gestão de carga etc.

De modo geral, as concessionárias precisam ampliar a gama de serviços oferecidos, incluindo os de geração distribuída e de eficiência energética. Algumas empresas controladoras de concessionárias de distribuição brasileiras já estão atuando nesse negócio, por meio de Empresas de Serviços de Conservação de Energia (Escos) e/ou produtores independentes de energia, prestando serviços de eficiência energética, projeto e instalação de geração distribuída, bem como ampliando seus portfólios de geração. Essas empresas começam a atuar como terceiros, mas a propriedade do ativo ainda é do consumidor final.

---

Para que a propriedade passe a ser das distribuidoras de energia é necessário que ocorram mudanças regulatórias que possibilitem e incentivem essa situação. Considerando as opções mostradas, a erosão de receita ocorre quando o usuário final é proprietário do ativo de geração e, atualmente, esse é o cenário da geração distribuída no Brasil.

Logo, a aplicação dos modelos deve almejar o equilíbrio entre a remuneração das concessionárias e o acesso dos consumidores à geração própria de energia.

### 5.3. MODELOS DE GERAÇÃO COMPARTILHADA

Um dos principais obstáculos para a difusão da geração distribuída fotovoltaica é o alto custo dos equipamentos. Asmus (2008) afirma que, com a aplicação de modelos de negócio compartilhados e comunitários, esses custos podem diminuir e a abrangência dessas tecnologias pode aumentar. Ele discute o modelo de negócio denominado *Community Solar*, também conhecido como *Solar Shares*, e chamado de geração compartilhada. Asmus (2008, p. 64) define esse tipo de modelo de negócio como a capacidade de "múltiplos usuários obterem energia de um único sistema fotovoltaico, ou de outros conjuntos fotovoltaicos instalados em diferentes lugares, mas operados como um sistema único". Desse modo, se o consumidor reside em um local com muito sombreamento ou baixa incidência solar, por exemplo, ele poderá adquirir uma parte, ou o total, da sua demanda de energia por meio de uma instalação localizada em outro lugar. A vantagem desse modelo está, principalmente, na divisão do investimento inicial entre os múltiplos usuários atendidos pelo sistema.

De acordo com Asmus (2008, p. 63), o modelo de geração compartilhada é ideal para: "locatários; donos de condomínios; empresas comerciais que possuem suas instalações em prédios alugados; áreas com sombreamento", aspecto relevante para a fotovoltaica, por exemplo; "telhados que precisam de modificações estruturais para suportar painéis fotovoltaicos; e consumidores que planejam mudar de residência". Esses participantes podem comprar frações de energia renovável sem lidar com os altos custos iniciais e as possíveis dificuldades de instalação.

A geração compartilhada também pode ser interessante para as empresas distribuidoras de energia elétrica. Coughlin (2012, p. 6) destacam três modelos de negócio. O primeiro considera a perspectiva das concessionárias distribuidoras de energia elétrica: o Modelo Patrocinado pela Concessionária (em inglês: *Utility-Sponsored Model*). Nesse modelo, a distribuidora de energia "é proprietária ou opera um projeto que está aberto à participação voluntária de consumidores".

---

O segundo modelo, chamado de Modelo de Sociedade de Propósito Específico (SPE) (*Special Purpose Entity (SPE) Model*), consiste na formação de uma SPE, por membros de um grupo, para desenvolver um projeto de geração de energia elétrica compartilhada. Por último, o Modelo sem Fins Lucrativos (*Nonprofit Model*) formado, como o próprio nome já sugere, por uma organização sem fins lucrativos, cuja função é administrar um projeto comunitário de geração de energia em nome dos membros.

A aplicação desses modelos deve considerar variáveis diversas, tais como: alocação de custos e benefícios, financiamento, impostos e questões legais referentes à regulação vigente.

É interessante mencionar a experiência da Holanda com o modelo de geração compartilhada. Huijben e Verbong (2013) mostram como a implantação de sistemas de geração compartilhada em prédios públicos, condomínios e fazendas despertou a atenção dos investidores para a geração distribuída fotovoltaica. Além disso, essa modalidade apontou a necessidade de se criar legislação específica para a compensação de energia virtual (ou *virtual net metering*, em inglês).

Recentemente, no Brasil, a Resolução Normativa nº 687/2015 (ANEEL, 2015a) criou a figura da geração compartilhada de energia elétrica. Diversos interessados podem se unir em consórcios ou cooperativas para instalar uma micro ou minigeração distribuída e, conseqüentemente, podem usar a energia elétrica gerada para a redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

---

## 6. O LADO DO CONSUMIDOR

A participação de consumidores finais de energia nos negócios de eletricidade é uma questão complexa, que deve ser bem pensada e regulamentada para garantir a sustentabilidade econômica do setor elétrico. Países com fortes políticas voltadas para a difusão da geração distribuída, a partir de consumidores finais, têm demonstrado que o sucesso das iniciativas depende da atratividade do negócio para esses pequenos investidores.

Esse interesse pode ser melhorado com a implementação de mecanismos de incentivo que visam, sobretudo, garantir a recuperação do capital investido em prazos razoáveis, tais como tarifas tipo *feed-in*, rebates, taxas reduzidas de financiamento, entre outros. Outras questões como o acesso às informações técnicas, a garantia de acesso à rede e a regulamentação de novos modelos de negócio também são questões-chave para a criação de um ambiente favorável à participação de pequenos consumidores nos negócios de geração distribuída e eficiência energética.

A experiência da geração distribuída na Alemanha, por exemplo, com a implementação das tarifas tipo *feed-in* é um caso de sucesso da participação de pequenos investidores que entraram no negócio da energia elétrica. A participação de vários tipos de proprietários na estrutura de fontes renováveis para a geração de eletricidade na Alemanha, em 2012, era bem distribuída entre companhias de eletricidade privadas e públicas, fundos e bancos, indústria e desenvolvedores de projeto.

Todavia, destacavam-se os cidadãos e os agricultores, as pessoas físicas, que detinham 46% da estrutura de fontes renováveis para geração de eletricidade nesse país (AGORA ENERGIE-WENDE, 2015, p. 13-14).

A seguir são apresentadas algumas das opções para os consumidores atuarem nos negócios de geração distribuída e eficiência energética, contemplando os modelos apresentados anteriormente:

**Consumidor-produtor:** proprietário da instalação, responsável pelo financiamento do projeto.

**Leasing (locação):** uma terceira parte é proprietária dos equipamentos e é responsável pelos custos de instalação, manutenção, contrato e conexão junto à concessionária.

---

**Modelo de condomínio:** consumidores adquirem participações em instalações e contribuem para que agregadores consigam economia de escala com a compra ou a locação de equipamentos de maior porte.

**Agentes agregadores:** agregação da demanda de diversos consumidores para negociação de compra de energia renovável.

Do ponto de vista econômico, os modelos que beneficiam o consumidor são aqueles nos quais a propriedade é de outrem ou é compartilhada, pois o investimento inicial pode ser reduzido por meio do aluguel ou do arrendamento dos sistemas ou, ainda, da venda da energia gerada. O modelo de geração compartilhada também amplia o alcance da geração distribuída, diluindo os custos entre os usuários participantes.

---

## 7. AVALIAÇÃO DAS POLÍTICAS E AÇÕES PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Os programas e mecanismos de incentivo são fundamentais para o desenvolvimento de uma determinada tecnologia. Nos últimos anos, o Brasil avançou em relação à geração distribuída e impulsionou o desenvolvimento do mercado e a criação de várias empresas do ramo, com destaque para a área fotovoltaica.

