

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO**

Natália Trevizoli Bressan

**Análise do crescimento da geração distribuída brasileira  
com ênfase no potencial energético da região Norte**

**São Carlos**

**2016**

**NATÁLIA TREVIZOLI BRESSAN**

**ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA GERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA BRASILEIRA COM ÊNFASE NO  
POTENCIAL ENERGÉTICO DA REGIÃO NORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em  
Sistemas de Energia e Automação

Orientador: Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad

São Carlos

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Trevizoli Bressan, Natália

T843a      Análise do crescimento da geração distribuída  
brasileira com ênfase no potencial energético da região  
Norte / Natália Trevizoli Bressan; orientador Frederico  
Fábio Mauad. São Carlos, 2016.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com  
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de  
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,  
2016.

1. Sistemas Isolados. 2. Geração Distribuída. 3.  
Energia Solar. 4. Energia Eólica. 5. Energia  
Hidráulica. 6. Região Norte. I. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Natália Trevizoli Bressan

Título: “Análise do crescimento da geração distribuída brasileira com ênfase no potencial energético da região Norte”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado  
em 22 / 06 / 2016,

com NOTA 8,0 (oito e zero), pela Comissão Julgadora:

*Prof. Associado Frederico Fabio Mauad - (Orientador - SHS/EESC/USP)*

*Mestre Dalva Maria de Castro Vitti - (Doutoranda - SHS/EESC/USP)*

*Prof. Dr. José Carlos de Melo Vieira Júnior - (SEL/EESC/USP)*

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:  
Prof. Dr. José Carlos de Melo Vieira Júnior

## **DEDICATÓRIA**

**Eu, Natália, dedico esse trabalho aos meus pais, Marco e Cássia, e ao meu irmão,  
Leonardo, as pessoas que nunca desistiram de mim.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha família. Aos meus pais, Marco e Cássia, pela confiança, sem a qual nada disso teria sido possível e ao meu irmão, Leonardo, por me fazer rir até nos piores momentos. Sem essas pessoas eu não teria chegado onde cheguei e nem conquistado metade das coisas que conquistei.

Agradeço também aos meus avós, pois sei que mesmo do jeitinho deles, nunca deixaram de torcer pelo meu sucesso.

Obrigada à Aninha, que me ensinou que nada está perdido na vida e esteve presente no início e na finalização de um ciclo que às vezes parecia ser impossível, dando apoio e mais ajuda do que eu poderia esperar.

Aos meus amigos Amanda, Juan e Henrique por transformarem São Carlos em um ótimo lugar para se viver e que participaram das ideias mais loucas que eu tive nos últimos anos.

À Fernanda, que teve participação importante na reta final.

Ao meu primo Lucas e aos meus amigos Pedro, Giuliana, Ernesto, Victor Hugo, Egbert, Bambi, Bianca e Mirella que acreditaram em mim quando eu mesma não acreditava e que me ajudaram muitas vezes sem pedir nada em troca.

À toda minha família, que sempre torceu pelo meu sucesso.

Ao Prof. Dr. Frederico pela orientação.

E a todos que contribuíram de alguma forma para que esse trabalho fosse possível.

## RESUMO

A energia elétrica é um recurso necessário e fundamental para o bom funcionamento e desenvolvimento de toda uma nação. O Brasil é um país de grandes dimensões, possuindo variedades de relevo, vegetativas e climáticas, o que resulta em várias alternativas para geração de energia. Contudo, algumas áreas do país não recebem energia elétrica devido a algumas restrições e barreiras naturais. Uma boa alternativa para levar energia a comunidades não conectadas ao Sistema Interligado Nacional é a geração distribuída, a qual vem recebendo cada vez mais incentivos. Estudos e pesquisas vêm sendo cada vez mais realizados para descobrir qual a forma mais apropriada, rentável e eficiente de geração, onde fontes sustentáveis como solar, eólica e hidráulica tem papel cada vez mais importante. A região Norte do país possui grandes potenciais de geração de energia nas mais variadas fontes, os quais ainda não foram explorados, merecendo uma maior atenção para que possam ser utilizados de maneira adequada, contribuindo para um melhor desenvolvimento da região e do país como nação. A partir disso, nasceu a ideia de analisar a viabilidade de geração distribuída para implementações futuras na região Norte do Brasil, enfatizando as fontes solar fotovoltaica, eólica e hidráulica de pequeno porte, mais conhecidas como Pequenas Centrais Hidrelétricas, fato a ser estudado no presente trabalho.

**Palavras-chaves:** Sistemas isolados; geração distribuída; energia solar; energia eólica; energia hidráulica, região Norte.

## ABSTRACT

Electrical energy is a necessary resource and it is also fundamental to an adequate development and operation of an entire nation. Brazil is a large country, counting with different kinds of landform, vegetation and climate, which results in several alternatives for power generation. However, some country areas do not receive electricity due to some restrictions and natural barriers. A good alternative to bring energy to the communities that are not connected to the National Interconnected System (SIN) is the distributed generation, which has been receiving even more incentives. Studies and researches has been increasingly carried out to find out which is the most appropriate, cost effective and efficient source of generation, where sustainable sources such as solar, wind and hydro are getting increasingly important. The Northern region of the country has great potential for power generation in many different sources which have not been explored yet, deserving more attention so they can be used properly, contributing to a better development of the region and the country as a nation. Thereafter, appeared the idea of analyzing the viability of distributed generation for future implementation in Northern Brazil, emphasizing the solar photovoltaic, wind and small hydropower plants, fact to be studied in this work.

**Keywords:** Isolated systems; distributed generation; solar energy; wind energy; hydropower; North region.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Sistema Interligado Nacional (SIN)</b> .....	20
<b>Figura 2: Centrais elétricas que compõem os Sistemas Isolados - situação em outubro de 2003</b>	27
<b>Figura 3: Densidade demográfica do Brasil – 2010</b> .....	36
<b>Figura 4: Consumo de energia elétrica por região em 2007</b> .....	38
<b>Figura 5: Potencial Eólico da Região Norte</b> .....	41
<b>Figura 6: Média Anual de radiação solar no Brasil</b> .....	43
<b>Figura 7: Média Sazonal da Radiação Solar no Brasil</b> .....	44
<b>Figura 8: Mapa físico da bacia hidrográfica do rio Amazonas</b> .....	46

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Densidade demográfica por estado da Região Norte .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 2: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte – Parte 1 .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 3: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte – Parte 2 .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 4: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte – Parte 3 .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 5: Custo da Energia Solar Fotovoltaica Residencial.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 6: Custo da Energia Solar Fotovoltaica para Comércio e Indústrias .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 7: Custo de Usinas de Energia Solar Fotovoltaica.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabela 8: Custos relativos à instalação de um sistema eólico de pequeno porte .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 9: Custo do kW Instalado em Reais – Parque Eólico.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabela 10: Comparação nos custos da construção de uma PCH em relação à potência gerada e à altura de queda d'água.....</b>	<b>65</b>

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1: Densidade demográfica nas Grandes Regiões - 1872/2010 .....</b>	<b>37</b>
---	-----------

## **LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

ANELL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CELPE - Companhia Energética de Pernambuco

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CMO – Custos Marginais de Operação

CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

GD - Geração Distribuída

GTON - Grupo Técnico Operacional da Região Norte

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS - Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LER - Leilão de Energia de Reserva

MAE - Mercado Atacadista de Energia

MIGDI - Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PDE - Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica

PIB - Produto Interno Bruto

PIS - Programa de Integração Social

SIN - Sistema Interligado Nacional

PROESCO - Projetos de Eficiência Energética

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

REIDI - Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura

SEB - Setor Elétrico Brasileiro

SIGFI - Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente

SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

SUDECO - Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TUSD - Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição

UHE - Usina Hidrelétrica de Energia

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1 Objetivos</b> .....	18
1.1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
<b>1.2 Metodologia</b> .....	18
1.2.1 Levantamento Bibliográfico .....	18
<b>2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA</b> .....	19
<b>2.1 O que é Geração Distribuída</b> .....	19
<b>2.2 Histórico da Geração Distribuída no Brasil</b> .....	21
<b>2.3 Vantagens da GD</b> .....	21
<b>2.4 Desvantagens da GD</b> .....	22
<b>3 O QUADRO BRASILEIRO</b> .....	23
<b>3.1 O Sistema Elétrico no Brasil</b> .....	24
<b>3.2 Sistemas Isolados</b> .....	25
<b>4 ANÁLISE DE CUSTOS</b> .....	27
<b>4.1 Custo de Oportunidade</b> .....	28
<b>4.2 Custo Marginal</b> .....	29
<b>4.3 Custo Fixo e Variável</b> .....	30
<b>5 RISCOS E IMPASSES NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DISTRIBUÍDA</b> .....	31
<b>5.1 Conceito de riscos</b> .....	31
<b>5.2 Impasses na Geração Distribuída</b> .....	32
<b>6 O CENÁRIO DA REGIÃO NORTE</b> .....	34
<b>6.1 O Potencial Eólico da Região Norte</b> .....	40
<b>6.2 O Potencial Solar Fotovoltaico</b> .....	42
<b>6.3 O Potencial Hidráulico</b> .....	45
<b>7 IMPLEMENTAÇÃO PARA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA</b> .....	46
<b>7.1 Impasses</b> .....	47

7.2 Viabilidade econômica.....	49
7.3 Custo para instalação de painéis fotovoltaicos.....	50
7.4 Incentivos.....	51
7.5 Benefícios.....	55
<b>8 IMPLEMENTAÇÃO PARA GERAÇÃO EÓLICA DISTRIBUÍDA.....</b>	<b>55</b>
8.1 Impasses.....	56
8.2 Viabilidade econômica.....	57
8.3 Custos para instalações de turbinas eólicas.....	58
8.4 Incentivos.....	60
8.5 Benefícios.....	61
<b>9 IMPLEMENTAÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS.....</b>	<b>61</b>
9.1 Impasses.....	62
9.2 Viabilidade econômica.....	63
9.3 Custo para instalação de novas usinas.....	64
9.4 Incentivos.....	65
9.5 Benefícios.....	68
<b>10 CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o século XX, a oferta de energia provinha principalmente de combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral, os quais deram suporte ao crescimento e ao desenvolvimento da economia mundial. Porém, já no século XX, o cenário recebeu algumas mudanças, onde o desenvolvimento sustentável passou a ser foco de grandes interesses e estudos (ANEEL, 2008).

O Brasil, país que conta com 8.515.767,049 km<sup>2</sup> (IBGE, 2016) e mais de 190 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Mesmo com um dos maiores sistemas de linhas de transmissão do mundo, ainda possui algumas comunidades não conectadas ao Sistema Interligado Nacional, necessitando gerar sua própria energia. Nesse cenário, a geração distribuída merece atenção especial, visto que é gerada próximo ao local de consumo e não precisa de grandes linhas de transmissão para chegar até o consumidor final.

É um enorme desafio levar energia elétrica para todos os consumidores de um país como o Brasil, onde se encontram os mais variados relevos, diferentes vegetações e barreiras naturais. O setor elétrico está em constante evolução no país, levando em consideração dados desde aspectos legais e normativos quanto ao avanço tecnológico (ANEEL, 2008).

Contudo, novas fontes para geração de energia têm sido buscadas e a maior atenção é destinada àquelas fontes sustentáveis, como solar, eólica e hidráulica. Mesmo com a existência de inúmeras usinas hidrelétricas espalhadas pelo país, menos de 30% de todo o potencial hidráulico existente foi explorado (ANEEL, 2008).

Outro ponto importante é o equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia, o qual não pode ser alcançado apenas aumentando a oferta, sendo possível e desejável trabalhar, também, com a demanda, criando um ambiente onde a busca da eficiência energética seja relevante. A demanda energética deve se manter compatível com o aumento do consumo que pode vir provocado por um novo ciclo de crescimento econômico, fato que se observa principalmente em países em desenvolvimento. Porém, alinhado a esse desenvolvimento tem-se o fato de que as fontes tradicionais devem ser substituídas por recursos menos agressivos ao meio ambiente (ANEEL, 2008).

Segundo dados históricos, a região Norte é onde se concentra a maior parcela da população brasileira sem acesso à energia elétrica. Fatos como baixa densidade demográfica, baixa geração de renda e uma geografia impactante levando em consideração a densa e extensa floresta presente e seus inúmeros rios, a expansão das grandes linhas de transmissão e das redes



de distribuição acaba sendo interrompidas. Porém, como contraste em relação ao acesso à rede elétrica, a região Norte é a que possui maiores potenciais ainda não explorados para a geração de energia elétrica no Brasil (ANEEL, 2008).

Nos dias atuais, a região Norte apresenta basicamente fontes térmicas e hidráulicas para a geração de energia, deixando espaço para outras fontes como solar e eólica, ambas ainda pouco exploradas em território nacional e com enorme potencial a ser desenvolvido e estudado. Juntamente com essas fontes alternativas de geração de energia elétrica, devemos citar as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), as quais podem ser uma ótima resposta à geração de energia dentro de comunidades sem acesso à rede na região, visto que os impactos causados são consideravelmente menores que os relacionados às grandes hidrelétricas, não necessitando de grandes reservatórios de água e modificando o ambiente a sua volta em menor quantidade.

O intuito do presente trabalho é definir a melhor e mais eficiente forma de energia sustentável a ser implementada na região Norte brasileira levando em consideração seus potenciais para a geração de energia elétrica focando nas fontes solar fotovoltaica, eólica e hidráulica.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo do presente trabalho é apresentar a viabilidade de geração distribuída para implementações futuras na região Norte do Brasil com ênfase nas fontes solar fotovoltaica, eólica e hidráulica de pequeno porte, mais conhecidas como pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar o cenário energético e o potencial brasileiro na atualidade;
- Apresentar o cenário energético da região Norte do Brasil na atualidade;
- Apresentar o potencial energético nas fontes solar, eólica e hidráulica da região Norte;
- Apresentar o potencial para novos empreendimentos de geração distribuída na região norte;
- Apresentar o que é Geração Distribuída e seu respectivo histórico no Brasil;
- Realizar um levantamento bibliográfico sobre viabilidade de geração de energia nas fontes solar, eólica e hidráulica;
- Realizar um levantamento bibliográfico sobre a viabilidade econômica e de instalação de novos centros geradores;
- Realizar um levantamento bibliográfico sobre vantagens, desvantagens das fontes selecionadas de geração de energia;
- Realizar um levantamento bibliográfico e posterior análise de custos para implementação de novos empreendimentos no setor de geração distribuída.

## **1.2 Metodologia**

### **1.2.1 Levantamento Bibliográfico**

O levantamento bibliográfico seguiu dados de livros relacionados e sites governo como ANEEL, ONS, MME, EPE, ANA, IBGE, INPE, INEE e CCEE. Através de palavras-chave: Geração Distribuída no Brasil, energia elétrica no Brasil, energia elétrica na região Norte, potencial energético brasileiro, potencial energético da região norte, geração sustentável,

geração solar fotovoltaica, geração eólica, pequenas centrais hidrelétricas, sistemas isolados. Os artigos foram baixados mediante a disponibilidade virtual e base de dados vinculados à USP.

## **2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

### **2.1 O que é Geração Distribuída**

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), Geração Distribuída é uma expressão utilizada para explicitar a geração de energia elétrica realizada juntamente ou próxima aos consumidores finais, independentemente da fonte energética escolhida, da tecnologia aplicada ou da potência gerada.