Ainda há, no entanto, um longo caminho a percorrer para que a geração distribuída se estabeleça de forma sólida. O número de conexões de micro e minigeradores está aumentando e isso é necessário para o crescimento da geração distribuída. No que diz respeito à potência injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN), no entanto, a participação da geração distribuída é mínima.

A Resolução Normativa nº 482, assim como a atualização para a Resolução Normativa nº 687, foram essenciais para a aplicação da geração distribuída no país. Nota-se um esforço da Aneel em ampliar o acesso à geração distribuída ao permitir a geração compartilhada, a instalação em condomínios e o autoconsumo remoto. Apesar de ser uma inovação para o Brasil, essas modalidades já eram praticadas em outros países nos quais a geração distribuída está mais difundida.

Outra iniciativa importante foi a criação do ProGD, programa anunciado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) que propôs movimentar bilhões em investimentos até 2030. Até o momento, entretanto, o ProGD não realizou ações, mudanças ou anúncios adicionais relacionados ao programa, o que gera dúvidas em relação à eficácia e à continuidade deste.

A atuação dos estados na adesão ao Convênio ICMS nº 16/2015 influenciou a viabilidade econômica dos projetos de geração distribuída e a redução do tempo de retorno do investimento.

Ainda há estados brasileiros sem a isenção do ICMS, fator que os posiciona atrás de outros estados brasileiros, impactando os consumidores que estão dispostos a investir e gerar a própria energia.

Os modelos de negócio também podem ser encarados como ferramentas de incentivo, já que auxiliam na difusão da geração distribuída. O desenvolvimento dos modelos exige uma visão de longo prazo. Para que a geração distribuída seja competitiva, não se deve apenas considerar a questão dos custos, mas, também, outros atributos, tais como a não liberação de carbono e de gases poluentes e outros benefícios ambientais, assim como o aumento da segurança energética.

---

Frantzis (2008) apontam que, com a evolução dos modelos de negócio, mudanças nas atividades paralelas à indústria também ocorreram. Em particular, transformações na política, na tecnologia e na regulação da concessionária. Essas alterações influenciam o mercado e podem criar, por exemplo, mais demanda para o setor e outros tipos de oportunidades.

Gordijn e Akkermans (2007) sugerem e avaliam algumas opções de novos modelos de negócio em mercados liberalizados. Os casos avaliados contemplam: o uso da geração distribuída no atendimento à demanda de pico – o momento de maior consumo – na Espanha; a comercialização do excedente de geração a partir de pequenas centrais hidrelétricas no mercado de energia elétrica na Noruega; o planejamento pelo lado da demanda com aplicação da geração distribuída para minimizar riscos de cargas contratadas e variações nos preços da eletricidade na Holanda; e a gestão de redes de distribuição para aumento da capacidade de geração distribuída no Reino Unido.

Nesses estudos de caso, alguns fatores econômicos mostraram-se importantes para melhorar os negócios de geração distribuída, como a permissão da comercialização da energia proveniente de geração distribuída por parte de produtores locais e as políticas regulatórias que impactam diretamente na viabilidade e na atratividade dos negócios. Em todos os casos, o papel do agente regulador mostrou-se crucial para o êxito dos arranjos.

Os modelos de negócio são profundamente influenciados pelos aspectos regulatórios de cada país. No Brasil, a Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012) auxiliou a moldar um novo mercado para a geração distribuída fotovoltaica no país, por exemplo. Atualmente, diversas empresas oferecem serviços de instalação, projetos, construção das estruturas de sustentação dos sistemas e fornecimento de inversores.

No entanto, apesar do crescimento da geração distribuída no país, o consumidor ainda deve estar disposto a pagar pelo investimento inicial de alto custo. Ainda não se destacam os modelos de negócio nos quais as empresas alugam os equipamentos ou oferecem financiamentos com taxas reduzidas para aqueles que não possuem condições econômicas de arcar com os custos dispendiosos de projeto e de instalação.

Os modelos de negócio específicos para a concessionária de distribuição de energia ainda não emergiram, com raras exceções. A atuação das distribuidoras no Brasil é, ainda, passiva e se caracteriza pela oferta do padrão simplificado de conexão à rede e dos serviços de *net metering*

---

(compensação de energia). Desse modo, é possível alocar a maioria das concessionárias na Geração Zero indicada por Frantzis (2008).

No caso específico do Brasil, a concessionária distribuidora não é proprietária dos ativos de geração. Ela compra a energia no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e a entrega para os consumidores, recuperando esses custos junto a eles. Por essa razão, o impacto na tarifa dos demais consumidores também determinará o sucesso dos modelos de negócio adotados.

---

## 8. FONTES DE GD POTENCIAIS NO ESTADO DO PARANÁ

O Estado do Paraná localiza-se ao sul do Brasil, com área de 199.315 km<sup>2</sup>, com uma população de 10.348.937 habitantes, distribuída em 399 municípios, e que apresentou no ano de 2016 um consumo de energia elétrica de aproximadamente 29.3 TWh (EPE, 2016).

É grande o Potencial Hidráulico do Estado do Paraná, no entanto, estima-se que quase 70% deste potencial já tenham sido explorados, ou seja, não existe muito espaço para expansão da matriz hidrelétrica no estado, mormente considerando os impactos ambientais e pressão da sociedade para novos investimentos.

Neste íterim, as fontes renováveis como eólico e solar carecem urgente de crescimento. Ocorre que o potencial eólico do estado levando em consideração as curvas médias de desempenho de turbinas eólicas demonstram valores muito aquém da capacidade instalada em SFVCR na Alemanha em torno de 36.000 MW até o final de 2013 (REN21, 2014).

Diante deste quadro, o levantamento do potencial de energia solar através de SFVCR no estado do Paraná é de extrema relevância para complementar a atual matriz elétrica paranaense.

Em relação à fonte fotovoltaica, poucos estudos e aplicações foram realizados até o momento, concentrando-se basicamente na implantação de sistemas isolados em comunidades onde a rede de distribuição está impossibilitada de atender em função de questões ambientais ou econômicas, necessitando o estado de maiores investimentos neste setor, principalmente em SFVCR onde poucas pesquisas foram desenvolvidas até o momento.

A irradiação solar é uma forma de energia limpa e silenciosa que está disponível em todo o planeta, com maior ou menor intensidade, sendo que o Brasil possui uma condição extremamente favorável apresentando valores de irradiação elevados mesmo em estados pertencentes à região Sul. Uma das formas de aproveitamento desta irradiação é na geração de energia elétrica através de SFVCR.

De acordo com Urbanetz (2010) estes sistemas apresentam como principais características: a. Baixo impacto ambiental, pois na maior parte das vezes pode ser instalado na cobertura de edificações; b. É silenciosa e não emite poluentes durante a sua operação; c. Possui baixo índice de manutenção, podendo ser instalada próximo ao ponto de consumo como forma de geração

---

distribuída; d. Sua instalação é rápida quando comparada com outras fontes renováveis; e. Possui a característica de ser modular, ou seja, pode ser ampliada ou reduzida conforme as necessidades do consumidor, ou ainda reinstalada em outro local; f. Não operam à noite; g. Custos dos componentes como inversores e módulos ainda elevados, principalmente quando se trata de produtos importados.

A energia solar em SFVCR tem apresentado custos cada vez mais reduzidos, e concomitantemente a tendência de reajuste com percentuais cada vez maiores nas tarifas de energia elétrica, faz com que a energia solar fotovoltaica torne-se cada vez mais competitiva no cenário brasileiro, principalmente como fonte complementar a outras já existentes na geração de energia elétrica, e com a vantagem de poder ser instalada próximo ao ponto de consumo principalmente em regiões urbanas, diminuindo as perdas hoje existentes entre o ponto de geração de energia elétrica e o consumidor final.

Com isto, de forma geral, o Brasil começa a apresentar condições extremamente favoráveis para o incentivo à implantação deste tipo de fonte na matriz elétrica nacional, o que faz com que mais pesquisas sobre esta forma de geração de energia elétrica sejam elaboradas, analisando aspectos e comportamentos específicos destes tipos de sistemas em território brasileiro, onde as universidades têm papel importante na pesquisa, no desenvolvimento e na disseminação dos saberes relacionados a esta importante fonte renovável de energia.

Algumas iniciativas foram tomadas no Paraná com o objetivo de fomentar a disseminação desta fonte de energia limpa e renovável. Pudemos presenciar que o estado do Paraná passou a fazer parte, em junho de 2018, do Convênio 16/15 do Conselho Nacional de política Fazendária (CONFAZ), que permite a isenção do ICMS para energia solar. Esta medida além de aumentar a viabilidade desse tipo de energia, também proporciona um maior incentivo à adoção de uma fonte de energia limpa e renovável, diversificando a matriz energética brasileira.

---

## **9. TARIFAS NO BRASIL**

A Tarifa de Energia Elétrica no Brasil é calculada considerando variados fatores, como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado.

A ANEEL desenvolve variadas metodologias que visam que cada um dos segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização) tenha uma remuneração adequada que garanta ao consumidor final o acesso ao serviço com continuidade e qualidade, ao mesmo tempo que crie incentivos às empresas fornecedoras melhorem e barateiem continuamente este serviço. A ANEEL também desenvolve, aplica e estuda formas de sinalizar adequadamente o mercado para que este tenha um comportamento que seja benéfico para todos. (ANEEL)

### **9.1. TARIFA BINÔMIA**

Segundo a ANEEL, a Tarifa Convencional Binômia é aquela aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Os consumidores do grupo A são considerados de alta tensão, por receberem carga de energia em tensão igual ou superior a 2,3 kilovolts (kV). Normalmente, se enquadram nessa descrição, indústrias e estabelecimentos comerciais de médio ou grande porte.

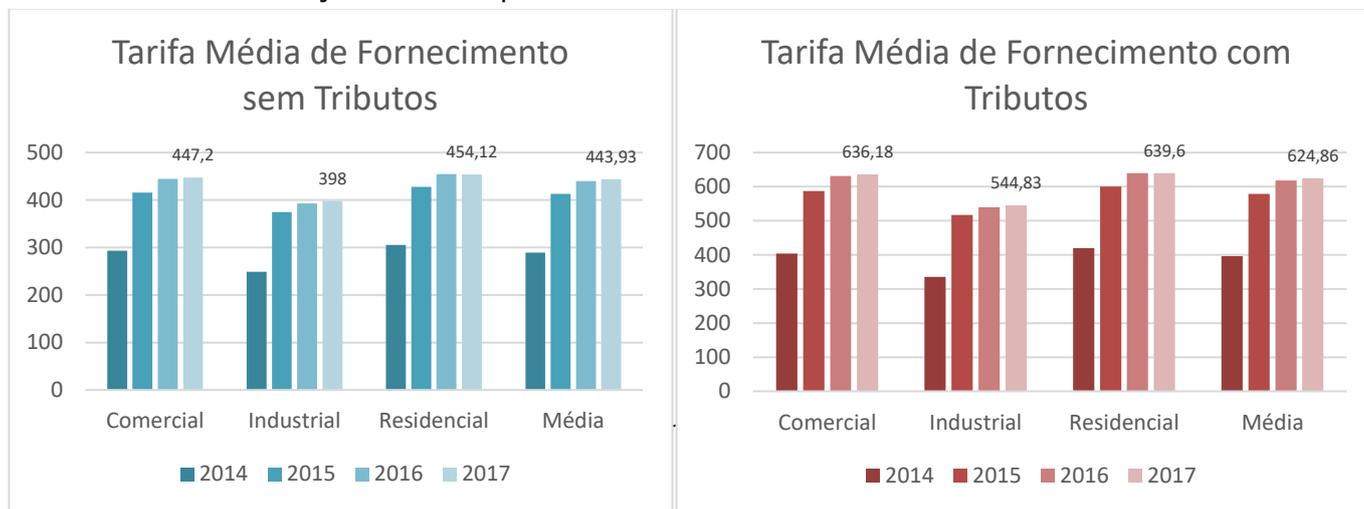
### **9.2. TENDÊNCIA DA TARIFA DE ENERGIA CATIVA**

Nos últimos anos, o setor elétrico brasileiro passou por diversas alterações regulatórias. A dependência da fonte hidrelétrica, positiva pelo lado de seu baixo custo e por ser renovável, também foi um de seus principais desafios. A dependência da fonte hidrelétrica, positiva pelo lado de seu baixo custo e por ser renovável, também foi um de seus principais desafios. Quase metade das usinas hidrelétricas é do tipo "a fio d'água", ou seja, não possui grandes reservatórios de acumulação, deixando o sistema cada vez mais vulnerável à hidrologia. Desta forma há maior número de térmicas para prover a segurança sistêmica ao Sistema Interligado Nacional (FIRJAN,2017). É fato que como geração de base a geração térmica é mais onerosa do que a Hídrica. Por segurança energética há um incremento de custo anual via Distribuidoras o que remete o consumidor a olhar para alternativas de geração de menor custo como a Geração

---

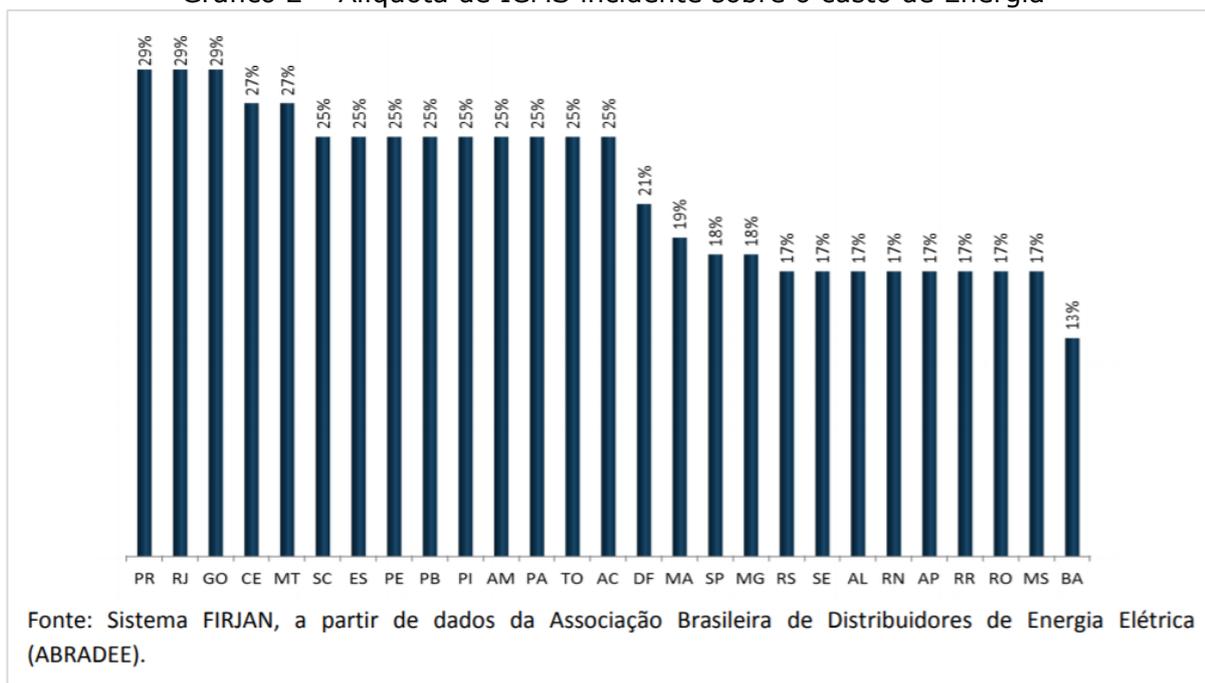
Distribuída que até 1 MW há isenção de ICMS. No gráfico 1 abaixo é possível analisar o aumento alarmante da tarifa ao consumidor.