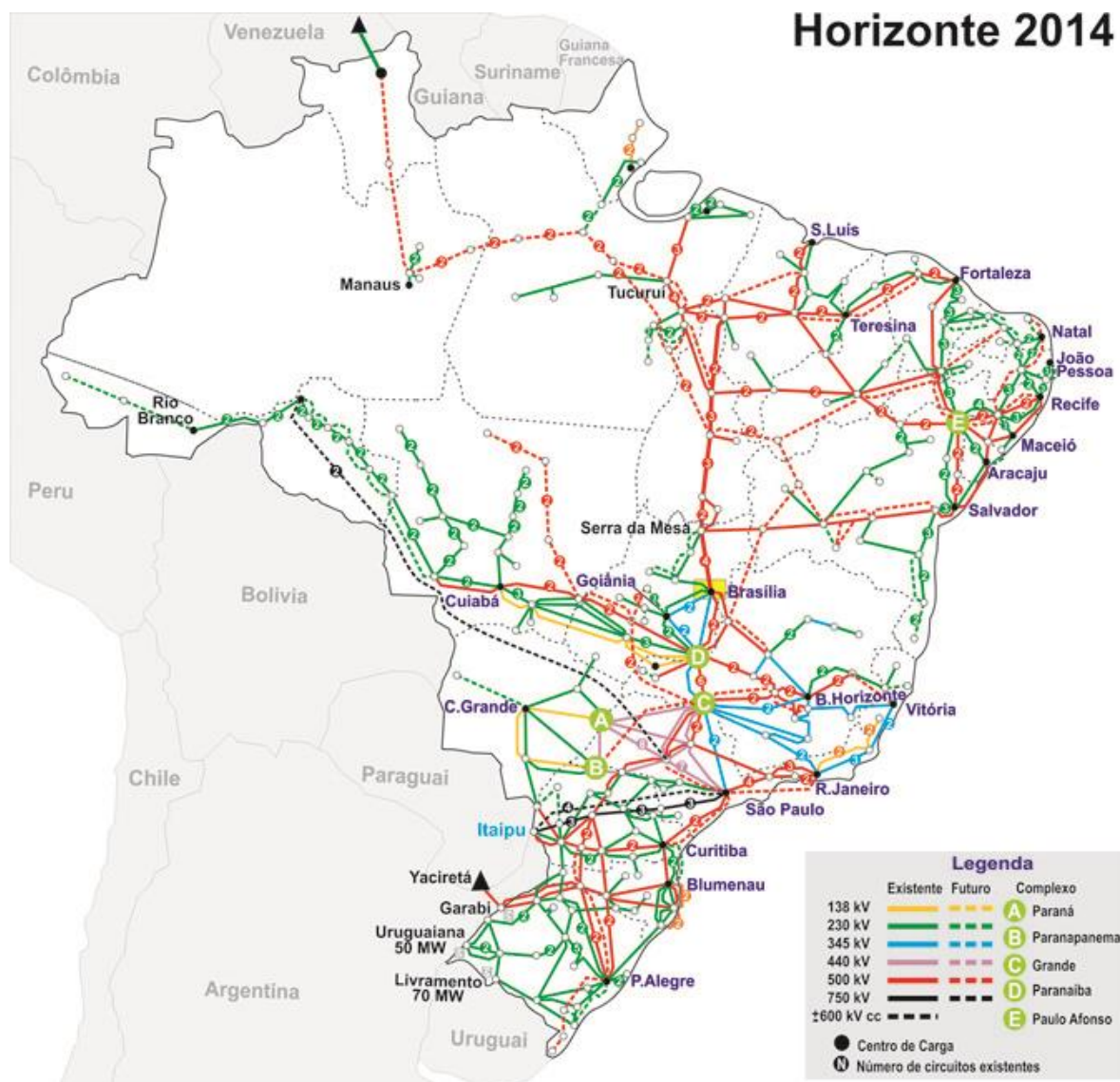
Devido à proximidade do local onde será consumida a energia produzida, o transporte por intermédio do Sistema Interligado Nacional (SIN) não é necessário, o que acaba por aumentar a qualidade do fornecimento de energia elétrica. Ainda segundo o INEE, a geração realizada próxima às cargas torna todo o sistema mais confiável e estável, pois mantém a tensão utilizada em níveis mais adequados e possibilita um alívio de sobrecarga e de congestionamento do sistema de transmissão.

O SIN, de acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2016), pode ser definido da seguinte forma:

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica.

Na Figura 1 pode ser visualizada a atuação do SIN no território nacional.

Figura 1 - Sistema Interligado Nacional (SIN)\*



\*Extraído do ONS, 2014

A partir da visualização desse mapa, fica claro que a região norte é a mais carente de abastecimento de energia elétrica, o que acaba acarretando em uma grande quantidade de sistemas isolados. Esses sistemas se caracterizam pela grande dificuldade de logística de abastecimento de certas regiões e, no Brasil, podem ser explicados pelas grandes dimensões continentais que possui e pela localização afastada de alguns municípios e comunidades em relação aos grandes centros de consumo e, sendo ainda mais específico, quando se trata ainda da região norte, outro ponto que contribui na presença desses sistemas isolados é o fator de preservação da região, dificultando ainda mais a integração de certas localizações aos grandes sistemas de energia elétrica (Brasil, 2014).

## **2.2 Histórico da Geração Distribuída no Brasil**

Na primeira metade do século XX, predominava a geração de energia elétrica perto do consumidor final, visto que praticamente toda a energia industrial era gerada localmente. Porém, a partir da década de 1940, os custos com a geração de energia elétrica em grandes centrais começaram a abaixar, o que, conseqüentemente, fez com que diminuísse o interesse dos consumidores pela Geração Distribuída (GD) e aumentassem os incentivos para tecnologias de geração de energia de grande porte (INEE, 2016).

Contudo, após fermentar as crises do petróleo, novos fatores serviram para alterar esse painel. Já na década de 1980, o fim do abarcamento da geração de energia elétrica incentivou o desenvolvimento de novas tecnologias no setor e resultou em uma redução de custos significativa para o consumidor. Finalmente, na década de 1990, ocorreu uma reforma no setor elétrico brasileiro, a qual acabou estimulando os potenciais elétricos do país com custos competitivos e melhoria dos sistemas (INEE, 2016).

Em 2004, com a Lei 10.848/04 que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, a GD é mencionada resultando em um aumento desse sistema. Juntamente com o Decreto 5.163/04 que regulamenta a comercialização, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, dispõem de alguns pontos que acabam por ajudar as empresas distribuidoras, as quais até então eram a maior barreira a esse método de geração (INEE, 2016).

## **2.3 Vantagens da GD**

Levando em conta que geração de energia elétrica ocorre muito perto do consumidor final, muitas vantagens são oferecidas pela GD ao setor elétrico. O transporte de energia elétrica sofre menos perdas devido à pequena distância, aumentando a qualidade da energia oferecida (OLADE 2011, apud BARBOSA; AZEVEDO, 2014 p.2). A estabilidade do sistema elétrico é aumentada significativamente devido à existência de reservas de GD (INEE, 2001, apud BARBOSA; AZEVEDO, 2014 p.8) melhorando, assim, a confiabilidade do sistema.

Além disso, segundo a Resolução Normativa nº 482 de 2012, a qual passou por algumas atualizações constadas na Resolução Normativa nº 687 de 2015, "estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências" (ANEEL, 2012), permite que o consumidor compre ou venda energia elétrica da rede e para a rede.

Quando a energia elétrica gerada pelo sistema de GD for superior à utilizada em determinado mês, o consumidor acumula créditos em sua conta de luz que podem ser utilizados em suas próximas faturas, ou seja, quando a energia gerada pelo seu sistema próprio não for suficiente para abastecer a demanda.

As aderências aos sistemas de GD vem aumentando muito desde as primeiras instalações no país, em 2012. Entre 2014 e 2016 os registros cresceram demasiadamente, passando de 424 conexões documentadas para 1930 conexões. A partir da revisão da norma, a qual simplifica os procedimentos necessários para registro, é esperado que até 2014 mais de 1,2 milhão de consumidores passem a produzir sua própria energia, o que é equivalente a 4,5 GW de potência instalada (ANEEL, 2016).

A GD também permite um acréscimo significativo em relação à distribuição geográfica de geração de energia elétrica, visto que a geração não ocorre de forma centralizada e pode ser instalada em locais onde não contam com usinas geradoras convencionais ou não recebem energia elétrica da rede (COGEN, 2013, apud BARBOSA; AZEVEDO, 2014 p.3).

Finalmente, outro fator que deve ser notado é em relação aos investimentos para instalação de um sistema de GD. Tendo em vista que a produção é local sem necessidade de grandes sistemas de transmissão e distribuição, acaba reduzindo-se significativamente os gastos que teriam com a utilização dessas grandes redes (SOLARVOLT, 2015). Aliado a esse fato, a grande diversidade e possibilidade de instalações de sistemas de GD e seus respectivos investimentos privados concebidos, tende a aumentar a quantidade de agentes geradores que participam do setor elétrico e que são distribuídos regionalmente (COGEN, 2013, apud BARBOSA; AZEVEDO, 2014 p.8).

## **2.4 Desvantagens da GD**

Apesar de todas as vantagens apresentadas, a GD acarreta também desvantagens, as quais não devem ser esquecidas. O aumento do número de produtores independentes exige uma maior sincronia à rede e, conseqüentemente, um acréscimo na complexidade de operação da rede de distribuição, a qual passará a ter um fluxo bidirecional de energia já que o proprietário do sistema pode interagir diretamente com a mesma, comprando ou vendendo a energia gerada. A tensão apresenta dificuldade maior de ser controlada no período de carga leve, a distorção harmônica na rede é aumentada e os níveis de curto-circuito das redes são alterados (APINE, 2010).

As possíveis fontes de geração são intermitentes, ou seja, ocorrem interrupções não esperadas na quantidade da fonte oferecida (ventos, radiação solar e água), influenciando diretamente na quantidade de energia gerada. Os custos de implantação ainda são elevados juntamente com o tempo de retorno do investimento, podendo ocasionar desistência por parte dos investidores. (APINE, 2010).

O autoprodutor perde parte de sua autonomia a partir do momento em que é conectado ao sistema de transmissão e distribuição, pois não poderá maximizar seu benefício próprio em situações onde o benefício global dos usuários possa ser prejudicado (BARBOSA; AZEVEDO, 2014 p.1). Isso ocorre porque o produtor deverá obedecer regras e leis impostas à ele nesse modelo, não podendo apenas pensar em sua residência como um local isento de obrigações e não conectado às grandes redes de transmissão e distribuição.

### **3 O QUADRO BRASILEIRO**

O Brasil se caracteriza por ser o quinto maior país em dimensões territoriais e por possuir a quinta nação mais populosa do mundo, contando com quase 184 milhões de habitantes segundo estimativas geradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Segundo dados oficiais liberados pela Aneel, o Brasil possui mais de 61,5 milhões de unidades consumidoras, as quais estão distribuídas em 99% dos municípios brasileiros (ANEEL, 2008). Além disso, o país aparece na sétima posição mundial como maior consumidor de energia, segundo o relatório do Banco Mundial (CARSTENS, 2014).

Graças a sua enorme extensão, apresenta uma variação considerável de relevo e de biodiversidade vegetativa, grande diversidade climatológica com altos índices pluviométricos, alta incidência solar e significativa recorrência de ventos, não esquecendo, também, da presença dos mais variados rios.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2013), o consumo de energia elétrica no Brasil apresentou crescimento quatro vezes maior que o Produto Interno Bruto (PIB). Pode-se dizer que o perfil de consumo de energia elétrica brasileiro vem sendo alterado em um compasso que não tem sido acompanhado pela capacidade de geração e distribuição de energia (CARSTENS, 2014).

Toda essa necessidade de crescimento energético acaba balançando significativamente o mercado, atraindo mais atenção com um alto volume de investimentos. Fica claro que o país precisa de novas fontes de energia a serem exploradas, melhoria no ambiente de distribuição e na atuação das mais variadas formas de geração de energia. Aliado a esses fatos, a significativa

presença de sistemas isolados, municípios e comunidades carentes dos grandes sistemas de distribuição de energia elétrica, impulsiona ainda mais o desenvolvimento do setor de fontes alternativas.

### **3.1 O Sistema Elétrico no Brasil**

Levando em conta os processos de geração e transmissão da energia elétrica, o Brasil apresenta o SIN. Esse sistema é composto por usinas geradoras, grandes linhas de transmissão e ativos de distribuição, abrangendo a maior parte do território do país (ANEEL, 2008).

O nível da atividade econômica da região, a capacidade de geração aliada à disponibilidade da fonte energética escolhida e densidade demográfica são consideradas variáveis importantes para se determinar o perfil do atendimento ao consumidor. Por exemplo, as regiões Sul e Sudeste são as que registram melhor relação entre número de indivíduos residentes e unidades consumidoras de energia elétrica. Apresentam maior densidade demográfica e maior desenvolvimento econômico e social, tendo como consequência um maior atendimento aos consumidores e redes de transmissão mais densas. Além disso, a necessidade de atendimentos de novos pontos não existentes no sistema, pode ser realizada a partir de pequenas intervenções a fim de expandir a rede (ANEEL, 2008).

Já quando analisamos o quadro das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, percebemos que é onde se encontra a maior parcela da população sem acesso à rede. Baixa densidade demográfica, alto número de habitantes com baixo poder aquisitivo e fronteiras geográficas são alguns dos fatores que contribuíram para essa realidade (ANEEL, 2008).

Contudo, entre 2003 e 2004, o governo apresentou as diretrizes de um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro (SEB), orientado pelas seguintes leis:

- Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004: "Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências." (BRASIL, 2004)
- Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004: "Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências." (BRASIL, 2004)



O novo modelo adotado definiu a criação de algumas instituições visando um melhoramento da organização do sistema. Dessas entidades, temos a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), responsável por planejar o setor elétrico a longo prazo, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), com a finalidade de avaliar o suprimento de energia elétrica, o Mercado Atacadista de Energia (MAE) e finalmente a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), responsável pela comercialização de energia elétrica no SIN (ONS, 2016).

Esse novo modelo visava o atendimento de três objetivos principais que eram a garantia da segurança do suprimento de energia, a promoção de uma tarifa acessível a todos cidadãos e inserção social no Setor Elétrico Brasileiro (SEB) (ONS, 2016).

Além disso, o exercício do Poder Concedente, ou seja, a entidade que detém a titularidade do serviço público, foi dado ao Ministério de Minas e Energia (MME) e também foi realizado um aumento da autonomia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), entidade responsável por controlar e coordenar a operação das instalações de geração e transmissão do SIN (ENGIE, 2016).

Já a atuação da ANEEL, agência independente com finalidade de regular e fiscalizar a geração, transmissão e comercialização de energia elétrica no país, foi priorizada nas suas diversas áreas de atuação, objetivando preservar o equilíbrio econômico-financeiro dos agentes geradores e proteger os consumidores em relação aos custos de comercialização da energia (ENGIE, 2016).

Em resumo, as atividades exercidas por órgãos governamentais ficam por conta do CNPE, MME e CMSE, as regulatórias são comandadas pela ANEEL e, por fim, as operações de planejamento ficam sob controle da EPE, ONS e CCEE, tudo alinhado aos setores de geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica dentro do Brasil.

### **3.2 Sistemas Isolados**

Dentro do Brasil, existem vários pequenos sistemas de geração de energia elétrica que não são conectados ao SIN e, devido a esse fato, levam o nome de sistemas isolados. Esses sistemas aparecem principalmente na região Amazônica, no norte do país, fato que pode ser explicado devido às características geográficas da região, que conta com uma densa floresta que dificulta instalação de grandes linhas de transmissão (ANEEL, 2008).

Atualmente, essas pequenas unidades geradoras de energia elétrica usam, em sua grande maioria, óleo diesel como fonte de geração, abrindo espaço para uma maior exploração de setores geradores de energia a partir de fontes renováveis como eólica e solar.

Esses sistemas são caracterizados pela geração de energia em pequeno porte no estilo GD e pela sua grande dificuldade de logística de abastecimento. Sua localização afastada de pontos onde existem interligação com o SIN, justificam sua existência. Sua operação é coordenada pelo Grupo Técnico Operacional da Região Norte (GTON), que é responsável pelo acompanhamento e planejamento de toda a operação dos sistemas isolados da região norte do país. Nos últimos anos, esses pequenos centros geradores vem se apresentando em processo de integração ao SIN (BRASIL, 2014). A Figura 2 ajuda a visualização da distribuição desse sistema pelo território brasileiro.



Custo pode ser considerado como toda a quantidade de recursos financeiros que engloba a aquisição de bens materiais, compra e venda de produtos, trabalhos e serviços prestados pela empresa em questão incluindo a manutenção de equipamentos e despesas administrativas. Todos os gastos desde a compra de materiais para a produção, até a finalização e a venda do produto ou o término do bem de serviço que estava sendo visado.

Dentro do que foi dito, para uma melhor análise e contabilidade das despesas operacionais, é necessário separar os gastos relacionados à matéria prima, à mão de obra e à manutenção de equipamentos utilizados.

Segundo Sá (1995), se definem custos como tudo aquilo que foi investido a fim de se conseguir um produto, um serviço ou uma utilidade (SÁ, 1995, apud BRACIANI, 2011 p.17). Porter (1985) completa dizendo que a partir da direção tomada pelos custos, uma empresa pode aumentar suas vantagens competitivas acabando por desempenhar um grande controle sobre a indústria da qual participa (PORTER, 1985, apud BRACIANI, 2011 p.17).

Para Leone (1997), são os valores relativos aos fatores de produção utilizados por uma empresa para produzir e distribuir os produtos e serviços produzidos pela mesma (LEONE, 1997, apud WERNKE, 2000 p.12). E finalmente, Martins (1992) considera custo como sendo os gastos relativos para se obter um bem ou um serviço que virá a ser utilizado na produção de outros bens e serviços, ou seja, o valor total dos insumos necessários pela empresa para a fabricação do seu produto final almejado (MARTINS, 1992, apud WERNKE, 2000 p.13).

Considera-se, então, que custos e gastos estão interligados a partir do momento em que se adquire os materiais e equipamentos necessários para a produção de um produto ou prestação de um serviço até sua devida finalização incluindo procedimentos necessários como transporte, funcionários e outros, onde, levando em consideração os dados relacionados obtidos, será possível determinar o preço de venda do objeto de estudo em questão ao respectivo público.

#### **4.1 Custo de Oportunidade**

Os investidores sempre se encontram a frente de várias alternativas e possibilidades para aplicação de seu capital. Antes de mais nada, porém, é necessário estudar muito bem o caso onde pretende-se investir, principalmente em casos onde o investimento inicial é alto. Quando se tem mais de uma alternativa para a tomada de decisão final, o custo de oportunidade pode ser levado em consideração. A partir do momento em que a decisão é tomada, o investidor arcará com os reflexos de sua escolha que podem resultar em lucros ou prejuízos impactantes.

Quando decidimos seguir por determinado caminho, alocamos parte do nosso capital para àquela direção, abrindo mão de outros investimentos que poderiam ter sido realizados caso nossa decisão fosse diferente (oportunidade abdicada), deixando, dessa forma, alguns benefícios de lado visando outras metas.

Martins (2001) diz que o custo de oportunidade são todas as alternativas sacrificadas pela empresa em termos de remuneração quando se escolhe determinada alternativa no lugar de outra (MARTINS, 2001, apud BRACIANI, 2011 p.18).