Gráfico 1- Evolução da Tarifa por Classe de Consumidor. Fonte: Relatórios ANEEL 2018.



estados são elevadas.

Gráfico 2 – Alíquota de ICMS incidente sobre o custo de Energia



Analisando o histórico de reajuste o consumidor não visualiza no curto prazo uma redução dos seus custos com Energia Cativa.

### **9.3. INCENTIVO DA DISTRIBUIDORA PARA GD EM SUA ÁREA DE CONCESSÃO**

O Crescimento da Geração Distribuída preocupa as Distribuidoras de Energia, pois ressaltam a necessidade de investimentos adicionais à rede exigidos pelos novos Prosumidores.

Segundo a CPFL o crescimento da Geração Distribuída é inevitável, já que o Setor Elétrico não possui dispositivos para frear a velocidade dos investimentos nesses projetos. Caso a mini e a microgeração distribuída tenham mais adesão, são previstos impactos econômico-financeiros nas distribuidoras e na sociedade em geral, num fenômeno chamado de "Espiral da Morte": o aumento da escolha pela geração distribuída causa redução da receita das distribuidoras e aumenta seus custos para adequação da rede, o que pode levar ao aumento de suas tarifas, justamente para os clientes não usuários da geração distribuída. Estes podem vir a se tornar novos usuários, o que gera um ciclo vicioso.

As distribuidoras alegam que isso pode levar a uma insolvência do setor, o que não é um consenso na área de energia, com discordância marcante da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSolar). As distribuidoras estudam a possibilidade, portanto, de cobrar uma taxa específica aos consumidores da geração distribuída para armazenar a energia na rede.

### **9.4. Regulação Setorial para Geração Distribuída**

Segundo a CPFL, há uma urgência em trabalhar na regulação operacional da GD. O vice-presidente de Regulação da Energisa, Alexandre Nogueira Ferreira também cita que "É o primeiro modelo em que sem teto vai ter de pagar a conta", disse, numa referência ao fato de que, quando o consumidor instalar painéis fotovoltaicos em seu teto, deixa de pagar a tarifa de energia e outros encargos, o que acaba onerando os consumidores que seguem abastecidos pela distribuidora", logo o subsídio é um ponto a ser estudado pela ANEEL.

---

## 10. ESTUDO DE CASO – CONSUMIDOR RESIDENCIAL

### 10.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO (FV)

A fim de analisar o resultado obtido com a utilização do sistema fotovoltaico, em residência, na região do Paraná, especificamente em Campo Largo, divisa com a Capital do estado Curitiba. Adotou-se como premissa para análise, o consumo médio mensal de 157,12 kWh. Este capítulo irá expor a modelagem do sistema de geração distribuída, bem como as características e parametrizações do componente envolvido na pesquisa.

Os parâmetros e orientações para a modelagem do estudo levaram em consideração:

- Tensão nominal do sistema;
- Potência exigida pela carga;
- Horas de utilização das cargas (perfil de carga): Juntamente com a potência requerida pela carga deverá ser especificado o tempo diário de utilização da referida potência. Multiplicando potência por horas de utilização serão obtidos os watts-hora requeridos pela carga ao final de um dia;
- Localização geográfica do sistema: Tal dado é necessário para determinar o ângulo de inclinação adequado para o módulo fotovoltaico e o nível de radiação (médio mensal) da localidade em questão;
- Autonomia prevista: Refere-se ao número de dias previstos nos quais haverá diminuição ou ausência de geração de energia fotovoltaica.

A estimativa da energia gerada pelo arranjo pode ser calculada de acordo com a equação (1) e a tensão do arranjo conforme a equação (2).

$$W_{\text{Sistema}} (kWh) = HSP \times P_{\text{painel}} \times N \quad \text{EQUAÇÃO (1)}$$

$$V_s (V) = \sum_{i=1}^{\infty} V_{si} \quad \text{EQUAÇÃO (2)}$$

Onde:

$HSP$  – horas de sol pleno [h];

$N$  – números de painéis;

$P_{\text{painel}}$  – potência painel;

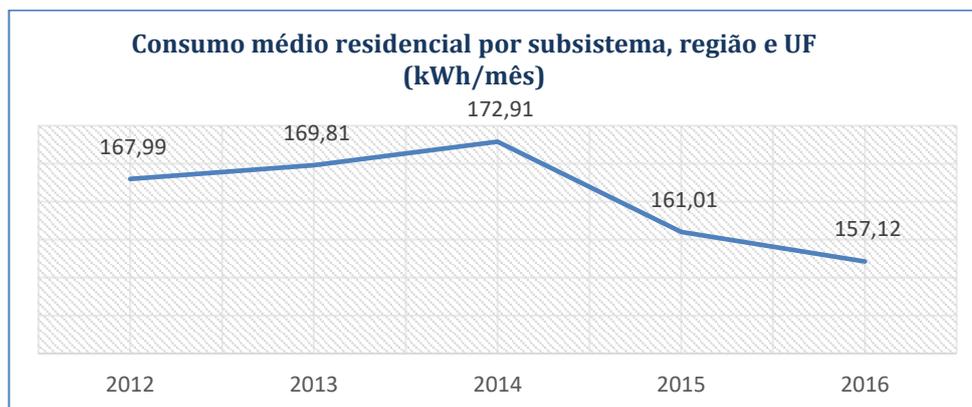
$V_{si}$  – tensão do módulo  $i$  ligado em série [V].

Tabela 1 - Consumo médio residencial por subsistema, região e UF (kWh/mês)

	2012	2013	2014	2015	2016	Δ% (2016/2015)	
Brasil	158,9	163,0	167,2	161,5	159,8	-1,0	Brazil
Sul	178,5	181,6	190,3	177,4	177,1	-0,1	South
<b>Paraná</b>	<b>168,0</b>	<b>169,8</b>	<b>172,9</b>	<b>161,0</b>	<b>157,1</b>	<b>-2,4</b>	<b>Paraná</b>
Santa Catarina	199,1	201,8	212,9	200,2	201,7	0,7	Santa Catarina
Rio Grande do Sul	176,7	181,3	194,1	180,0	182,1	1,2	Rio Grande do Sul

Fonte: EPE -Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017

Gráfico 1 - Consumo médio residencial por região e UF (kWh/mês)



Fonte: EPE -Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017

## 10.2. ANÁLISE DE IRRADIAÇÃO SOLAR

Para o estudo definiu-se, através da coordenada de referência a localidade, com a utilização do programa Google Earth obtém-se a latitude e a longitude aproximada do local de estudo. Entrando-se com os valores obtidos no sistema de dados Sundata ([www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)) são encontradas 3 localidades próximas e são gerados gráficos das radiações solares diárias médias nesses locais.

Coordenada referência: 25°27'10.7"S 49°31'43.0"W=(-25.452975,-49.528596) Campo Largo- PR

Tabela 2 - Irradiação solar diária média [kWh/m2.dia]

Município	Irradiação solar																
	Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Δ
Campo Largo- PR	25,5° S	49,549° O	5,6	5,31	5,15	4,53	3,77	3,03	2,67	2,88	3,86	3,86	4,39	5,28	5,54	4,19	2,87
Campo Largo- PR	25,401° S	49,549° O	6,1	5,29	5,18	4,57	3,78	3	2,64	2,86	3,85	3,87	4,42	5,27	5,56	4,19	2,92
Araucaria PR	25,5° S	49,449° O	9,6	5,33	5,15	4,54	3,78	3,03	2,7	2,88	3,86	3,85	4,41	5,3	5,57	4,2	2,88

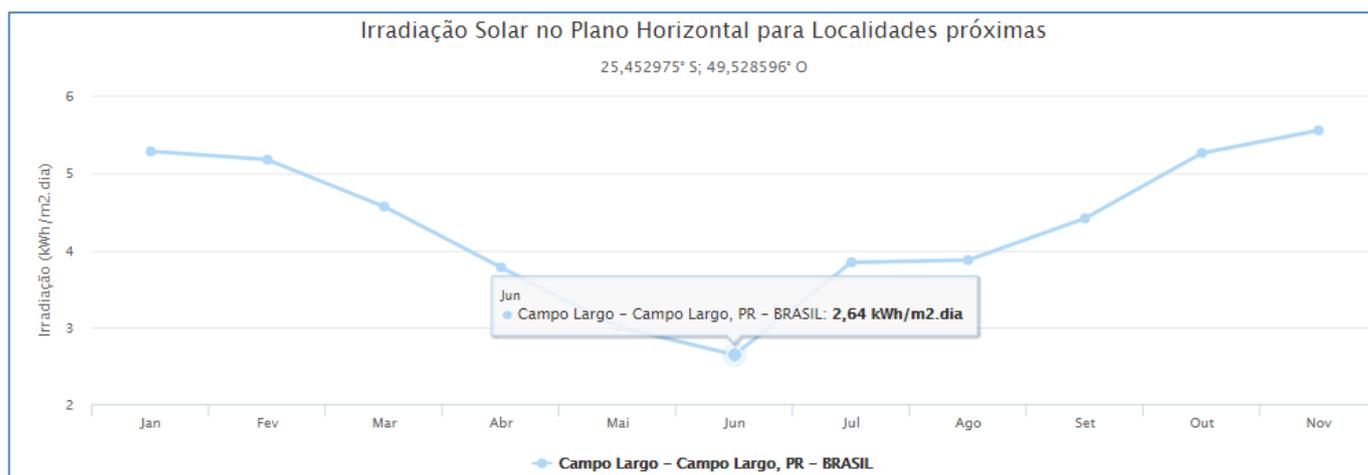


Gráfico 2 - Irradiação Solar do local do estudo

Tabela 3 - Irradiação solar diária média mensal [kWh/m2.dia]

Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	5,31	5,15	4,53	3,77	3,03	2,67	2,88	3,86	3,86	4,39	5,28	5,54	4,19	2,87
Ângulo igual a latitude	25° N	4,81	4,93	4,69	4,3	3,77	3,49	3,7	4,64	4,12	4,3	4,84	4,93	4,38	1,44
Maior média anual	21° N	4,93	5,01	4,7	4,25	3,69	3,39	3,6	4,55	4,11	4,35	4,95	5,06	4,38	1,68
<b>Maior mínimo mensal</b>	45° N	4,02	4,31	4,36	4,3	3,99	3,79	3,98	4,78	3,94	3,84	4,09	4,06	4,12	1

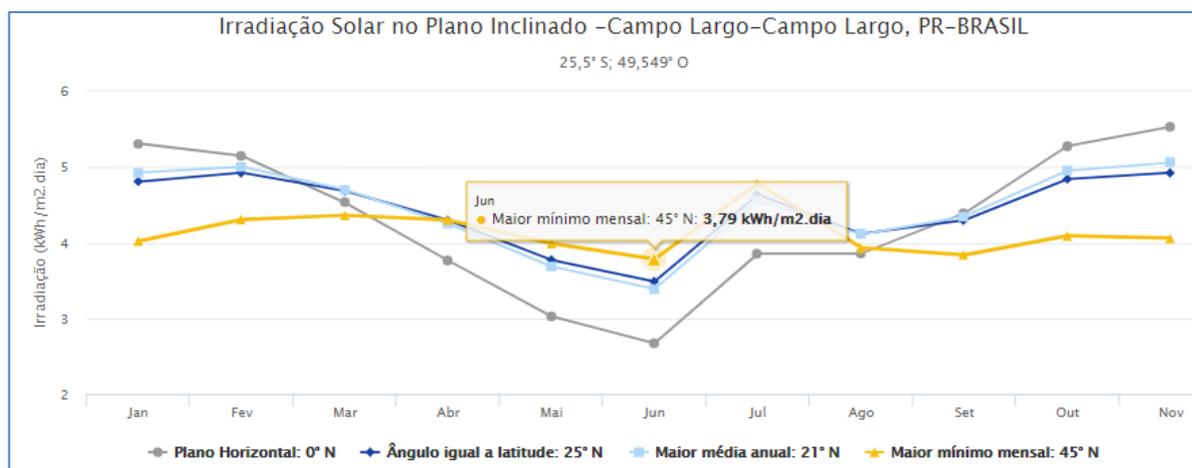


Gráfico 3- Irradiação Solar

Para esse caso, é verificável que o ângulo de posicionamento que fornece o melhor rendimento (kWh/m2.dia) é de 45° Norte.

Considerando o pior cenário, a Irradiação mínima ocorre no mês de junho, verificando a média aritmética desse pior caso.

$$HSP - \text{horas de sol pleno [h]} = \frac{(2,67 + 2,64 + 2,7)}{3} = 2,67 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot d$$

A potência mínima do sistema, sem considerar as perdas, para suprir o consumo mensal é:

Consumo dia: 157,12 meses/30 d = 5,237 kWh

$$Pot \text{ mín do sist} = \frac{5,237}{2,67} = 1,96 \text{ kWh} * d$$

### 10.3. DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS SOLARES (NP)

Além dos parâmetros de localização e consumo médio definiu-se também os equipamentos para o estudo. Para simulação considerou-se o Pannel Solar - CANADIAN SOLAR 330 WP, cujas características e Condições Padrões de Teste\*(CPT) são:



Potência máxima (Pmax): 330Wp  
 Tolerância: 0% a +5%  
 Tensão em circuito aberto (Voc): 45,6V  
 Tensão de Pico (Vmpp): 37,2V  
 Corrente de curto-circuito (Isc): 9,45A  
 Corrente de Pico (Impp): 8,88A  
 Voltagem máxima do sistema: 1000V  
 Tipo de célula: Silício Policristalino  
 Dimensões painel: 1960 x 992 x 40 (mm)  
 Moldura: Alumínio  
 Peso: 22,4 kg

\*CPT: Irradiação de 1000W / m<sup>2</sup>, Espectro de Massa de Ar 1.5 e Temperatura de Célula de 25°C

**Calculo do número de painéis necessários:**

$$Qde\ de\ Paineis = \frac{Pot\ mín\ do\ sist\ c\perdas}{Pot\ Max\ Painel} = \frac{2,724 * 1000\ Wh}{330\ W} \approx 8\ paineis$$

**10.4. DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR**

O dimensionamento do inversor, que segundo (Figueira, 2014) depende da geração do sistema fotovoltaico, é diretamente proporcional a potência nominal do sistema. A potência do inversor deverá ser:  $0,7 \times PSF < PINV\ DC < 1,2 \times PSF$

Onde:

*PSF* = Potência do sistema fotovoltaico  
*PINV DC* = Potência do inversor

Neste caso, para o estudo, optou-se pelo inversor: Inversor Grid-Tie **2,0Kw** com Wi-fi Ecosolys - ECOS2000 PLUS

Custo estimado Total do kit (set/2018): **R\$ 7.493,01**

Custo de instalação estimado (set/2018): **R\$ 1000,00**

Kit composto por Painéis, inversores Conectores e módulos = **R\$ 8.493,01**

**10.5. ANÁLISE FINANCEIRA DO INVESTIMENTO**

Com as premissas e parametrizações feitas até aqui é possível fazer a análise financeira do investimento, conforme segue:

Dados\Premissas		
Irradiação	1,96	kWh/m <sup>2</sup> . dia
Tarifa	R\$ 0,76	/kWh
Reajuste	5%	ao ano
Energia	157,12	kWh/mês
Performance Ratio	82%	
Potência	2,97	kWp
Área	22	m <sup>2</sup>
Degradação	0,5%	ao ano
Degradação 1º ano	1,1%	
Manutenção	0,5%	ao ano
Reajuste OPEX	5%	ao ano
Investimento total	<b>R\$ 8.493,01</b>	Equip. + instal.

Considerando também que a vida útil do equipamento é de 25 anos é elaborado o Fluxo de caixa para o mesmo período demonstrado na tabela 4.

Ano	Geração		Receitas		Despesas		Fluxo de Caixa (FC)	
	Geração	Tarifa	Reembolso	CAPEX	OPEX	FC anual	FC Acumulado	
0	-	R\$ 0,76	R\$ -	-R\$ 8.493,01	R\$ -	-R\$ 8.493,01	-R\$ 8.493,01	
1	1.885,44	R\$ 0,80	R\$ 1.504,58	R\$ -	-R\$ 42,47	R\$ 1.462,12	-R\$ 7.030,89	
2	1.864,70	R\$ 0,84	R\$ 1.562,43	R\$ -	-R\$ 44,59	R\$ 1.517,84	-R\$ 5.513,05	
3	1.855,38	R\$ 0,88	R\$ 1.632,35	R\$ -	-R\$ 46,82	R\$ 1.585,53	-R\$ 3.927,52	
4	1.846,10	R\$ 0,92	R\$ 1.705,40	R\$ -	-R\$ 49,16	R\$ 1.656,24	-R\$ 2.271,28	
5	1.836,87	R\$ 0,97	R\$ 1.781,72	R\$ -	-R\$ 51,62	R\$ 1.730,10	-R\$ 541,18	
6	1.827,68	R\$ 1,02	R\$ 1.861,45	R\$ -	-R\$ 54,20	R\$ 1.807,25	R\$ 1.266,07	
7	1.818,55	R\$ 1,07	R\$ 1.944,75	R\$ -	-R\$ 56,91	R\$ 1.887,84	R\$ 3.153,91	
8	1.809,45	R\$ 1,12	R\$ 2.031,77	R\$ -	-R\$ 59,75	R\$ 1.972,02	R\$ 5.125,93	
9	1.800,41	R\$ 1,18	R\$ 2.122,70	R\$ -	-R\$ 62,74	R\$ 2.059,96	R\$ 7.185,89	
10	1.791,40	R\$ 1,24	R\$ 2.217,69	R\$ -	-R\$ 65,88	R\$ 2.151,81	R\$ 9.337,70	
11	1.782,45	R\$ 1,30	R\$ 2.316,93	R\$ -	-R\$ 69,17	R\$ 2.247,76	R\$ 11.585,46	
12	1.773,54	R\$ 1,36	R\$ 2.420,61	R\$ -	-R\$ 72,63	R\$ 2.347,98	R\$ 13.933,44	
13	1.764,67	R\$ 1,43	R\$ 2.528,93	R\$ -	-R\$ 76,26	R\$ 2.452,67	R\$ 16.386,11	
14	1.755,84	R\$ 1,50	R\$ 2.642,10	R\$ -	-R\$ 80,07	R\$ 2.562,03	R\$ 18.948,14	
15	1.747,06	R\$ 1,58	R\$ 2.760,34	R\$ -	-R\$ 84,08	R\$ 2.676,26	R\$ 21.624,40	
16	1.738,33	R\$ 1,66	R\$ 2.883,86	R\$ -	-R\$ 88,28	R\$ 2.795,58	R\$ 24.419,98	
17	1.729,64	R\$ 1,74	R\$ 3.012,92	R\$ -	-R\$ 92,70	R\$ 2.920,22	R\$ 27.340,20	
18	1.720,99	R\$ 1,83	R\$ 3.147,74	R\$ -	-R\$ 97,33	R\$ 3.050,41	R\$ 30.390,61	
19	1.712,38	R\$ 1,92	R\$ 3.288,60	R\$ -	-R\$ 102,20	R\$ 3.186,41	R\$ 33.577,02	
20	1.703,82	R\$ 2,02	R\$ 3.435,77	R\$ -	-R\$ 107,31	R\$ 3.328,46	R\$ 36.905,48	
21	1.695,30	R\$ 2,12	R\$ 3.589,52	R\$ -	-R\$ 112,67	R\$ 3.476,85	R\$ 40.382,33	
22	1.686,83	R\$ 2,22	R\$ 3.750,15	R\$ -	-R\$ 118,31	R\$ 3.631,85	R\$ 44.014,17	
23	1.678,39	R\$ 2,33	R\$ 3.917,97	R\$ -	-R\$ 124,22	R\$ 3.793,75	R\$ 47.807,92	
24	1.670,00	R\$ 2,45	R\$ 4.093,30	R\$ -	-R\$ 130,43	R\$ 3.962,87	R\$ 51.770,79	
25	1.661,65	R\$ 2,57	R\$ 4.276,47	R\$ -	-R\$ 136,95	R\$ 4.139,52	R\$ 55.910,31	

Tabela 4- Análise de Fluxo de Caixa

### Resultado da Análise:

Caso consumidor objetive investir o mesmo valor a uma Taxa Selic, considerando uma rentabilidade de 6,17% a.a (TMA – Taxa mínima de Atratividade) é verificável que o projeto de Geração Distribuída é mais atrativo.

Na tabela 5 é verificável que o VPL e TIR é crescente reforçando a viabilidade do investimento.

Anos	VPL	TIR
25	R\$ 19.870,86	21%
20	R\$ 14.075,52	21%
15	R\$ 9.886,18	19%
10	R\$ 4.252,17	15%
5	-R\$ 1.858,01	-2%

Tabela 5- Análise de Viabilidade comparativa.

O que se observa da análise financeira é que a aquisição de um gerador de energia solar residencial é um investimento, pois traz um retorno financeiro ao seu proprietário ao longo dos anos na forma da economia gerada na conta de luz, que fica, em média, entre 5 e 6 anos, o que é bem atrativo quando comparado a sua vida útil.

Os principais componentes do sistema fotovoltaico possuem uma longa vida útil que tornam a sua aquisição um investimento seguro, viável e de longa validade. Enquanto as placas (módulos fotovoltaicos) são fabricados com garantia de, no mínimo, 25 anos, a 80% de sua eficiência, o inversor possui vida útil de 15 anos, que pode ser ainda maior caso receba as manutenções periódicas.

### **10.6. CONSIDERAÇÕES PARA ESTE TRABALHO:**

Pode-se observar no decorrer da análise que um gerador de energia solar para residência (ou sistema fotovoltaico de energia solar residencial) permite gerar toda a energia elétrica consumida em uma casa e, que se trata de um sistema que tem VPL e TIR consideravelmente atrativos, sendo realmente vantajoso produzir a própria energia ao invés de consumir da rede elétrica.