Já segundo Benke e Edwards (1960) esse custo é definido como a medida de sacrifício realizado em cima de oportunidades possíveis para seguir determinado curso de ação (BENKE; EDWARDS, 1960, apud BEUREN, 1993 p.3).

Nos dias atuais, em regiões onde já existe a presença de energia elétrica, um conflito muito grande acontece quando precisamos decidir entre produzir nossa própria energia e qual a fonte mais adequada e investir nesse setor, ou continuar utilizando o sistema público de geração. Quando levamos em conta o custo de oportunidade do investimento, analisando taxas de juros juntamente com a precificação do equipamento, fica-se a dúvida sobre qual das duas escolhas é mais vantajosa.

Além dessas regiões energizadas, esse custo também é levado em consideração quando se decide gerar energia em alguma comunidade isolada aos grandes sistemas de distribuição. É necessário analisar devidamente o quadro da situação local a fim de se decidir pelo caminho mais rentável e eficiente.

O custo de oportunidade pode ser entendido, então, como as possibilidades em que abrimos mão para executar determinadas tarefas, as quais poderiam agregar alguns benefícios. Em outras palavras, é definido como o custo de algo que foi abdicado para seguir por uma trajetória diferente.

## **4.2 Custo Marginal**

O custo marginal se dá em relação a parcela de aumento sobre o custo total de um produto quando aumenta-se a quantidade total produzida em apenas uma unidade, ou seja, o efeito causado por um pequeno acréscimo no cenário total.

Segundo Rebelatto (2004), a curva de estudo gerada pelo custo marginal mede a variação ocasionada nos custos a partir de uma variação na quantidade produzida do produto ou bem de serviço em questão (REBELATTO, 2004, apud BRACIANI, 2011 p.18).

Esse custo é importante no ajuste de preços e para o planejamento futuro da empresa, auxiliando decisões empresariais relacionadas principalmente ao volume de produção a ser estudado.

Relacionando esse tipo de custo ao sistema elétrico brasileiro, temos segundo a CCEE (2016):

Com base nas condições hidrológicas, na demanda de energia, nos preços de combustível, no custo de déficit, na entrada de novos projetos e na disponibilidade de equipamentos de geração e transmissão, o modelo de precificação obtém o despacho (geração) ótimo para o período em estudo.

[...]como resultado desse processo são obtidos os Custos Marginais de Operação (CMO) para o período estudado, para cada patamar de carga e para cada submercado.

Finalizando, custo marginal de operação nada mais é que a diferença encontrada do custo operativo necessário quando se adiciona 1 MWh à demanda, utilizando os recursos existentes (AES TIETÊ, 2015). Concluimos, então, que para análise das tarifas de energia elétrica, muito se leva em base esse custo marginal visando um melhor planejamento e uma melhor operação nos campos de geração, transmissão e distribuição da energia.

### **4.3 Custo Fixo e Variável**

Custos fixos são aqueles não dependem do nível de produção a curto prazo, não sofrendo alteração mesmo com mudanças significativas no número relativo à quantidade final de produção. Vale ressaltar que independentemente se a empresa vender ou não toda a quantidade produzida, os custos permanecerão inalterados (ZANLUCA, 2015).

Relacionando essa classificação de custo com o cenário de energia elétrica, independentemente da quantidade que o gerador utilizado produzir de energia, os custos com sua instalação e manutenção serão os mesmos.

Podemos citar como custos fixos aqueles relativos à manutenção do local de serviço, eletricidade gasta em todos os setores do processo produtivo, limpeza, vigilância, entre outros, os quais permitem a empresa funcionar independentemente de números atingidos com o funcionamento da mesma.

Já os custos variáveis são aqueles modificados de acordo com a alteração do volume da produção. Podemos dizer que quanto maior for a quantidade produzida, maiores serão os custos relacionados, podendo sofrer diferentes alterações de um período para outro (ZANLUCA, 2015).

Dentro do setor de energia elétrica, são englobados os dois tipos de custos: fixos e variáveis. Os custos relativos a toda parte administrativa da empresa são denominados como fixos, já a parte que diz respeito a toda energia consumida na produção, seguida pela utilização ou não pelo consumidor final, são considerados custos variáveis.

## **5 RISCOS E IMPASSES NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DISTRIBUÍDA**

Quando se trata de comunidades onde não chega energia elétrica, é importante comparar todas as formas possíveis de geração e decidir por aquela mais eficaz. Os custos envolvidos, os impactos ambientais e a quantidade de energia gerada são apenas alguns fatores que influenciam a escolha final e que podem influenciar no curso do empreendimento.

No processo de decisão surgem muitas incertezas e com elas, alguns riscos a serem tomados, fatos que devem ser analisados antes de qualquer definição dentro do projeto em questão.

### **5.1 Conceito de riscos**

Sempre que alguém dá início a um novo investimento, a existência de riscos é uma das maiores incertezas que afeta as tomadas de decisões, que por sua vez são acompanhadas de um significativo grau de incerteza.

Não é possível coletar todas as informações existentes a respeito de um novo empreendimento de forma detalhada, o que passa a ter o risco como participação importante em toda a gestão desse novo processo. Segundo Woiler e Mathias (1996), o risco é inseparável da própria vida, sendo, conseqüentemente, impossível eliminá-lo em sua totalidade (WOILER; MATHIAS, 1996, apud FIGUEIREDO et al, 2006 p.719).

Dentro de uma determinada atividade, o risco passa a ocorrer quando existe possibilidade de mudanças significativas no âmbito futuro de variáveis importantes dentro do processo em questão. Não existem maneiras de se afirmar com certeza se, por exemplo, o valor de mercado do produto a ser trabalhado continuará estável, ou sofrerá alterações relevantes como um grande aumento em seu preço ou uma grande queda. Essas variações podem alterar

de forma impactante os retornos esperados do investimento, onde, muitas vezes, acontece de maneira negativa.

Seguindo a linha de raciocínio de Soares et al (2007), a correta análise e mapeamento de todos os riscos associados a projetos de geração de energia elétrica acaba sendo de fundamental importância para avaliar os custos em cima da tecnologia a ser utilizada e também auxilia de forma segura a fazer a precificação do produto final e também decidir por qual caminho seguir em relação aos contratos que serão firmados futuramente.

Por todas essas razões, notamos que o cenário energético dentro do ambiente socioeconômico é caracterizado por várias incertezas em cima de projeções futuras, o que comprova que ao se decidir por determinado investimento, é necessário realizar várias análises e estudos de viabilidade antes de tomar qualquer decisão e mapear de forma crítica todos os possíveis riscos que andarão junto com o desenvolvimento do projeto.

Analisando o setor elétrico brasileiro, mais especificamente a região Norte, essa ideia de riscos não age de forma diferente. As oportunidades são grandes e várias fontes alternativas de energia podem ser levadas em consideração, visto que a região tem atrativos hidráulicos, solares e eólicos. Dentro da análise de viabilidade de uma usina, tem-se um certo grau de risco associado, o que deve ser levado sempre em consideração visto que afeta de forma direta decisões a serem tomadas no presente visando um melhor e maior retorno no futuro.

## **5.2 Impasses na Geração Distribuída**

A geração distribuída é desenvolvida baseada principalmente em políticas de incentivo. As primeiras políticas apresentadas na área surgiram no final dos anos 80 e início dos 90 e atualmente são adotadas por mais de 80 países (ABE EÓLICA, 2015).

O Brasil ainda é dominado por extensas linhas de transmissão provenientes das grandes usinas geradoras hidrelétricas que utilizam a força da água visando atender suas necessidades, mas o grande desafio é como atingir consumidores que vivem longe dessas grandes linhas e sistemas utilizados.

Distâncias significativas entre os pequenos municípios aos grandes centros consumidores, residências isoladas, barreiras ambientais e perdas de energia ao tentar acessar essas localidades mais carentes eletricamente, acabam por estimular pesquisas e investimentos em fontes alternativas de geração de energia elétrica mais próximas do consumidor final.



Segundo Shayani, Oliveira e Camargo (2006) como consequência do sistema elétrico brasileiro, as áreas urbanas passam a ser cada vez mais atrativos econômicos e populacional, o que acaba promovendo o êxodo rural, já que as áreas mais distantes desses grandes centros não são contempladas com energia elétrica, “seja por não haver condições para que as linhas de transmissão as alcancem ou por não existir carga suficiente que justifique economicamente a instalação de subestações.”

Sem o auxílio desse tipo de energia, essas áreas rurais mais afastadas acabam sendo prejudicadas de várias formas. Sua produção agrícola cai, devido a não possibilidade de uso de alguns materiais e equipamentos que auxiliariam a uma melhoria do processo. A falta de troca de informações entre moradores locais também pode resultar em distúrbios indesejáveis, agravando ainda mais o quadro de oportunidades nessas regiões.

Quando a produção de energia elétrica passa a ocorrer de forma descentralizada, incluindo o sistema de geração distribuída, regiões antes debilitadas nesse setor passam a ter melhor acesso à eletricidade, gerando maiores oportunidades no quadro socioeconômico.

Visando uma melhoria desse quadro, a partir de 2003 por meio do Decreto 4.873 de 11 de novembro de 2003, foi fundado o Programa Luz para Todos com o desafio de acabar com a exclusão elétrica no Brasil tendo como objetivo o acesso à energia elétrica para pessoas do meio rural. O Programa é encabeçado pelo Ministério de Minas e Energia, tendo como centro de operações a Eletrobras e é executado concessionárias de energia elétrica e cooperativas de eletrificação rural em parceria com os governos estaduais (MME, 2016).

Analisando a realidade desses sistemas sem a presença de energia elétrica, o governo entendeu que esse é um vetor de desenvolvimento social e econômico dessas comunidades e que acaba por contribuir com uma diminuição da pobreza e consequente aumento da renda familiar. A ideia desse programa é trazer a prosperidade econômica de regiões com desenvolvimento precário e um aumento na qualidade de vida a essa parcela da população, permitindo acesso à educação e à saúde, abastecimento de água e saneamento até então impossibilitados pela falta de energia elétrica (MME, 2016).

No Brasil, devido às resoluções normativas nº 482 e nº 687 da ANEEL, regulamentou-se a conexão dessa geração aos sistemas de distribuição de grande porte de energia elétrica e ao sistema de compensação, onde é permitido injetar a energia excedida produzida na rede de distribuição em troca de créditos de energia (DYA, 2016). A grande ideia por trás dessa resolução é incentivar produção de energia através de fontes renováveis e aumentar a

rentabilidade do país, porém, devido ao modelo energético brasileiro, o setor de distribuição acaba sendo afetado negativamente, já que suas receitas passam a ser reduzidas a partir desse novo tipo de competição.

Principalmente em regiões afetadas pela falta de energia elétrica, a geração distribuída traz inúmeras soluções para resoluções de problemas como aumento da qualidade de vida permitindo um maior acesso à rede de saúde e uma melhoria da agricultura familiar, mas interesses econômicos e políticos entram em conflito com uma grande difusão desse tipo de geração.

Outro fato que também não está claro no cenário atual, é o cálculo da verdadeira demanda de energia. Por não obter informações concretas sobre a geração distribuída, as distribuidoras podem calcular erroneamente a necessidade de energia de seus consumidores, não possuindo um valor exato da energia comercializada pela companhia somada à gerada por produtores independentes. As grandes variações em tarifas energéticas pelas quais o país vem passando e baixo controle dos índices de inflação também contribuem com alguns pontos de incerteza a fim de definir a energia total demandada pela população (AMBIENTE ENERGIA, 2014).

Um dos fatores que auxiliaram o déficit na adoção do modelo de GD é a alta tributação em cima dos sistemas juntamente com a falta de políticas públicas bem definidas coordenando essa geração.

Todas essas questões vêm sendo debatidas no país cada vez mais e ganhando espaço no cenário econômico nacional, onde o objetivo principal é aumentar a eficiência do sistema gerando soluções para o alinhamento dos dois setores e um aumento em relação à comunidade isolada eletricamente existente.

## **6 O CENÁRIO DA REGIÃO NORTE**

A região Norte do Brasil, corresponde a 45% do território do país, porém, apenas 7% da população brasileira se encontra distribuída pela mesma (BRASIL, 2014). Contudo, a maior parte dessa população se encontra principalmente perto de seus grandes centros. Na Tabela 1 se encontra a densidade demográfica por estado da região Norte brasileira.

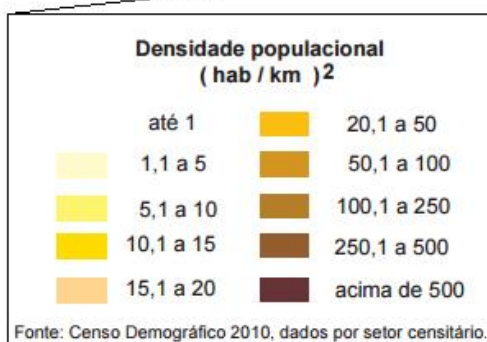
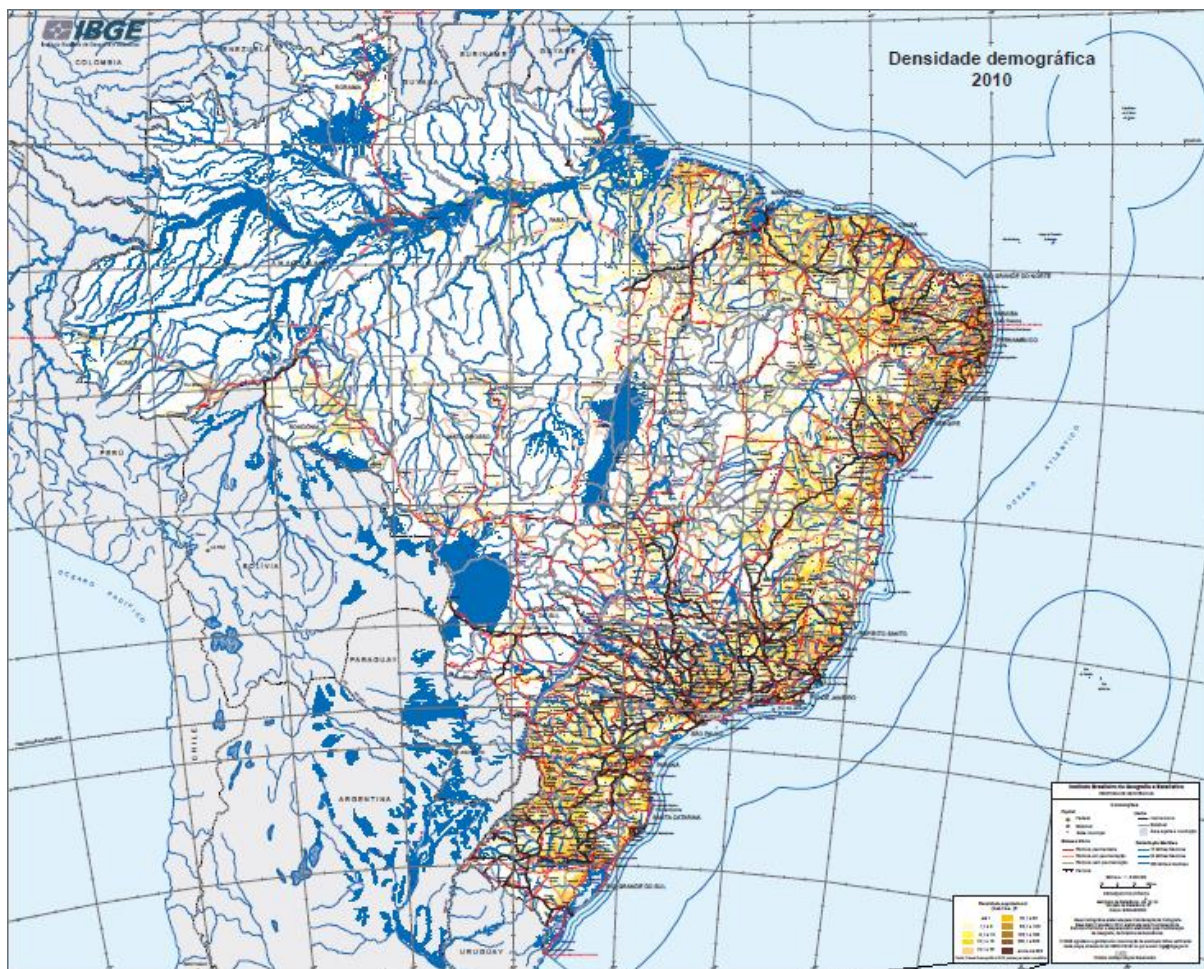
**Tabela 1:Densidade demográfica por estado da Região Norte\***

<b>ESTADO</b>	<b>DENSIDADE DEMOGRÁFICA [hab/km<sup>2</sup>]</b>
AC	4,47
AM	2,23
AP	4,69
PA	6,07
RO	6,58
RR	2,01
TO	4,98

\*Extraído do IBGE, Censo Demográfico, 2010

Diferente da região Sudeste, onde apresenta a maior densidade demográfica do país, chegando a 166,23 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2010), possui baixíssima densidade demográfica, fato que pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Densidade demográfica do Brasil – 2010\*