Os dados do Ministério de Minas e Energia (MME) indicam que desde 2012, ano em que a regulamentação da geração distribuída entrou em vigor, a constante inflação energética fez com a conta de luz acumulasse uma alta de 499%.

Mas afinal, mesmo diante destes fatos porque os consumidores residenciais, no caso deste estudo, Consumidores Paranaenses, não implantam os sistemas de geração distribuída em suas residências de maneira intensiva?

A resposta para esta pergunta passa pela seguinte análise, quem são os fabricantes dos kits para o mercado de solar, as placas (ou painéis solares), os inversores e as estruturas de fixação? Existe o mercado nacional e o mercado de importados. Em geral, os kits nacionais são de 15 a 25% mais caros que os kits importados. Existe uma escassez de fabricantes nacionais de inversores. Os painéis solares na sua grande maioria vêm da China, mesmo os fabricantes nacionais fazem a montagem destes painéis no sistema "CKD", ou seja, recebem as partes e peças da China e montam no Brasil.

---

Neste sentido, o consumidor que pretende utilizar financiamentos como Finame, Fundo Clima, Bancos de Fomento, BRDE ou outro recurso que exige conteúdo nacional, já teria uma desvantagem no custo do kit, além disso, mesmo as linhas de financiamento existentes estão caminhando para uma maior competitividade. No Paraná a melhor taxa está na faixa de 12% ao ano, ao passo que no Nordeste e Centro-Oeste as taxas estão na ordem de 5 a 6%.

Pela característica imediatista dos consumidores, ao analisar a questão financeira, ficam restritos apenas ao playback, que em geral fica na faixa de 5 a 8 anos, dependendo do grupo, consumo e conta de energia que o consumidor está exposto, ao invés de analisar a VLP e a TIR, falta maior educação financeira por parte dos consumidores.

A expectativa é de que muitos consumidores estão esperando a maior redução dos custos pela escala e o avanço da tecnologia em painéis fotovoltaicos, com potências maiores. Este fator pode até se tornar uma verdade, mas o custo da oportunidade muda com o tempo, e muitas vezes esta equação formada de esperar para ter um preço melhor não é a melhor solução, pois o mercado, câmbio, serviços, custos de tarifas mudam, não são constantes. E se ocorrer um boom de mercado, os preços não vão reduzir, e sim subir.

A distribuidora local – Copel – por sua vez poderia estimular e viabilizar mais a Geração Fotovoltaica, assim como o Governo do Estado. O estímulo por parte dos governos federal e estadual com relação aos impostos, e por parte da distribuidora no sentido de facilitar as instalações certificando os integradores locais por meio de treinamentos específicos, certificações, cadastro e documentação de permissão também fomentaria o mercado de GD.

---

## **11. CONCLUSÃO**

Considerando-se os dados apresentados, pode-se afirmar que a geração distribuída é uma solução viável financeira e tecnicamente para ampliar os sistemas de energia.

Sua implantação acarreta numa série de desafios técnicos, porém, seus benefícios são imediatos, aumentando a oferta de energia no mercado interno.

Podemos concluir que ainda existe muito espaço para a Geração Distribuída avançar em todo território nacional e efetivamente venha a contribuir para o Sistema Integrado Nacional de Energia Elétrica. Especificamente com relação a energia fotovoltaica residencial, a tendência de expansão no Paraná, ainda que encontre barreiras, é de crescimento exponencial.

Isto se justifica porque os consumidores conseguem obter benefícios de produzir energia elétrica em suas próprias instalações e a partir de fontes que não poluem o meio ambiente. A principal vantagem, do ponto de vista econômico, é a possibilidade de reduzir o valor pago às distribuidoras pela eletricidade consumida e o *payback* em geral é de 5 anos, viabilizando o investimento.

---

## 12. BIBLIOGRAFIA

- FALCÃO, Marina Meyer. A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL. Editora Synergia. RJ, 2016.
- James T. C. Wright. ARTIGOS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS FUTUROS SOBRE EMPRESAS DE ENERGIA
- ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. **Electric Power Systems Research**, v. 57, n. 3, p. 195-204, abr. 2001. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378779601001018>>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- AGORA ENERGIEWENDE. **Understanding the Energiewende. FAQ on the ongoing transition of the German power system.** [S.l.], 2015. Disponível em: <[https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Understanding\\_the\\_EW/Agora\\_Understanding\\_the\\_Energiewende.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Understanding_the_EW/Agora_Understanding_the_Energiewende.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2016.
- AMÉRICA DO SOL. **Guia de Microgeradores Fotovoltaicos.** Ideal, 2013. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/guiaFV/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.
- ANEEL. **Resolução no 112, de 18 de maio de 1999.** Brasília, DF, 1999.
- \_\_\_\_\_. **Resolução Normativa no 77, de 18 de agosto de 2004.** Brasília, DF, 2004.
- \_\_\_\_\_. **Resolução Normativa no 271, de 3 de julho de 2007.** Brasília, DF, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Nota Técnica nº 271, de 04 de agosto de 2009.** Brasília, DF, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Chamada no 013/2011 - Projeto Estratégico: Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira.** Brasília, DF, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Resolução Normativa no 482, de 17 de abril de 2012.** Brasília, DF, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Resolução Normativa no 687, de 24 de novembro de 2015.** Brasília, DF, 2015a.
- \_\_\_\_\_. **Tarifas de Aplicação e Base Econômica para o Grupo A e B (CPFL Paulista).** 2015b. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ANEXO\\_CPFLPAULISTA\\_reh20151858.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ANEXO_CPFLPAULISTA_reh20151858.pdf)>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Resolução Normativa no 745, de 22 de novembro de 2016.** Brasília, DF, 2016a.
- \_\_\_\_\_. **Registro de Micro e Minigeradores Distribuídos.** 2016b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp>>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Chamada no 020/2016 - Projeto Estratégico: Aprimoramento do Ambiente de Negócios do Setor Elétrico Brasileiro.** Brasília, DF, 2016c.
- \_\_\_\_\_. **Chamada no 001/2016 - Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D: Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior.** Brasília, DF, 2016d.
- \_\_\_\_\_. **Geração Distribuída - Informações Técnicas.** 2017a. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/asset\\_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracaodistribuidaintroduc1/656827?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracaodistribuidaintroduc1/656827?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br)>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Ranking das Tarifas.** 2017b. Disponível em: <<http://aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- ASMUS, P. Exploring New Models of Solar Energy Development. **The Electricity Journal**, v. 21, n. 3, p. 61-70, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040619008000547>>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- BARROS, L. V. **Avaliação de modelos de negócio para energia solar fotovoltaica no mercado de distribuição brasileiro.** 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- BICALHO, R. **A transição elétrica: muito além da falta de chuvas.** In Energia Elétrica, Blog Infopetro, 10 mar. 2014. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2014/03/10/a-transicao-eletrica-muito-alem-da-falta-de-chuvas/>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- BRASIL. **Lei no 9.074, de 7 de julho de 1995.** Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras
- \_\_\_\_\_. **Decreto no 2.003, de 10 de setembro de 1996.** Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. Brasília, DF, 1996.
- \_\_\_\_\_. **Lei no 9.648, de 27 de maio de 1998.** Altera dispositivos das Leis nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, nº 9.074, de 7 de julho de 1995, nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras - Eletrobras e de suas subsidiárias e dá outras providências. Brasília, DF, 1998.
- \_\_\_\_\_. **Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002.** Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 2002.
- \_\_\_\_\_. **Lei no 10.762, de 11 de novembro de 2003.** Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 2003.
- \_\_\_\_\_. **Lei no 10.848, de 15 de março de 2004.** Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 2004a.
- \_\_\_\_\_. **Decreto no 5.163, de 30 de julho de 2004.** Regulamenta a comercialização de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 2004b.