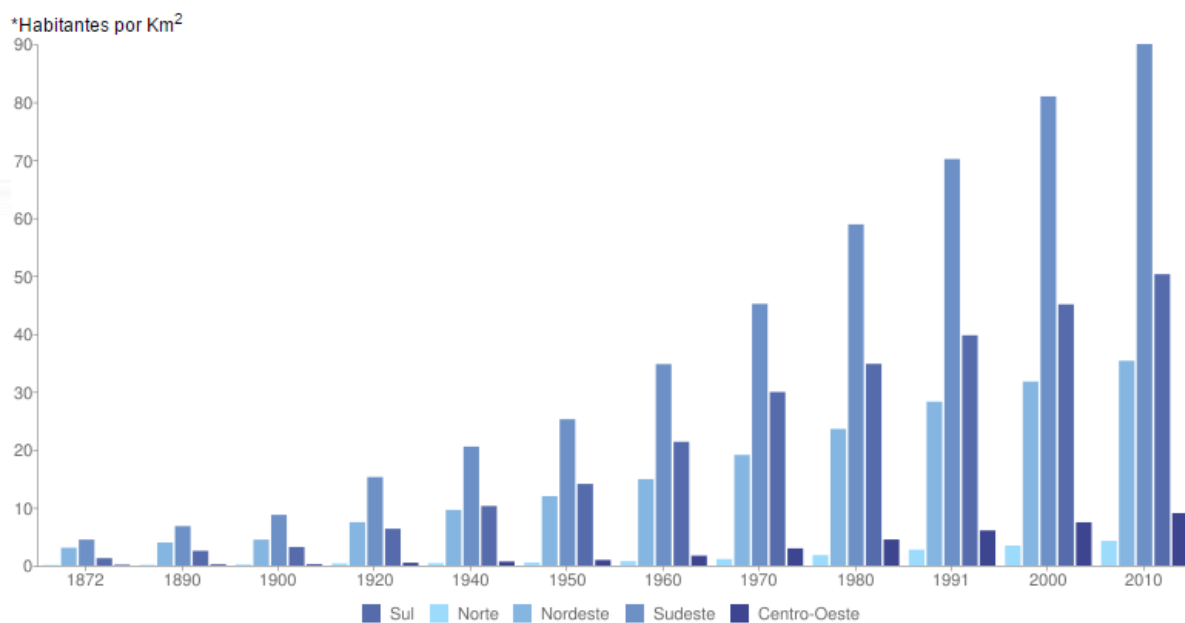
\*Extraído do IBGE, Censo Demográfico, 2010

Historicamente, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste concentram a maior parcela da população sem acesso à energia elétrica. Analisando principalmente a região Norte, fatos como baixa densidade demográfica, baixa geração de renda e uma geografia impactante com presença de uma densa floresta e extensos rios acabam por comprometer a expansão das grandes linhas de transmissão e redes de distribuição de energia. Porém, ao mesmo tempo que a região

Norte é a mais escassa quanto a presença de energia elétrica, também é a que possui maiores potenciais ainda não explorados para a geração de energia elétrica (ANEEL, 2008).

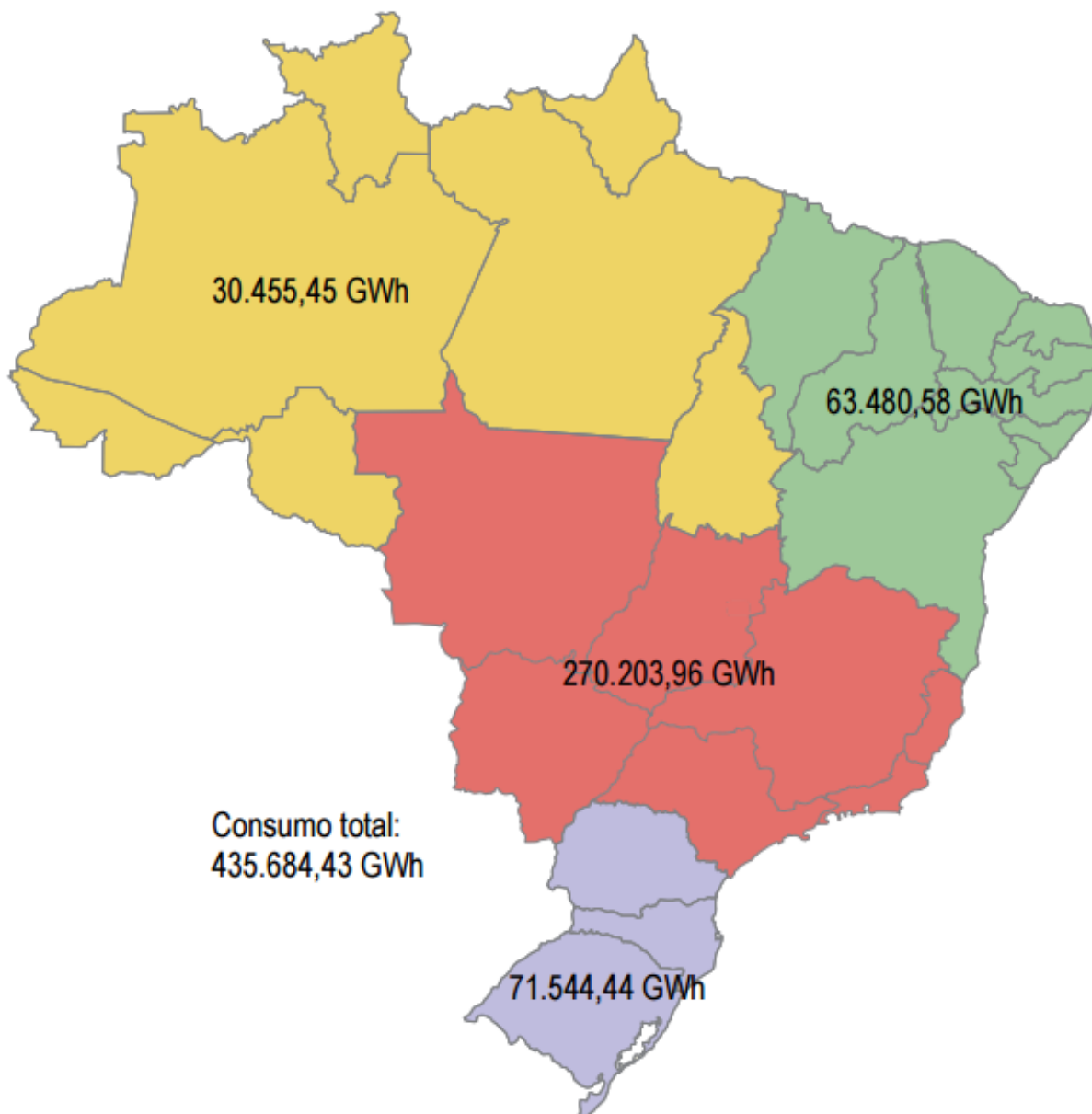
A energia elétrica no país cresceu juntamente com as necessidades de desenvolvimento nas mais variadas localidades e, de certa forma, acompanhou o crescimento populacional que se distribuiu diferentemente nas cinco grandes regiões do Brasil. No gráfico 1 podemos observar o crescimento demográfico brasileiro levando em conta as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste, seguido pela demanda de energia elétrica dessas mesmas regiões.

**Gráfico 1: Densidade demográfica nas Grandes Regiões - 1872/2010\***



\*Extraído do IBGE, Censo Demográfico 1872, 1890, 1900, 1920, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010

**Figura 4: Consumo de energia elétrica por região em 2007\***



\*Extraído do Atlas de Energia Elétrica, Aneel, 2008

Apesar de uma população relativamente pequena às dimensões da região, o Norte do país conta com inúmeras comunidades não abastecidas por energia elétrica, dificultando o atendimento desde as áreas mais básicas como saúde e educação, até difusão de notícias e informações, criando barreiras ao desenvolvimento socioeconômico da região. O consumo de energia elétrica da região Norte quando comparado às outras regiões brasileiras, pode ser observado na Figura 4.

Contudo, a situação da Região Norte tende a melhorar nos próximos anos. O MME em parceria com a EPE, elaboraram o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) que abrange

todo o país como parte do planejamento do setor elétrico nacional, Plano o qual ficará em vigor até 2024 (MME, 2015).

Segundo o MME (2015):

De acordo com o plano, para o período 2014 a 2024, está prevista uma ampliação de 55,3% na capacidade instalada de geração de energia elétrica, que subirá de 132,9 GW para 206,4 GW. Já a produção de petróleo deverá ter um acréscimo de 121,7%, indo de 2,3 para 5,1 milhões de barris/dia. A produção de gás natural deverá se expandir em 65,2%, subindo de 87,4 para 144,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia; e a de etanol deverá crescer 54,0%, de 28,5 para 43,9 milhões de m<sup>3</sup>.

Atualmente, a região Norte apresenta fontes geradoras de energia térmica e hidráulica, abrindo espaço para outras fontes como Solar e Eólica, ainda pouco exploradas em território nacional, como mostra nas Tabelas 2, 3 e 4, onde SP representa o Serviço Público e APE representa os Autoprodutores.

**Tabela 2: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte – Parte 1\***

Estado	Hidro			Termo			State
	Hydro			Thermal			
	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	
Brasil	84.330	4.863	89.193	21.800	16.027	37.827	Brazil
Norte	15.705	365	16.070	3.310	374	3.684	North
Rondônia	4.173	9	4.182	574	14	588	Rondônia
Acre	0	0	0	184	5	189	Acre
Amazonas	250	25	275	2.001	24	2.025	Amazonas
Roraima	5	0	5	109	6	114	Roraima
Pará	8.812	1	8.813	157	237	395	Pará
Amapá	432	0	432	285	7	292	Amapá
Tocantins	2.034	330	2.364	0	81	81	Tocantins

\*Extraído da EPE, Balanço Energético Nacional, 2015

**Tabela 3: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte – Parte 2\***

Estado	Eólica			Solar			State
	Wind			Solar			
	SP	APE	TOTAL	SP	APE	TOTAL	
Brasil	4.886	2	4.888	5	9	15	Brazil
Norte	0	0	0	0	0	0	North
Rondônia	0	0	0	0	0	0	Rondônia
Acre	0	0	0	0	0	0	Acre
Amazonas	0	0	0	0	0	0	Amazonas
Roraima	0	0	0	0	0	0	Roraima
Pará	0	0	0	0	0	0	Pará
Amapá	0	0	0	0	0	0	Amapá
Tocantins	0	0	0	0	0	0	Tocantins

\*Extraído da EPE, Balanço Energético Nacional, 2015

**Tabela 4: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte – Parte 3\***

Estado	Total			State
	Total			
	SP	APE	TOTAL	
Brasil	113.012	20.901	133.913	<i>Brazil</i>
Norte	19.015	739	19.754	<i>North</i>
Rondônia	4.747	23	4.770	<i>Rondônia</i>
Acre	184	5	189	<i>Acre</i>
Amazonas	2.251	49	2.299	<i>Amazonas</i>
Roraima	114	6	119	<i>Roraima</i>
Pará	8.969	238	9.207	<i>Pará</i>
Amapá	717	7	724	<i>Amapá</i>
Tocantins	2.034	412	2.446	<i>Tocantins</i>

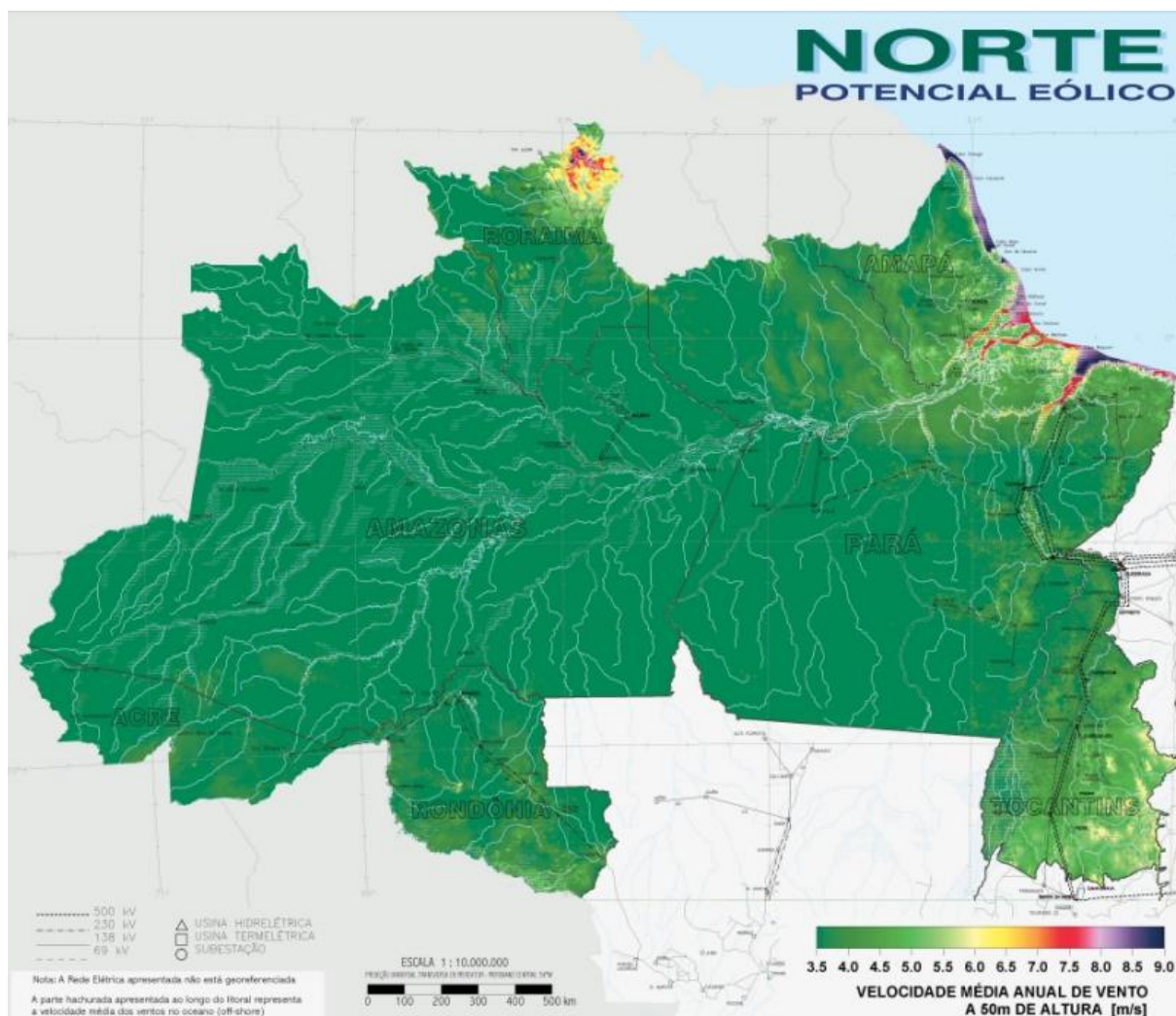
\*Extraído da EPE, Balanço Energético Nacional, 2015

### **6.1 O Potencial Eólico da Região Norte**

A região Norte do país é dominada pelo clima equatorial úmido, possuindo temperaturas médias superiores a 25°C ao longo do ano e chuvas acima de 2000mm/ano. Zona de Convergência Tropical é o local para onde convergem os ventos de superfícies originados dos dois hemisférios terrestres (AMARANTE, O.A.C. et al, 2001). Muito pouco explorado em território brasileiro e praticamente nada utilizado, o potencial eólico da região Norte é usualmente deixado de lado no cenário energético nacional. Contudo, alguns pontos da região apresentam potencial considerável e que pode ser visualizado na Figura 5.



Figura 5: Potencial Eólico da Região Norte\*



\*Extraído do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001

Principalmente na faixa litorânea, banhando o norte do Pará e Amapá, e no extremo norte de Roraima, ficam os pontos com maior presença de ventos da região. A respeito dos ventos encontrados nessas regiões, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (AMARANTE, O.A.C. et al) diz o seguinte:

[...] existe uma faixa estreita de ventos médios anuais de 8m/s a 10m/s na camada entre 1.000m e 2.000m acima da superfície; essa faixa inicia-se no Atlântico, a leste da foz do Rio Amazonas, e estende-se para oeste sobre a porção norte da Bacia Amazônica e gradualmente se enfraquece à medida que o escoamento aproxima-se das cadeias montanhosas da parte oeste do continente. Essa faixa de altas velocidades tem pouco significado para os ventos de superfície na Bacia Amazônica, porém torna-se uma fonte de energia eólica para as áreas mais elevadas que ocorrem no extremo norte da Bacia Amazônica: é ela que muito provavelmente constitui o principal fator para a existência de uma área isolada de altas velocidades médias anuais de vento na região da Serra Pacaraima, em Roraima, ao longo da fronteira Brasil-Venezuela. Naquela área, esse escoamento de altitude alcança os níveis da superfície dos terrenos

mais elevados, grande parte dos quais cobertos pela baixa rugosidade de savanas, onde em alguns locais também ocorrem canalizações orográficas.

[...] A Zona Litorânea Norte-Nordeste é definida como a faixa costeira com cerca de 100km de largura, que se estende entre o extremo norte da costa do Amapá e o Cabo de São Roque, no Rio Grande do Norte. Nessa região, os ventos são controlados primariamente pelos alísios de leste e brisas terrestres e marinhas. Essa combinação das brisas diurnas com os alísios de leste resulta em ventos médios anuais entre 5m/s e 7,5m/s na parte norte dessa região (litorais do Amapá e Pará).

Completando esse raciocínio, é preciso saber qual o foco de utilização da turbina para a geração de energia elétrica. Quando utilizados aerogeradores de grande porte, uma velocidade média de, no mínimo, 6,5m/s a 7,5 é necessária. Agora trabalhando com sistemas isolados pequenos, essa velocidade média muda para uma margem de 3,5m/s a 4,5m/s, sendo o mínimo admissível. Estes valores apresentados consideram tanto a viabilidade econômica quanto técnica (PUCRS, 2016).

Portanto, apesar de não existir em abundância, o potencial eólico apresenta capacidade de exploração na região Norte do Brasil e deveria ser mais estudado, a fim de ajudar a melhorar o quadro energético presente.

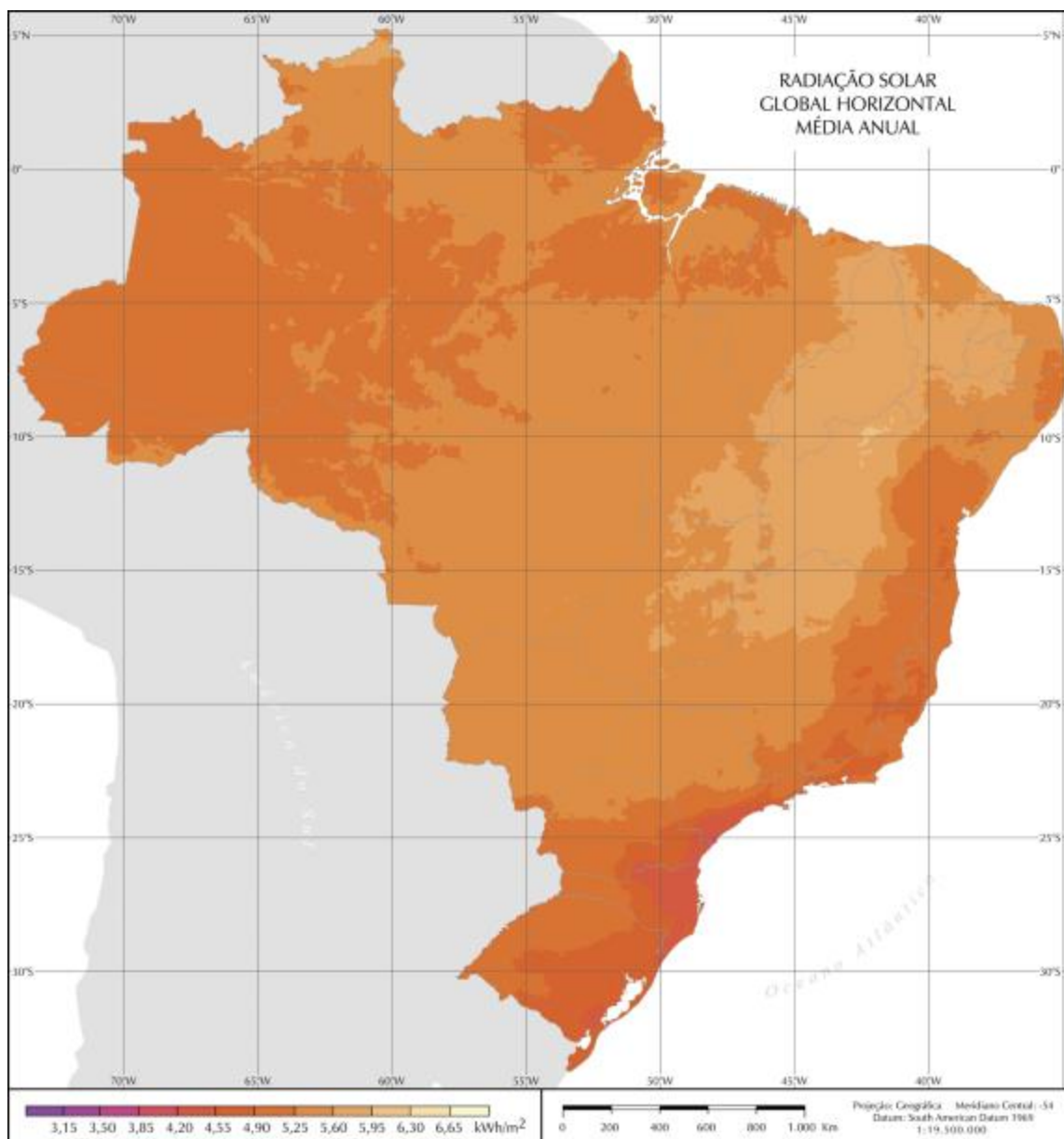
## **6.2 O Potencial Solar Fotovoltaico**

Apesar da presença de uma densa floresta, a região Norte apresenta índices de radiação solar consideráveis que valem a pena ser analisados em detalhes. Sua variabilidade é a menor presente em território nacional, sendo 5,1kWh/m<sup>2</sup> o valor mínimo de irradiação solar (ocorrendo durante o Outono) e 5,9kWh/m<sup>2</sup> o valor máximo (ocorrendo durante a Primavera) (CPTEC/INPE, 2006). Essa variabilidade sazonal e a média de irradiação solar horizontal<sup>1</sup> no território brasileiro, podem ser observadas nos mapas das Figuras 6 e 7.

---

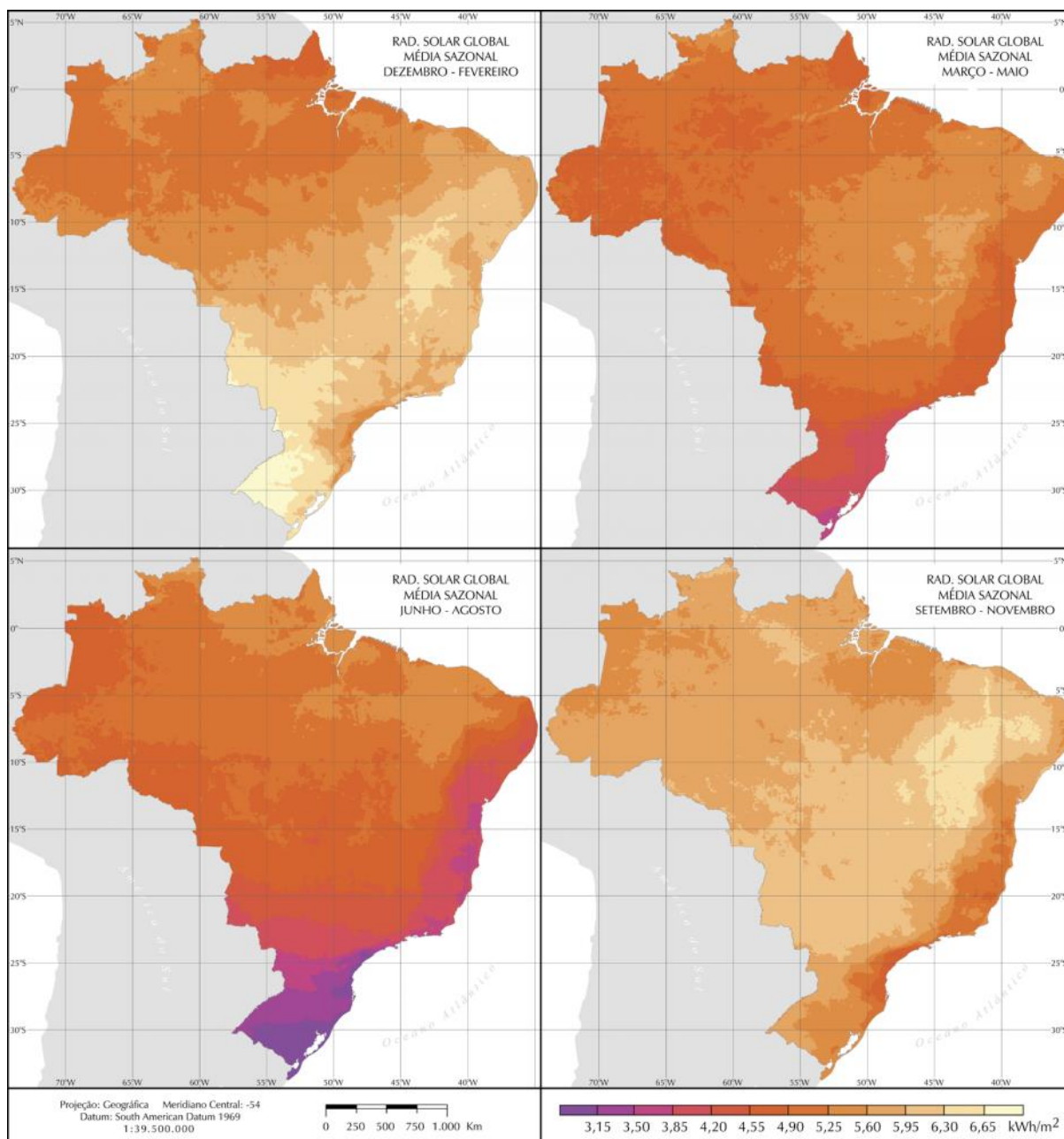
<sup>1</sup> Assim como foi dito pelo CPTEC/INPE no Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006), a irradiação direta horizontal (DNI) é estabelecida assumindo que as nuvens não terão impacto significativo quanto à absorção de radiação solar e a sua respectiva contribuição para o espalhamento dessa mesma radiação, pode ser avaliada em condições de céu claro.

Figura 6: Média Anual de radiação solar no Brasil\*



\*Extraído do CPTEC/INPE, Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006

Figura 7: Média Sazonal da Radiação Solar no Brasil\*



\*Extraído do CPTEC/INPE, Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006

Ainda a respeito da incidência solar presente na região Norte do país, a CPTEC/INPE (2006) diz:

A região Norte recebe menor incidência de radiação solar durante o Verão do que a região Sul, apesar de sua localização próxima à linha do Equador. Durante os meses de Inverno, ocorre o inverso e a região amazônica recebe maior irradiação solar global. Isso se deve às características climáticas da região amazônica que apresenta fração de cobertura de nuvens e precipitação elevadas durante o Verão devido à forte influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A variação da incidência de radiação solar entre o Inverno e Verão é menor na região Norte do que nas regiões Sul e Sudeste. O decréscimo natural da incidência de radiação solar no topo da atmosfera que ocorre no Inverno em decorrência de fatores astronômicos associados ao sistema

Sol-Terra é compensado na região amazônica por uma menor nebulosidade associada ao deslocamento da ZCIT em direção ao hemisfério norte.

O deslocamento da ZCIT associado à incursão dos ventos Alísios provenientes do Oceano Atlântico é responsável por altas taxas de precipitação (cerca de 1100mm) no noroeste da região Amazônica, mesmo durante o período de estiagem entre julho e setembro. Em razão disso, o oeste do estado do Amazonas apresenta as menores irradiações solares da região Norte do Brasil durante todo o ano.

Portando, fica claro que a geração de energia a partir de fonte solar na região Norte é viável e muito ainda pode ser explorado, sendo uma fonte alternativa e sustentável para geração de energia principalmente em comunidades não abastecidas pela rede elétrica.

### **6.3 O Potencial Hidráulico**

Mais de 60% do potencial hidráulico remanescente do Brasil está concentrado na região Norte. Contudo, segundo a EPE, existem muitas restrições ambientais para exploração (ESTADÃO, 2014). Estudos e análises mais pesadas devem ser feitas em cima da região para não impactar negativamente sua geografia e interferir na fauna e flora ali presente.

Segundo a EPE, a região Norte é a maior fronteira hidrelétrica do País e a expectativa para os próximos dez anos é de se construir aproximadamente 13 mil megawatts (MW) de energia provida da bacia do Amazonas (ESTADÃO, 2014).

Uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), por ser uma usina de menor porte e, portanto, menor impacto ambiental que grandes hidrelétricas, seria uma alternativa possível para melhorar a geração de energia na região Norte, principalmente em municípios e comunidades sem acesso à energia elétrica.

Figura 8: Mapa físico da bacia hidrográfica do rio Amazonas\*



\*Extraído de Britannica Escola Online. Web, 2016, Disponível em: <http://escola.britannica.com.br/assembly/183484/O-rio-A-mazonas-que-nasce-nos-Andes-peruanos-drena-mais>

A partir da Figura 8, fica claro que a região Norte do país apresenta rios e inúmeros igarapés possíveis para geração de energia por fonte hidráulica, os quais são um curso d'água constituído por um braço longo do rio ou canal, porém as PCHs não estão inseridas de forma significativa nesse cenário, fato que chama atenção para novos estudos e análises de viabilidade.

## 7 IMPLEMENTAÇÃO PARA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA

Muito tem se falado sobre energia solar fotovoltaica, porém poucos investimentos no setor vem acontecendo no Brasil. O território brasileiro tem uma localização estratégica privilegiada quanto à incidência de raios solares. Nosso estado que apresenta menor insolação, Santa Catarina, com 4,25kWh/m<sup>2</sup>, ainda consegue superar de forma significativa a maioria dos países da União Europeia como Alemanha que apresenta uma média de 900 - 1250 kWh/m<sup>2</sup> e

França com aproximadamente 900 - 1650kWh/m<sup>2</sup>, países que contam com forte incentivos governamentais para instalação de painéis fotovoltaicos (ENTREPRENEUR'S TOOLKIT, 2016). Além disso, também é facilmente encontrado silício cristalino em território brasileiro, matéria-prima básica para produção de células fotovoltaicas.

Um dos maiores produtores mundiais de silício, o Brasil apresenta uma produção em torno de 200 mil t/ano e possui algumas possibilidades de agregar valor em cima desse produto, melhorando sua qualidade (IPT, 2016). Esse fato passa a ser muito interessante pensando em investimentos em geração de energia elétrica através de fonte solar, visto que não é necessário importar a matéria-prima necessária para a construção dos painéis fotovoltaicos.

Durante toda a história brasileira, muito se falou e se investiu em energia hidráulica, fazendo com que o crescimento desse setor chegue cada vez mais próximo de seu limite aumentando o número de problemas enfrentados e demandando maiores linhas de transmissão partindo dos novos centros produtores.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), pertencente ao Ministério de Minas e Energia, ficou definido que a construção de painéis solares a partir de placas fotovoltaicas para a produção de energia visando o abastecimento residencial, ou como chamada geração distribuída, já é viável para parte dos domicílios brasileiros (BRASIL, 2014).

## **7.1 Impasses**

Dentro da sociedade capitalista, o lucro é objeto de estudo em praticamente todas as transações financeiras e não poderia ser diferente dentro do setor de energia elétrica. Por conta de grandes interesses políticos e detenção de poder por parte de grandes empresas em relação aos grandes sistemas de produção de energia, a geração distribuída muitas vezes acaba sendo deixada de lado e não tendo a devida atenção que merece.

Benefícios sociais como melhoria na qualidade de vida e acesso à educação, integração de todas as regiões do território brasileiro, entre outros, nem sempre são motivos o suficiente para mudar a estrutura econômica de uma região.

Uma das maiores vantagens da energia solar fotovoltaica é sua possibilidade de geração em forma distribuída, o que pode ajudar a promover o desenvolvimento socioeconômico de regiões desprovidas de eletricidade evitando grandes impactos como alagamento de regiões de

florestas para construção de usinas hidrelétricas ou gastos excessivos com enormes linhas de transmissão – casos que se aproximam da situação da região norte (SOLARVOLT, 2015).

De modo geral, até alguns anos atrás, um dos maiores impasses a esse tipo de produção de energia eram os enormes gastos relacionados. O valor de compra de painéis fotovoltaicos era exorbitante e os incentivos eram praticamente zero. Aliado a esses fatos, a tecnologia utilizada não era tão eficiente, o que acabava por inviabilizar boa parte do processo.

Hoje em dia, muitas das dificuldades continuam seguindo a lógica do passado e se dão em alinhar os custos realizados para a implementação do sistema a um retorno lucrativo. A produção de energia proveniente do sol não ocorre de forma linear durante todo o dia, já que alguns horários recebem maior incidência solar que outros chegando a zerar a produção no período noturno, o que obriga uma maior pesquisa em cima de métodos de armazenamento de energia ou aumento da potência gerada durante todo o período de produção.

Recentemente, a partir de dados liberados pela Aneel, consumidores que optarem por instalar painéis fotovoltaicos em suas residências serão autorizados a reduzir a energia comprada de grandes distribuidoras e vender o excedente produzido por suas instalações a grandes empresas (EBC, 2012).

De acordo com o presidente da EPE, com os devidos incentivos e financiamento para a compra de painéis e equipamentos necessários, esse mercado só tende a crescer. E geração distribuída já é atrativa em algumas localidades, mas, visando uma ampliação do setor, seria fundamental a presença de incentivos ou uma queda no preço dos equipamentos (EBC, 2012).

Outro fato interessante a ser analisado é o alto custo da energia no Brasil. A tarifa energética no país é uma das mais caras do mundo, fato que pode servir como incentivo não só a ser desenvolvido em lugares onde não chega a energia elétrica, mas como um todo dentro de um mercado competitivo (CASTRO, 2015).

Uma grande barreira à instalação residencial de painéis fotovoltaicos no país, é que no Brasil o consumidor final ainda precisa desprover de recursos financeiros para pagar por todos os equipamentos utilizados e suas instalações, fato o qual recebe grandes incentivos de governos exteriores como em alguns países europeus, onde os subsídios para a compra e instalação do sistema completo são de grande importância e bastante difundido entre os moradores (CABRAL; TORRES; SENNA, 2013).