\_\_\_\_. **Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007.** Brasília, DF, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11488.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11488.htm)>. Acesso em: 1 jan. 2017.

\_\_\_\_. **Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015.** Altera a Lei nº 7.689, de 15 de dezembro de 1988, e dá outras providências. Brasília, DF, 2015a. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13169.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13169.htm)>. Acesso em: 1 jan. 2017.

\_\_\_\_. **Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015.** Dispõe sobre a repactuação do risco hidrológico de geração de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 2015b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/Lei/l13203.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/l13203.htm)>. Acesso em: 4 jan. 2017. providências. Brasília, DF, 1995.

CONFAZ. **Ajuste SINIEF 2, de 22 de abril de 2015.** 2015a. Disponível em: <<https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/ajustes/2015/ajuste-sinief-2-15>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

\_\_\_\_. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015.** 2015b. Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/convenio?icms/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/convenio?icms/2015/cv016_15)>. Acesso em: 4 jan. 2017.

COUGHLIN, J.; GROVE, J.; IRVINE, L.; JACOBS, J. F.; PHILLIPS, S. J.; SAWYER, A.; WIEDMAN, J. **A Guide to Community Shared Solar: Utility, Private and Nonprofit Project Development.** National Renewable Energy Laboratory, 2012.

D'ARAUJO, R. P. **Setor elétrico brasileiro: mais reservatórios ou critérios mais coerentes?** In: Energia Elétrica, Blog Infopetro, 11 jun. 2012. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2012/06/11/setor-eletrico-brasileiro-mais-reservatorios-ou-criterios-mais-coerentes/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

DRURY, E.; MILLER, M.; MACAL, C. M.; GRAZIANO, D. J.; HEIMILLER, D.; OZIK, J.; PERRY IV, T. D. The transformation of southern California's residential photovoltaics market through third-party ownership. **Energy Policy**, v. 42, p. 681-690, 2012.

EDX. **Solar Energy: Discover the power of solar energy and learn how to design a complete photovoltaic system.** Curso. 2017. Disponível em: <<https://www.edx.org/course/solar-energy-delftx-et3034x-0>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

EPE. **Plano Decenal de Energia 2024 - Revisado.** Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

\_\_\_\_. **Plano Decenal de Energia 2025.** Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

EPE/MME. **Estimativa da capacidade instalada de geração distribuída no SIN: Aplicações no horário de ponta.** 2015.

FERRAZ, C. **Transição energética e reforma do mercado de eletricidade.** In Energia Elétrica, Energias Renováveis, Blog Infopetro, 28 set. 2015. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2015/09/28/transicao-energetica-e-reforma-do-mercado-de-eletricidade/>>. Acesso em: 10 out. 2016

FIGUEIRAS, B. DE J. P. P. **Mecanismos de incentivos ao fotovoltaico: estudo comparativo Portugal/Brasil.** 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente) - Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

FOX-PENNER, P. **Smart Power: Climate Change, the Smart Grid and the Future of Electric Utilities.** 1. ed. Washington, DC: Island Press, 2009.

FRANTZIS, L.; GRAHAM, S.; KATOFISKY, R.; SAWYER, H. **Photovoltaics Business Models.** n. fev., 2008.

GORDIJN, J.; AKKERMANS, H. Business models for distributed generation in a liberalized market environment. **Electric Power Systems Research**, v. 77, n. 9, p. 1178-1188, 2007.

GUEDES, J. C. DE S. **Manual de Tarificação da Energia Elétrica,** 2011. Disponível em: <[www.eletrabras.com](http://www.eletrabras.com)>. Acesso em: 5 jan. 2017.

HALLACK, M.; VAZQUEZ, M. **O problema da interação energia eólica, hidráulica e gás natural.** In: Energia Elétrica, Energias Renováveis, Gás Natural, Blog Infopetro, 19 ago. 2013. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2013/08/19/o-problema-da-interacao-energia-eolica-hidraulica-e-gas-natural/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

HUIJBEN, J. C. C. M.; VERBONG, G. P. J. Breakthrough without subsidies? PV business model experiments in the Netherlands. **Energy Policy**, v. 56, n. jan. 2012, p. 362-370, 2013.

KIND, P. **Disruptive Challenges: Financial Implications and Strategic Responses to a Changing Retail Electric Business.** 2013.

KOEPEL, G. **Distributed Generation – Literature Review and Outline of the Swiss Situation.** Zürich, 2003.

LOPES, J. A. P.; HATZIARGYRIOU, N.; MUTALE, J.; DJAPIC, P.; JENKINS, N. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities. **Electric Power Systems Research**, v. 77, n. 9, p. 1189-1203, 2007.

LORA, E. E. S.; HADDAD, J. **Geração distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

LOSEKANN, L. **Desafio do setor elétrico brasileiro: novo papel dos reservatórios.** In Energia Elétrica, Blog Infopetro, 12 ago. 2013. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2013/08/12/desafio-do-setor-eletrico-brasileiro-novo-papel-dos-reservatorios/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

MME. **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar.** 2015. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/co](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/co)>

ntent/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>. Acesso em: 4 jan. 2016.

MUSK, Elon. **The mind behind Tesla, SpaceX, SolarCity**. TED Talks, 2013. Disponível em: <[https://www.ted.com/talks/elon\\_musk\\_the\\_mind\\_behind\\_tesla\\_spacex\\_solarcity#t-6317](https://www.ted.com/talks/elon_musk_the_mind_behind_tesla_spacex_solarcity#t-6317)>. Acesso em: 18 dez. 2017.

NIMMONS, J.; TAYLOR, M. **Utility Solar Business Models: Emerging Utility Strategies & Innovation**. 2008.

ONS. **Plano da Operação Energética 2014/2018 - Sumário Executivo**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/download/avaliacao\\_condicao\\_operacao\\_energetica/RE-3-01662014\\_PEN2014\\_SumarioExecutivo.pdf](http://www.ons.org.br/download/avaliacao_condicao_operacao_energetica/RE-3-01662014_PEN2014_SumarioExecutivo.pdf)>. Acesso em: 4 jan. 2016.

PEPERMANS, G.; DRIESEN, J.; HAESELDONCKX, D.; BELMANS, R.; D'HAESELEER, W. Distributed Generation: Definition, benefits and issues. **Energy Policy**, v. 33, n. 6, p. 787-798, 2005.

RICHTER, M. Utilities business models for renewableenergy: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 2483-2493, 2012.

ROMEIRO, D. L. **As contradições entre a expansão renovável e a flexibilidade térmica no Brasil**. In Energia Elétrica, Blog Infopetro, 19 abr. 2016. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2016/04/19/as-contradicoes-entre-a-expansao-renovavel-e-a-flexibilidade-termica-no-brasil/>>. Acesso em: 20 out. 2016

SCHLEICHER-TAPPESER, R. How Renewables Will Change Electricity Markets in the Next Five Years. **Energy Policy**, v. 48, p. 64-75, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.042>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

STRACHAN, N.; DOWLATABADI, H. Distributed Generation and Distribution Utilities. **Energy Policy**, v. 30, n. 8, p. 649-661, 2002.

TRICOIRE, A. Uncertainty, vision, and the vitality of the emerging smart grid. **Energy Research & Social Science**, Special Issue on Smart Grids and the Social Sciences. v. 9, p. 21-34, set. 2015.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; DE OLIVEIRA, S. H. F. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

**FIRJAN**.<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/quanto-custa-a-energia-eletrica.htm> (Acesso em 05/09/2018).