## 7.2 Viabilidade econômica

Mesmo com todo o cenário favorável que o país apresenta para a geração de energia solar, os custos com instalações de painéis acabam por afastar alguns investidores. Para facilitar essa visão, vamos usar como exemplo o primeiro semestre de 2010 quando a instalação de um sistema fotovoltaico na Alemanha girava em torno de 2,9 mil euros o kWp. Nesse mesmo período no Brasil, essa mesma instalação saía em torno de 3,5 mil euros por kWp (GALILEU, 2015).

Para avaliar a eficiência desse setor de forma simples, basta comparar o custo de implantação do sistema por unidade de potência. Investimentos iniciais muito grandes acabam afastando novos empreendedores que por sua vez nem sempre levam em consideração o retorno a longo prazo.

Outra conta que também é muito realizada é sobre a capacidade de geração de energia em um único dia. Um sistema de energia solar fotovoltaica em uma localização geográfica privilegiada produz, em média, 6 horas equivalente de potência nominal por dia, visto que não gera energia durante a noite. Já um sistema de geração proveniente de uma fonte não intermitente pode gerar energia 24 horas por dia, fazendo com que o sistema fotovoltaico necessite uma maior potência em sua produção para produzir a quantidade de energia esperada (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

Recentemente, com a nova medida adotada pela Aneel permitindo a venda da energia não utilizada produzida por esses sistemas distribuídos em troca de créditos na conta de luz, acaba sendo um maior atrativo para investimentos na área. Essa sobra de energia é injetada na rede elétrica e em seguida, o produtor original recebe uma compensação em kWh da distribuidora (ANEEL, 2012).

Essa medida possibilita que, a cada mês, o produtor e consumidor pague apenas a diferença entre a energia que consumiu diretamente da rede pública e de seu sistema privado de geração posteriormente injetado na rede. Devido a esses fatos, dois medidores de energia são colocados nas residências, um voltado para a geração e outro para o consumo (GALILEU, 2015).

Para finalizar, um novo fato que vem ganhando espaço no cenário da geração solar fotovoltaica, é a produção em larga escala de painéis fotovoltaicos que vem sendo realizada pela Alemanha e pela China. Quanto maior a produção e a oferta, menor o valor de mercado alcançado, facilitando e incentivando grandes investimentos na área (GALILEU, 2015).

### 7.3 Custo para instalação de painéis fotovoltaicos

Primeiramente, os custos voltados a esse tipo de geração de energia distribuída dependem do tamanho, da complexidade do sistema escolhido e da quantidade esperada de energia a ser gerada. A grande variação da precificação desse setor, se dá sobretudo em relação à tecnologia e à qualidade dos equipamentos envolvidos (PORTAL SOLAR, 2015).

De acordo com uma pesquisa de mercado realizada pelo Portal Solar em julho de 2015, podemos analisar alguns custos aproximados para instalação de energia solar fotovoltaica e seu valor de mercado já considerando a atual alta do dólar nas Tabelas 5, 6 e 7.

**Tabela 5: Custo da Energia Solar Fotovoltaica Residencial\***

<b>Custo da Energia Solar Fotovoltaica Residencial</b>		
<b>Moradores por Residência</b>	<b>Potência Média Gerada</b>	<b>Custo Médio</b>
Até 2	1,5 kWp	R\$ 12.000 a R\$ 18.000
Até 3	2 kWp	R\$ 16.000 a R\$ 24.000
Até 4	3 kWp	R\$ 25.000 a R\$ 35.000
4 ou 5	4 kWp	R\$ 32.000 a R\$ 45.000
5	5 kWp	R\$ 47.000 a R\$ 55.000
Mais de 5	Até 10 kWp	R\$ 75.000 a R\$ 100.000

\*FONTE: PORTAL SOLAR

**Tabela 6: Custo da Energia Solar Fotovoltaica para Comércio e Indústrias\***

<b>Custo da Energia Solar Fotovoltaica para Comércio e Indústrias</b>	
<b>Potência Gerada</b>	<b>Custos</b>
100 kW	R\$ 650.000 – R\$ 900.000
500 kW	R\$ R\$3Mi – R\$3.5Mi
1 MW	R\$ 5mi – R\$ 6Mi

\*FONTE: PORTAL SOLAR

**Tabela 7: Custo de Usinas de Energia Solar Fotovoltaica\***

<b>Custo de Usinas de Energia Solar Fotovoltaica</b>	
<b>Potência Gerada</b>	<b>Custos</b>
5MW	R\$20 Mi
30MW	R\$120 Mi

\*FONTE: PORTAL SOLAR

Mesmo com toda essa conjuntura favorável, os gastos voltados para a instalação de sistemas solares ainda são levemente elevados, porém, se por um lado a falta de financiamento e incentivos é um dos motivos mais relevantes e sinônimo de obstáculo para a adoção desse método de produção de energia, por outro temos cada vez mais o avanço em tecnologias que trazem consigo uma possível redução nos custos.

#### **7.4 Incentivos**

Apesar da energia hidráulica continuar sendo o grande foco de incentivos por parte do governo brasileiro, algumas medidas vêm sendo tomadas e com isso, um leve aumento de estímulos para essa produção de energia proveniente do sol vem acontecendo.

O Programa Luz para Todos tem aumentado o número de instalação de painéis solares em algumas comunidades que fazem parte do Sistema Isolado, regiões as quais não são conectadas ao SIN (SILVA, 2015). Contudo, ainda falta um grande número a ser atingido.

A ANELL também tem liberado algumas Resoluções Normativas visando uma melhoria no setor de geração distribuída, tais como:

- Resolução Normativa nº 482 do dia 17 de abril de 2012 que cuida do Sistema de Compensação de Energia Elétrica relativo à microgeração e à minigeração distribuídas onde permite a conexão aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica e dá outras providências, ou seja, os consumidores poderão abater a energia injetada da consumida adquirindo, dessa maneira, créditos de energia que poderão ser descontados nas contas de luz.
- Resolução Normativa nº 687 do dia 24 de Novembro de 2015 que revisou e atualizou a Resolução Normativa nº 482 e trouxe como principais inovações o uso de qualquer fonte renovável em sistemas de geração distribuída, além da cogeração qualificada, sendo

denominada microgeração distribuída todas as centrais geradoras com potência máxima instalada de até 75 kW e minigeração distribuída aquelas com potência maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW, posteriormente conectadas na rede de distribuição através de instalações de unidades consumidoras. Ainda sobre as modificações apresentadas, foi permitido a instalação de sistemas de geração distribuída em empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras;

- Resolução Normativa nº 563 do dia 9 de julho de 2013 determinando condições fundamentais para a revisão dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica na área rural;
- Resolução Normativa nº 493 do dia de 5 de junho de 2012 estabelecendo os trâmites para fornecimento de energia por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI).

A venda direta aos consumidores também passou a entrar em vigor, onde foi concedido a permissão para que geradores de energia de fonte solar, e de outras fontes alternativas, com potência injetada inferior a 50.000 kW comercializem energia elétrica, sem intermediação das distribuidoras, com consumidores especiais, com carga entre 500 kW e 3.000 kW e na aquisição da energia, os consumidores especiais são beneficiados com desconto na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD), o que estimula a substituição, como fornecedor da energia, da distribuidora pelo gerador da fonte alternativa (SILVA, 2015).

Também existe o Convênio nº 101, de 1997, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), isentando do imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) operações que envolvem alguns equipamentos utilizados para a geração de energia elétrica através de células fotovoltaicas (SILVA, 2015).

O Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) contém a suspensão da contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), quando ocorrer a venda ou a importação de novos equipamentos, materiais de construção e de serviços utilizados que são destinados a obras de infraestrutura, entre as quais estão inclusas usinas geradoras de energia solar fotovoltaicas. O projeto em questão deve ser aprovado pelo MME e o benefício passa a ser válido por cinco anos a partir da habilitação do titular do projeto (SILVA, 2015).

Também foram permitidas algumas diminuições e isenções em impostos como, segundo Silva (2015):

Isenção de Imposto de Renda dos rendimentos de pessoa física relacionados à emissão de debêntures por sociedade de propósito específico, dos certificados de recebíveis imobiliários e de cotas de emissão de fundo de investimento em direitos creditórios, relacionados à captação de recursos com vistas a implementar projetos de investimento na área de infraestrutura, ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação, considerados como prioritários na forma regulamentada pelo Poder Executivo.

Entre os projetos citados, o setor de energia é um dos prioritários e aqueles relativos à geração de energia elétrica proveniente de fonte solar também fazem parte.

Redução de Imposto de Renda foi realizada em setores implantados nas áreas de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO), onde a SUDENE e a SUDAM abrangem as principais regiões brasileiras em termos de radiação solar, o que pode facilitar mais ainda um aumento da quantidade de energia produzida nessas comunidades isoladas da região norte (SILVA, 2015).

Foram providas condições diferenciadas de financiamento pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para “hidrelétricas, geração a partir de biomassa, energia eólica, energia solar, pequenas centrais hidrelétricas e outras fontes alternativas podem obter financiamento, com taxa de juros abaixo das praticadas pelo mercado e prazo de amortização de até 20 anos.” (SILVA, 2015).

Outro fato que vem ocorrendo são leilões de energia elétrica onde, a partir dos quais, é realizado a outorga de novas usinas e contratos de fornecimento visando atender a demanda futura das distribuidoras de energia elétrica são fechados. No Leilão de Energia de Reserva de 2014 (LER 2014), foram oferecidas algumas condições voltadas para a geração através de fonte solar como o apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO). Esses projetos são operados pelo BNDES e financiam intervenções que ajudem em uma maior economia de energia aumentando a eficiência global do sistema energético utilizado ou promovendo a substituição das fontes utilizadas por combustíveis de fontes renováveis, além de incentivar a produção de equipamentos no Brasil (SILVA, 2015).

Fundo Clima que está ligado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), facilita recursos a fim de financiar estudos que possuem como objetivo a redução de impactos relacionados ao clima e uma posterior adaptação aos efeitos resultantes, o que também inclui projetos de energia solar (SILVA, 2015).

O programa Inova Energia gera condições diferenciadas para financiamentos de iniciativas de inovação, onde os interessados podem conseguir recursos para desenvolver soluções tecnológicas na área de geração solar fotovoltaica e engloba pesquisas em tecnologia para desenvolvimento de equipamentos de captação solar a base de silício e de filmes finos como células fotovoltaicas e o desenvolvimento de inversores e equipamentos complementares aplicados aos sistemas de geração solar. Segundo a EPE em 2014, o valor total de recursos voltados para todo o programa soma R\$ 3 bilhões para os anos de 2013 a 2016 (SILVA, 2015).

A Caixa Econômica Federal também incluiu financiamentos para materiais de construção, incluindo itens como aerogeradores e equipamentos de energia fotovoltaica. Também no setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) estratégico, foram realizados arranjos técnicos e comerciais para integrar à Matriz Energética Brasileira, onde, por determinação da Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000, as empresas do setor elétrico brasileiro passaram a ser obrigadas a destinar parte da receita operacional líquida para investimentos em P&D, onde os projetos estudados serão posteriormente aprovados ou não pela Aneel (SILVA, 2015).

Em agosto de 2014, foi inaugurado o Laboratório de Energia Fotovoltaica Richard Louis Anderson, em Campinas - SP, focalizando os estudos em módulos fotovoltaicos customizados, o que deve ajudar ainda mais a difusão da geração distribuída fotovoltaica.

Em 2013, juntamente entre o Instituto Leal e o Grüner Strom Label (Selo de Eletricidade Verde da Alemanha), foi criado o Fundo Solar, o qual é um apoio financeiro a consumidores via geração distribuída e empresários que desejam instalar sistemas fotovoltaicos com até 5kW de potência. Esse fundo oferece apoio financeiro entre R\$ 1 mil e R\$ 5 mil por projeto de microgeração fotovoltaica conectado à rede, de acordo com o tamanho e especificações do empreendimento e localidade onde será instalado. Fato interessante a ser ressaltado é de que esse apoio não é um financiamento, são apenas valores cedidos que funcionam como estímulo para integrar à geração fotovoltaica (SILVA, 2015).

Outro grande incentivo são o de transformar estacionamentos e telhados de habitações em sistemas de captação de energia solar. A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) inaugurou o maior estacionamento de geração de energia solar fotovoltaica distribuída do país, ao custo de R\$ 1,6 milhão. O espaço do empreendimento conta com 651,64 metros quadrados e compreende 414 painéis fotovoltaicos capazes de gerar 140 mil kWh por ano. Toda a energia captada é suficiente para abastecer até 70 residências com consumo médio de 167 kWh por mês fazendo com que a Universidade economize até R\$ 40 mil por ano. Posteriormente, assim como

foi proposto na Resolução 482 da Aneel, a energia excedida será injetada ao sistema de distribuição e descontada nas faturas de luz do campus (UFRJ, 2015).

Esse empreendimento é resultado do programa de energia do Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia dentro da UFRJ, o qual tem como objetivo implantar projetos sustentáveis pela universidade utilizando os recursos coletados pelo imposto ICMS que é cobrado juntamente com a conta de luz da universidade (UFRJ, 2015).

### **7.5 Benefícios**

Muitos dos benefícios oferecidos pelo sistema de geração solar fotovoltaico são relacionados a custos evitados ao longo do processo. É comprovado que a energia solar tem grandes benefícios econômicos, principalmente quando analisamos o cenário a longo prazo. Quando olhamos para um período de 25 a 30 anos, o relativo ao tempo médio de vida de um painel fotovoltaico, e somamos o custo total investido na geração de energia solar e dividimos o valor pela energia obtida através das mesmas instalações, o valor total investido será mais lucrativo que continuar utilizando a rede elétrica normal (PORTAL SOLAR, 2015).

Também há uma redução significativa de perdas por transmissão e distribuição da energia gerada, o que se dá pelo fato dessa mesma energia ser consumida no local de produção. Pela possibilidade de instalar painéis fotovoltaicos na cobertura de edifícios ou telhados, essa tecnologia não exige uma área física separada posteriormente integrada ao sistema.

A energia proveniente do sol também não emite poluentes durante o seu uso e possui poucos impactos ambientais. A poluição proveniente da fabricação de equipamentos necessários aos sistemas de energia solar fotovoltaica é controlável se inserida nas leis ambientais adequadas (SILVA, 2007). Os gastos com manutenção dos sistemas são mínimos e a precificação dos painéis tem caído cada vez mais devido a sua produção crescente.

E, para finalizar, a energia solar fotovoltaica é uma excelente alternativa em lugares de difícil acesso se alinhada a uma região com grande incidência solar por não necessitar de grandes investimentos em linhas de transmissão.

## **8 IMPLEMENTAÇÃO PARA GERAÇÃO EÓLICA DISTRIBUÍDA**

Em 1992, com o início da operação comercial do primeiro gerador baseado na força dos ventos instalado no Brasil, começou a trajetória da energia eólica no país. Localizada no arquipélago de Fernando de Noronha, foi o resultado de uma parceria realizada pela Companhia

Energética de Pernambuco (CELPE) e o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) (ANEEL, 2008).

Pouco foi difundido no país sobre essa fonte de energia até meados de 2000, quando ocorreu uma grande seca no país e o nível de água nas barragens hidrelétricas teve uma grande diminuição. Essa crise fez com que os mais variados setores produtivos do país passassem a pensar em fontes alternativas de energia (CEIBRAS, 2016).

No dia 20 de julho de 2015, o Brasil bateu recorde nacional na produção diária de energia eólica. Segundo dados oficiais liberados pelo Ministério de Minas e Energia, foram consumidos 2.989,2 MW médios de energia proveniente dos ventos. No último ano, a energia eólica no Brasil cresceu 179%, representando 3,5% do total gerado no país e a estimativa é de que em oito anos, a produção eólica represente 11% da matriz nacional (BRASIL, 2015).

Os parques eólicos estão concentrados basicamente nas regiões sul e nordeste do país, entretanto todo o território nacional possui alto potencial de geração dessa energia proveniente dos ventos (ANEEL, 2008).

## **8.1 Impasses**

A partir da resolução promulgada pela Aneel sobre geração distribuída permitindo descontos na tarifa mensal de luz, aumentou o número de debates sobre a viabilidade de produção de energia para uso próprio e propriedades de pequeno porte como também sobre a possibilidade de levar energia elétrica a regiões que não estão integradas ao SIN (ANEEL, 2015).

Contudo, uma das maiores barreiras à implantação de produção de energia eólica se dá em relação ao seu regime intermitente e sua grande dificuldade de armazenamento de toda a energia produzida visto que todo seu sistema é baseado em um fluxo natural, ou seja, na quantidade de ventos de determinada região, fora as variações diárias, sazonais ou anuais no recurso eólico utilizado (PORTAL ENERGIA, 2015). Aliado a esse fato, está o de que essa fonte de energia não é a mais rentável existente, fazendo com que alguns governos deixem de explorar devidamente esse recurso.

Em países como os Estados Unidos e alguns europeus, geradores eólicos voltados para geração distribuída já estão sendo vendidos e, muitas vezes, acompanhados de incentivos governamentais (VERDINI; MARCOS, 2013).



No Brasil, essa produção para uso próprio de energia proveniente dos ventos é de pequena participação, porém vem aumentando o número de produtores no cenário nacional. Essa também seria uma medida atrativa para levar energia a regiões isoladas eletricamente no norte do país visto que a região é provida, em certos pontos, de ventos o suficiente para abastecer várias comunidades.

A produção eólica em pequeno porte, apresenta impactos ambientais desprezíveis, porém grandes parques eólicos geram alguns transtornos importantes que merecem ser analisados com cuidado, como grande presença de ruído por parte das turbinas e interferência eletromagnética quando as mesmas são instaladas entre transmissores e emissores de ondas de televisão e rádio (PUCRS, 2016).

Nos sistemas atuais de geração de energia através dos ventos, outros fatores como elevados custos de manutenção dos equipamentos e problemas na eficiência da geração eólica devido a interferências em sua produção causadas por paradas para manutenção, também acabam sendo apontados como pontos de estudos impactantes na decisão do produtor.

Existem, sim, alguns impasses contra a instalação de equipamentos de geração eólica, contudo essa energia é limpa e só tende a crescer no mercado mundial.

## **8.2 Viabilidade econômica**

Ao se analisar a viabilidade para instalação de turbinas eólicas, vários pontos devem ser analisados, como uma boa investigação do local de estudo em questão incluindo o potencial eólico. A maneira como esse empreendimento afeta o meio ambiente, um bom detalhamento dos custos, entre outros, onde os aspectos de origem econômica são igualmente importante quanto os de origem técnica.

A instalação de um parque eólico gira em torno de 18 meses, o que se torna um aspecto atrativo para a decisão final de qual caminho seguir para a escolha do projeto de geração, já que a maioria dos projetos de instalação para novas usinas geradoras demoram mais de 2 anos. Fora isso, a maior parte dos custos totais desse tipo de geração de energia se refere ao capital gasto inicialmente alinhado a toda parte de instalação (GONÇALVES, 2007, apud GARBE; MELLO; TOMASELLI, 2011).

Os pontos que acabam terminando de influenciar a escolha do investidor são os custos do kW instalado, a capacidade de produção das turbinas escolhidas e a vida útil do empreendimento comparado a todos os gastos que serão realizados.

Podemos dizer que o custo de oportunidade tem papel importante na decisão final de escolha por esse tipo de empreendimento, buscando uma maior economia na tarifa de energia benefícios ambientais e sociais resultantes dessa alternativa.

### 8.3 Custos para instalações de turbinas eólicas

Os maiores custos alinhados à geração eólica podem ser classificados em custos de projeto, infraestrutura, equipamentos, operacionais, manutenção e finalmente os relacionados às linhas de transmissão.

As turbinas de grande porte da atualidade são programadas para operar em torno de 130 mil horas, período relativo aproximadamente a 20 anos. O custo de manutenção tem caído com as descobertas de novas tecnologias empregadas ao setor, aumentando de acordo com o funcionamento do equipamento, porém ainda não é pequeno (DUTRA; TOLMASQUIM, 2002).

A parte mais cara do projeto envolve os custos com as turbinas, valor que varia muito conforme o modelo utilizado, tamanho da região determinada a produzir energia eólica e a quantidade de energia aproximada visada. A razão encontrada entre os custos de um modelo de turbina e a potência nominal respectiva, representa grande indicador na diferenciação dos preços (DUTRA; TOLMASQUIM, 2002).

As informações a respeito sobre custos de implantação de sistemas eólicos distribuídos são escassas, porém, a empresa Eletrovento, que oferece aerogeradores de pequeno porte, apresenta a cotação para a instalação de um sistema eólico de até 2kW e suas características podem ser encontradas na Tabela 8.

**Tabela 8: Custos relativos à instalação de um sistema eólico de pequeno porte\***

<b>Produto</b>	<b>Potência Gerada</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Custos</b>
Turbo 2000	2kW	Residências ou grupo com até 3 casas rurais	R\$ 8000,00 - sem acessórios

\*Extraído da página da Eletrovento (2016)

Claro que a potência gerada depende diretamente da quantidade e fluxo de ventos presentes na região, porém se transforma em uma alternativa viável dependendo das condições de localização e acesso à rede elétrica do sistema em questão. Contudo, quando apresenta ventos regulares, esse sistema pode produzir até 300 kWh por mês (ELETROVENTO, 2016). Levando em consideração o sistema citado, o custo se encontra em uma faixa acessível dependendo da situação ou meio em que está incluso.

Segundo a Wobben, a primeira empresa de grande porte fabricante de turbinas eólicas instalada na América do Sul, o valor médio inicial em usinas eólicas de médio e grande porte (produção acima de 30MW) é de R\$4.200.000,00 por MW instalado incluindo turbinas e infraestrutura do projeto (VIVAGREEN, 2016).

Como critério de comparação, valores relativos do kW instalado de 2006 à 2010 foram encontrados e estão especificados na Tabela 9.

**Tabela 9: Custo do kW Instalado em Reais – Parque Eólico\***

<b>Custo do kW Instalado em Reais – Parque Eólico</b>	
<b>Ano</b>	<b>R\$/kW Instalado</b>
2006	7.497,00
2009	4.913,00
2010	4.313,00

\*Extraído do trabalho de Braciani, 2011

Apesar do investimento ainda ser alto, é possível perceber certa diminuição de valor. Além dos custos já especificados, é importante lembrar daqueles relacionados às linhas de transmissão caso o parque seja de grande porte. A conexão da usina em questão à rede elétrica pode encarecer o projeto de forma significativa.

Já para geradores de baixa potência e uso próprio, o preço pode variar muito dependendo do sistema utilizado. Muitas pessoas já fazem uso de seus próprios projetos de minigeradores eólicos, cujos preços podem variar dentro de uma faixa extensa dependendo do empreendimento. Alguns consumidores já passaram a construir seus próprios sistemas de produção eólica utilizando baterias e outros artefatos caseiros, fato que vem tomando grandes dimensões na atualidade (VIVAGREEN, 2016).

A produção de energia eólica varia dependendo da quantidade de vento disponível onde foram instalados os aerogeradores fazendo com que, dessa forma, não exista um único valor para a energia gerada, mas sim, uma faixa de preço dependendo da quantidade produzida.

#### **8.4 Incentivos**

O custo de energia eólica ainda não é o mais atrativo comparado às demais fontes de geração de energia. Os fatos que mais contribuem a esse fato é o alto valor de mercado de um aerogerador juntamente com o baixo fator de capacidade dessa fonte, porém uma queda vem acontecendo nos últimos anos em relação a esse setor (GARBE; MELLO; TOMASELLI, 2011).

Esses altos valores das turbinas utilizadas seguem tendência a serem minimizados com investimentos em P&D e surgimento de novos equipamentos. Os incentivos relativos a essa forma de geração energética vem crescendo e, muitos deles, ocorrem em conjunto com incentivos feitos à geração solar fotovoltaica, por serem fontes alternativas de geração de energia elétrica e estarem em grande crescimento.

Como já mencionado, a Caixa Econômica Federal incluiu aerogeradores na lista de produtos que e podem ser adquiridos através de financiamento (SILVA, 2015). O Banco do Brasil também lançou planos especiais auxiliando a compra de equipamentos para sistemas de energia a partir de fontes renováveis e a contratação de técnicos especializados na área (BANCO DO BRASIL, 2016).

A certificação AQUA obriga empreendimentos futuros a fazer um estudo detalhado sobre a viabilidade de fontes alternativas, o que é uma maneira de incentivar a adoção de sistemas eólicos e fotovoltaicos. Essa é uma das certificações ambientais mais importantes do mundo, a qual foi desenvolvida pela Qualitel, da França, e o AQUA Habitacional foi planejado juntamente com a Fundação Vanzolini que é responsável pela certificação no Brasil (VANZOLINI, 2016).

Contudo, o incentivo mais importante da atualidade é a Resolução Normativa nº 482 do dia 17 de abril de 2012 posteriormente atualizada pela de nº 687 promulgadas pela ANEEL que visa promover a geração distribuída para consumo próprio estabelecendo condições para o acesso proveniente dessas redes de geração aos grandes sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica, onde a quantidade excedida é injetada na rede e o consumidor acumula créditos de energia posteriormente descontados da fatura mensal de luz.

## **8.5 Benefícios**

A energia eólica é gerada através de uma fonte renovável, os ventos. Apesar de seu regime intermitente, é uma energia limpa de fonte inesgotável e só tende a crescer mundialmente falando.

Com o grande aumento na escala de produção eólica, o número de investimentos em pesquisas e desenvolvimento nessa área vem crescendo cada vez mais e, conseqüentemente, seus custos vem diminuindo.

Uma das vantagens desse tipo de geração de energia elétrica, é que podem ser construídas tanto em conexão com grandes redes elétricas como em lugares isolados, motivo pelo qual é incentivado a produção eólica na geração distribuída, já que não é necessário a implementação de sistemas de linhas de transmissão para alimentar essas regiões em questão.

Falando em energia eólica de grande porte, os parques construídos são compatíveis com outros usos do terreno como agropecuária e providencia geração de investimentos em zonas mais desfavorecidas economicamente (PORTAL ENERGIA, 2015).

Regionalmente falando, reduz a independência energética do exterior e de outras regiões do país, alcançando até pequenas comunidades isoladas, o que passa a ser um grande atrativo àqueles lugares desprovidos de energia elétrica.

Mesmo com o investimento inicial sendo relativamente caro, a energia eólica possui inúmeros pontos positivos. A grandes vantagens que se tem aparecido em relação a geração eólica faz com que essa seja uma tecnologia a favor do meio ambiente que só tem a crescer e se desenvolver cada vez mais.

## **9 IMPLEMENTAÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

A determinação da classificação da usina de energia hidráulica se dá pela quantidade de potência instalada. Três classificações possíveis são adotadas pela Aneel: Centrais Geradoras Hidrelétricas possuindo até 1 MW de potência instalada, Pequenas Centrais Hidrelétricas com parcela entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), as quais possuem mais de 30 MW (ANEEL, 2008).

A instalação de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), assim como a de qualquer forma de produção de energia que possa impactar o meio ambiente e a sociedade, depende

fortemente de estudos onde serão levantados possíveis impactos positivos e negativos em determinada região.

As PCHs possuem papel cada vez mais relevante no cenário nacional, visto que buscam atender demandas a localidades próximas ao centro de carga, as quais, muitas vezes, estão localizadas em regiões periféricas aos sistemas de transmissão e distribuição.

A região norte do país detém 60% do potencial hidráulico do Brasil, contudo é considerada a maior fronteira hidrelétrica (ESTADÃO, 2014). Essa região conta com uma enorme biodiversidade que pode ser grandemente afetada com grandes empreendimentos hidrelétricos, fora que juntamente com a instalação de grandes usinas vem as instalações de grandes sistemas de transmissão e distribuição para essa energia produzida, o que pode acabar por acarretar inúmeros problemas para a região.

Uma boa alternativa para a região é a utilização de PCHs, que possuem impactos reduzidos e fornecem energia para uma região pequena e local. Mesmo assim, muita atenção deve ser dada a esses projetos, visto que os impactos podem ser menores que os de uma grande central hidrelétrica, mas dependendo das especificações da região onde se deseja implantar a usina, vários itens podem ser infligidos que agreguem uma série de problemas futuros para o local.

Os marcos regulatórios dos setores elétrico e ambiental, nem sempre andam em acordo. As licenças ambientais a respeito de empreendimentos hidrelétricos possuem grandes obstáculos, o que resulta em entraves no desenvolvimento desses sistemas (BANCO MUNDIAL, 2008).

Ainda que a instalação de inúmeras PCHs não resolva todo o problema de falta de energia no país, não dá para se negar que com a instalação de novos projetos pode aumentar a capacidade de geração de energia, principalmente nas conhecidas regiões isoladas eletricamente, melhorando significativamente a qualidade de vida da população presente.

## **9.1 Impasses**

Dentro do quadro socioambiental, definições de novos projetos de PCHs devem ser estudados com a mesma atenção que grandes centrais hidrelétricas. Impasses como alteração do meio ambiente como alagamento de regiões, mesmo de pequeno porte, podem inviabilizar esses projetos, visto que prejudicam fauna e flora e alteram o curso de vida de toda a região.

Alguns dos maiores impactos considerados é a criação de um trecho com vazão reduzida e uma mudança de paisagem da região, além da possibilidade de um maior custo relativo à produção e um maior desperdício e ociosidade de água dependendo do tamanho do reservatório utilizado (GANDOLFI, 2010 p.14).

É evidente que a instalação de uma PCH pode gerar impactos com menor significância que uma grande central hidrelétrica, porém, dentro das especificidades socioambientais e econômicas de uma determinada região, essas usinas podem impactar de forma grave e irreversível um determinado local. Tanto o bioma existente quanto as populações que nele vivem podem ser prejudicados, fato que deve ser trabalhado a fim de facilitar a vida das pessoas - principalmente quando analisando uma região isolada do sistema elétrico - e não impactar de forma negativa (NILTON, 2009).

## **9.2 Viabilidade econômica**

Por ser uma fonte de energia renovável e de baixo impacto ambiental, cada vez mais é analisada a viabilidade de projetos de PCHs. Quanto mais incentivos relacionados a essas usinas, mais regulamentado fica o preço de compra de equipamentos e implantação de novos empreendimentos.

Pode-se dizer que a viabilidade econômica para a instalação de uma PCH depende basicamente do preço de venda da energia que será gerada e dos investimentos realizados por MWh gerado. Contudo, outros fatores também afetam diretamente a rentabilidade do sistema, como o tempo de aprovação e instalação da usina, o nível de utilização da capacidade instalada, os custos envolvidos no projeto sendo tanto administrativos quanto operacionais e encargos financeiros dos financiamentos contratados (JUNQUEIRA et al, 2002 p.6).

Dentro de um projeto de viabilidade de uma PCH, segundo recomendações da Aneel (2010), o primeiro estudo a ser realizado é o de inventário, que é onde ocorre uma avaliação do potencial de geração de energia elétrica a partir de determinada unidade hidrográfica quantificando os aspectos energéticos e minimizando os impactos ambientais. Após concluída essa etapa, é iniciado o estudo de viabilidade, fase a qual é definida a concepção global de um aproveitamento hidrelétrico seguida da definição do projeto básico do sistema, definindo o dimensionamento de toda a central geradora, as obras de infraestrutura, o reservatório a ser utilizado, os outros usos possíveis da água e as ações ambientais necessárias (GANDOLFI, 2010 p.27-28).

Mesmo com o grande período de tempo relacionado à aprovação do projeto em questão, seu tempo de construção e implementação é relativamente rápido. O Brasil também domina a tecnologia necessária para a produção de equipamentos utilizados na implementação desses sistemas, o que diminui os custos do projeto, assim como a tecnologia na construção e operação dessas pequenas centrais. De acordo com o MME (2010), um aumento na construção e viabilização dessas usinas, acaba estimulando ainda mais a indústria nacional com a fabricação de componentes necessários, o que acarreta vários benefícios econômicos, técnicos e sociais (FRIEDRICH, 2010 p.28).

### **9.3 Custo para instalação de novas usinas**

Para se analisar a viabilidade de uma PCH e se a mesma produzirá energia de forma lucrativa, é necessário levar em consideração todo o custo de instalação juntamente com o fator de capacidade de produção que será proporcionado. Para entender melhor esses custos de instalação, é usual dividir o custo total realizado pela usina pela potência total elétrica utilizada por cada um dos geradores da PCH.

Normalmente, centrais com maiores quedas exigem geradores mais baratos e barragens de menor porte que vem a ser também mais baratas, o que deixa o empreendimento mais vantajoso, fora a maior potência produzida. Centrais instaladas em regiões com pequenas quedas necessitam um maior estudo de viabilidade para definir se o projeto acarreta benefícios ao sistema ou não.

Alguns dados sobre custos de PCHs foram exibidos no congresso LatAm de 2011 pelo Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas (CERPCH) através do professor Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho da Universidade Federal de Itajubá e podem ser visualizados na Tabela 10.



**Tabela 10: Comparação nos custos da construção de uma PCH em relação à potência gerada e à altura de queda d'água\***

P [MW]	H [m]	Custo [R\$/MW]		
		Mínimo	Médio	Máximo
12,6	60	3.169.259,56	4.347.857,25	6.656.278,42
	40	3.331.341,70	4.673.315,98	7.163.109,80
	30	3.446.340,81	4.904.232,63	7.522.712,40
	20	3.608.422,95	5.229.691,36	8.029.543,78
	15	3.723.422,06	5.460.608,01	8.389.146,37
	10	3.885.504,21	5.786.066,74	8.895.977,76

\*FONTE: trabalho realizado pelo professor Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho da Universidade Federal de Itajubá e exibido no congresso LatAm2011

Como todos os bens e serviços, o poder de compra de uma moeda é determinado pela demanda e fornecimento da mesma resultando em uma variação de valor ao longo do tempo. Política monetária, inflação e variação cambial são exemplo de fatores que influenciam nessa mudança. Em outras palavras, um determinado valor no passado, não necessariamente resulta no mesmo valor no presente, fazendo com que seja necessário levar em consideração que os dados apresentados na Tabela 10 são relativos ao valor de compra do Real em 2011, não possuindo o mesmo poder aquisitivo do presente momento.

Além disso, deve-se tomar cuidado na análise de dados e custos relativos à empreendimentos na área, os quais não devem ser realizados considerando isoladamente o custo unitário na implantação, e sim, o comportamento energético total da central, visando uma maior eficiência de todo o sistema em questão.

#### **9.4 Incentivos**

Quando o assunto em pauta é pequena central hidrelétrica, muitos incentivos podem ser levados em consideração para auxiliar os trâmites de instalação.

O que ganha mais destaque entre todos, foi a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Assim como foi descrito no Decreto nº 5.025, de 2004, foi criado com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica gerada por produtores autônomos através de fontes eólica, biomassa e PCHs no SIN. A ideia é promover uma diversificação dentro da Matriz Energética Brasileira buscando alternativas e aumentar a

segurança nas formas de geração para o abastecimento de energia elétrica ajudando, dessa maneira, a valorizar as produções locais e regionais.

Além do PROINFA, algumas leis também foram criadas para auxiliar o setor, tais como:

- Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995 e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996 cujos objetivos era a autorização não-onerosa, ou seja, sem custos excessivos para exploração do potencial hidráulico;
- Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 as quais permitiam a livre comercialização de energia entre consumidores que foram reunidos por comunhão de interesses de fato ou de direito, desde que a carga seja igual ou superior a 500 kW;
- Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996 onde promovia a isenção sobre a compensação financeira, a qual foi instituída pela Constituição Federal de 1988 e fala sobre o percentual pago em cima da utilização de recursos hídricos por concessionárias de geração hidrelétrica.
- Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000 que dá anualmente a isenção de aplicação com no mínimo 1% da receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico brasileiro.

Juntamente com essas leis, algumas resoluções da Aneel - todas retiradas direto da fonte - também foram promulgadas a fim de incentivar esse setor, tais como:

- Resolução ANEEL nº 393, de 4 de dezembro de 1998, que estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas.
- Resolução ANEEL nº 395, de 4 de dezembro de 1998, que estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação de estudos de viabilidade e projeto básico de empreendimentos de geração hidrelétrica, assim como da autorização para exploração de centrais hidrelétricas até 30 MW e dá outras providências.
- Resolução ANEEL nº 398, de 21 de setembro de 2001, que estabelece os requisitos gerais para apresentação dos estudos e as condições e os critérios específicos para análise e comparação de Estudos de Inventários Hidrelétricos, visando a seleção no caso de estudos concorrentes.

- Resolução ANEEL nº 652, de 9 de dezembro de 2003, que estabelece os critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH).
- Resolução ANEEL nº 343, de 9 de dezembro de 2008, que estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH.
- Resolução ANEEL nº 404, de 6 de julho de 2010, que altera a Resolução Normativa nº 343, de 9 de dezembro de 2008, que estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH.
- Resolução ANEEL nº 409, de 10 de agosto de 2010, que estabelece critérios e procedimentos para participação de empreendimento hidrelétrico não despachado centralizadamente no Mecanismo de Realocação de Energia – MRE.
- Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3, de 10 de agosto de 2010, que estabelece as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos.
- Resolução ANEEL nº 412, de 5 de outubro de 2010, que estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia hidráulica de 1.000 até 50.000 kW, sem características de PCH.
- Resolução ANEEL nº 420, de 30 de novembro de 2010, que estabelece a sistemática de determinação da “Potência Instalada” e da “Potência Líquida” de empreendimento de geração, para fins de outorga, regulação e fiscalização dos serviços de geração de energia elétrica, e revoga a Resolução nº 407, de 19 de outubro de 2000.
- Resolução ANA nº 131, de 11 de março de 2003, que dispõe sobre procedimentos referentes à emissão de declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União e dá outras providências.

- Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

Mesmo que as PCHs não venham a resolver por total as necessidades de geração de energia elétrica em território brasileiro, não se pode negar que o país poderá aumentar a capacidade de geração através dessas fontes, privilegiando projetos de geração visando sistemas isolados e o atendimento de energia elétrica às comunidades rurais não energizadas eletricamente (BERMANN, 2007).

Ainda segundo Bermann (2007):

A hidroeletricidade pode seguir com o papel de assegurar as necessidades energéticas do país se os problemas sociais e ambientais aqui assinalados forem efetivamente considerados e superados. Deve-se enfatizar o caráter de serviço público como destino da produção de energia elétrica, de modo a priorizar o atendimento da demanda residencial e de serviços públicos cujo consumo médio (kWh/habitante) ainda se encontra reduzido.

## **9.5 Benefícios**

As PCHs representam uma alternativa eficiente de suprir a falta de energia elétrica em algumas regiões, atendendo às necessidades de cargas em pequenos centros urbanos ou rurais. Normalmente são localizadas próximas aos respectivos centro de consumo, o que elimina a necessidade de grandes linhas de transmissão.

Os impactos ambientais acontecem em menor quantidade do que quando comparados a grandes empreendimentos hidrelétricos e os recursos investidos também são menores. A grande biodiversidade amazônica, aliada ao fato de que grandes empreendimentos hidrelétricos podem danificar o meio ambiente existente, a instalação de PCHs acaba sendo uma boa alternativa para abastecer essas comunidades que sofrem com a falta de energia elétrica.

Diante dessas questões socioambientais, as PCHs levam algumas vantagens em relação aos megaprojetos hidrelétricos. As pequenas centrais hidrelétricas geram energia elétrica menos poluente, distribuídas por praticamente todo o território nacional e operam muito próximas aos centros de carga. Estas características de geração descentralizada implicam diversas vantagens técnicas para a operação do sistema elétrico brasileiro, principalmente no que diz respeito ao uso mais eficiente do sistema de transmissão, reduzindo as perdas e a necessidade de construção de longas linhas de transmissão, além de desempenharem importante papel no desenvolvimento das comunidades locais.

Essas usinas, também conhecidas como hidrelétricas a fio d'água por possuir reservatório de água em pequenas dimensões ou simplesmente não possuir, apresentam impacto ambiental muito reduzido fazendo com que investimentos em programas socioambientais represente aproximadamente 10% dos custos totais do empreendimento. Outro fato que também pode ser observado a respeito das pequenas dimensões do reservatório é que essa característica facilita a procriação dos peixes (O SETOR ELÉTRICO, 2012).

O prazo de implantação também é reduzido lembrando muito o período de obras de um parque eólico - cerca de 18 meses. A emissão de gases poluentes também é pequena e com sua construção não ocorre deslocamentos de comunidades, fato que acabaria por inviabilizar o projeto já que a ideia é produzir energia para alimentar moradias desprovidas de eletricidade ou permitir a alimentação energética de uma propriedade rural (O SETOR ELÉTRICO, 2012).

Em comparação com outras alternativas de geração de energia elétrica também economicamente viáveis, as PCHs são consideradas uma das formas mais limpas e eficientes quando se fala em atender comunidades isoladas. Seus impactos ambientais são menores e distribuídos por diferentes regiões, resultando em inúmeras melhorias para os locais envolvidos.

## **10 CONCLUSÕES**

A demanda de energia elétrica pode ser considerada um medidor com relação ao desenvolvimento de uma nação. O acesso às necessidades básicas como saúde, educação e troca de informação, pode ser dificultado sem a presença de energia elétrica alimentando os setores envolvidos. Um município ou comunidade sem a presença de energia, muitas vezes acaba sendo deixado de lado e a qualidade de vida da população tende a cair cada vez mais. O Brasil, por ser um vasto território com os mais variados relevos, climas e vegetação, possui um grande sistema de linhas de transmissão visando levar energia elétrica para as mais variadas localidades, contudo, algumas regiões ainda assim não possuem contato com essas redes, criando a necessidade de gerar sua própria energia. A maior parte dessas regiões fica localizada no Norte do país, fato que pode ser explicado pela presença de uma densa vegetação que acaba dificultando a instalação dessas grandes linhas. Alguns desses sistemas, por sua vez, acabam criando métodos de geração de energia local, conhecida como geração distribuída, e ficando conhecidos como Sistemas Isolados por serem regiões não conectadas ao SIN.

Dentre as formas e possíveis analisadas de geração distribuída, fica claro que a geração por fonte solar é a com maior potencial de crescimento. O Brasil possui níveis muito altos de

radiação solar durante o ano inteiro, suficiente par gerar energia e abastecer grandes centros comerciais. Já na região Norte, essa situação não é diferente. Mesmo não apresentando o maior índice de irradiação solar no Brasil, esse número é suficiente para abastecer a população local e, além desses níveis favoráveis, esse potencial é praticamente constante durante todo o ano, não alterando muito a potência total gerada pelo sistema nas diferentes épocas. Além disso, a energia solar é uma fonte limpa e sustentável, não impactando negativamente nas condições físicas da região, lugar onde as leis ambientais são bem acentuadas.

A geração eólica possui fortes potenciais em várias regiões do Brasil, principalmente no Nordeste do país, contudo, analisando bem a região Norte, vimos que seu potencial eólico fica resumido ao norte de Roraima e na costa litorânea, pegando parte do Amapá e do Pará, lugares onde esse potencial poderia ser altamente aproveitado, porém, a disponibilidade mais pontual desse recurso acaba dificultando a geração de energia a partir dessa fonte em outras determinadas áreas, principalmente àquelas onde não tem acesso às redes de transmissão.

Finalmente, as PCHs são as mais delicadas quando se trata de geração alternativa de energia visando a região Norte, lugar o qual é considerado a maior fronteira hidrelétrica do país. Apesar da existência de uma quantidade significativa de rios, as leis ambientais de preservação são fortíssimas, impedindo a instalação de empreendimentos hidrelétricos de grande porte. Por consequência, a instalação de PCHs próximo a locais não conectados à rede, seria uma alternativa mais viável, já que os impactos ambientais são menores, permitindo, mesmo em menor escala, um aproveitamento dos recursos.

Alinhado às condições técnicas de instalação de um sistema de geração de energia, temos os aspectos econômicos que são de igual importância. Ao se decidir por determinada fonte de geração, estamos abrindo mão de outras e os benefícios que as mesmas poderiam acarretar. É necessária, então, uma análise detalhada sobre aspectos como incidência de luz solar, potencial eólico e informações minuciosas sobre o rio das proximidades quando este existir, juntamente com custos do kW instalado e a eficiência do sistema escolhido comparando o custo total do empreendimento por unidade de potência produzida. No setor de geração distribuída, isso não é diferente. Mesmo partindo de investimentos próprios e privados ou governamentais, tais custos devem ser levados em consideração a fim de se decidir pela fonte mais rentável e viável em todos os aspectos.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE Eólica. **Incentivos e barreiras à geração distribuída.** Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/1603>>. Acesso em maio. 2016.

AES Tietê. **Histórico CMO - Custo Marginal de Operação.** Disponível em: <<http://www.aestiete.com.br/comercializacao/Paginas/painel-de-energia-detallecmo.aspx?tid=2>>. Acesso em maio. 2016.

Agência Brasil. Empresa Brasil de Comunicação. **Produção residencial de energia solar já é economicamente viável para 15% dos lares brasileiros.** Disponível em: <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-07-03/producao-residencial-de-energia-solar-ja-e-economicamente-viavel-para-15-dos-lares-brasileiros>>. Acesso em maio. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL aprova regras para facilitar a geração de energia nas unidades consumidoras.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=5457&id\\_ar ea=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5457&id_ar ea=90)>. Acesso em maio. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em maio. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração distribuída supera 1000 conexões no Brasil.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8899&id\\_ar ea=>](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8899&id_ar ea=>)>. Acesso em maio. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações Técnicas.** Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset\\_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false)>. Acesso em agosto. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Novas regras para geração distribuída entram em vigor.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=9086&id\\_ar ea=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9086&id_ar ea=90)>. Acesso em Agosto. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa.** Nº 482, de 17 de Abril de 2012.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa**. Nº 687, de 24 de Novembro de 2015.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa**. Nº 493, de 05 de Junho de 2012.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa**. Nº 563, de 09 de Julho de 2013.

AMARANTE, O.A.C. et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001.

Ambiente Energia - meio ambiente, sustentabilidade e inovação. **Aneel aprova novas regras para microgeração**. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/11/aneel-aprova-novas-regras-para-microgeracao/27623>>. Acesso em maio. 2016.

Associação Brasileira dos Produtores Independentes de Energia Elétrica. **Análise preliminar à CP nº 015/2010 – Nota Técnica nº.0043/2010 – SRD/ANEEL**. De 10 de setembro de 2010.

Banco do Brasil. **Diretrizes de Sustentabilidade Banco do Brasil para o Crédito – Energia Elétrica**. [201-].

Banco Mundial no Brasil. **Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil. Uma Contribuição para o Debate. Volume II: Relatório Principal**. 2008

BARBOSA, W.P.F; AZEVEDO, A.C.S. **Geração distribuída: Vantagens e Desvantagens**. Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2013.

BEUREN, I.M. **Conceituação e contabilização do custo de oportunidade**. Caderno de Estudos nº08, São Paulo, FIPECAFI – Abril/1993.

BERMANN, C. **Impasses e Controvérsias da hidroeletricidade**. Estudos Avançados, vol. 21, nº59, São Paulo, 2007.

BRACIANI, U. **Estrutura de Custos para Implantação das Usinas de Geração de Energia Elétrica no Brasil**. 2011. 84 p. Monografia (obtenção de Bacharel em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

Brasil. **Casa Civil**. Decreto-Lei nº1.598, de 26 de dezembro de 1977.

Brasil. **Casa Civil**. Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014.

Brasil. **Casa Civil**. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004.

Brasil. **Casa Civil**. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004.

Brasil. **Casa Civil**. Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004.



Brasil. **Brasil bate recorde na produção de energia eólica.** 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/07/brasil-bate-recorde-na-producao-de-energia-eolica>>. Acesso em maio. 2016.

Brasil. **Brasil possui 26 estados e o Distrito Federal, chamados de Unidades da Federação (UF).** 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2009/11/territorio>>. Acesso em maio. 2016.

Brasil. **Energia Solar já é economicamente viável para 15% dos lares brasileiros, diz EPE.** 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2012/07/energia-solar-ja-e-economicamente-viavel-para-15-dos-lares-brasileiros-diz-epe>>. Acesso em maio. 2016.

Brasil. **Sistema Interligado Nacional: Sistemas Isolados.** 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistemas-isolados>>. Acesso em maio. 2016.

CABRAL, I.S; TORRES, A.C; SENNA, P.R. **Energia Solar – Análise Comparativa entre Brasil e Alemanha.** Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro, 2013.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Fontes.** Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/onde-atuamos/fontes?\\_afzLoop=2460736574967390#%40%3F\\_afzLoop%3D2460736574967390%26\\_adf.ctrl-state%3Dtq76r2mv3\\_4](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_afzLoop=2460736574967390#%40%3F_afzLoop%3D2460736574967390%26_adf.ctrl-state%3Dtq76r2mv3_4)>. Acesso em maio. 2016.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Preços.** Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos\\_menu\\_lateral/precos?\\_afzLoop=2461311434090600#%40%3F\\_afzLoop%3D2461311434090600%26\\_adf.ctrl-state%3Dtq76r2mv3\\_17](https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos_menu_lateral/precos?_afzLoop=2461311434090600#%40%3F_afzLoop%3D2461311434090600%26_adf.ctrl-state%3Dtq76r2mv3_17)>. Acesso em maio. 2016.

CASTRO, N et al. **As tarifas de energia elétrica no Brasil e em outros países: O porque das diferenças.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

CEIBRAS. **Energia Eólica.** Disponível em: <[http://ceibras.com.br/energia\\_eolica/](http://ceibras.com.br/energia_eolica/)>. Acesso em maio. 2016.

Conselho Regional de Contabilidade do Rio Grande do Sul. **Custos da Qualidade: uma abordagem prática.** Porto Alegre, 2000.

DUTRA, R.M; TOLMASQUIM, M.T. **Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico.** Revista Brasileira de Energia. Vol.9, Rio de Janeiro, 2002.

DYA. **Geração Distribuída.** Disponível em: <<http://www.dyasolar.com.br/Mercado/sistemaGeracaoDistribuido.aspx>>. Acesso em maio. 2016.

Economia e Energia. **Projeto conceitual e análise de viabilidade econômica de unidade de geração de energia elétrica eólica na Lagoa dos Patos – RS.** Disponível em: <[http://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade\\_energia\\_eolica.htm#\\_ftn1](http://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade_energia_eolica.htm#_ftn1)>. Acesso em maio. 2016

ELETROVENTO. **Aplicações; Instalações; Produto.** Disponível em: <<http://www.eletrovento.com.br/>>. Acesso em maio. 2016.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional.** Rio de Janeiro, 2015.

ENGIE Tractebel Energia. **Estrutura Institucional do Setor Elétrico.** Disponível em <<http://www.tractebelenergia.com.br/wps/portal/internet/negocios/conheca-o-mercado-de-energia/estrutura-institucional-do-setor-eletrico>>. Acesso em maio. 2016.

Entrepreneur's Toolkit. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.** Disponível em: <[http://www.entrepreneurstoolkit.org/index.php?title=Energia\\_solar\\_fotovoltaica\\_no\\_Brasil](http://www.entrepreneurstoolkit.org/index.php?title=Energia_solar_fotovoltaica_no_Brasil)> . Acesso em maio. 2016.

Estadão. **Norte tem 60% do potencial hidrelétrico.** 2014. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,norte-tem-60-do-potencial-hidreletrico-imp-,1503561>>. Acesso em maio. 2016

FIGUEIREDO, A.M. et al. **Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa – MG: viabilidade econômica e análise de risco.** RER, Rio de Janeiro, vol. 44, nº04, p713-730, 2006.

FRIEDRICH, P.G. **Benefícios econômicos e sociais das pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Econômicas) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Galileu. **Compensa instalar um painel solar?.** Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI334255-17770,00-COMPENSA+INSTALAR+UM+PAINEL+SOLAR.html>>. Acesso em novembro. 2015.

GANDOLFI, R. **Mudanças socioambientais ocasionadas pelas obras de PCHs na Bacia do Rio Irani – O caso do município de Arvoredo.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área Territorial Brasileira.** 2016. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm)>. Acesso em Julho. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. **População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e a situação do domicílio - 1960/2010.** 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em maio. 2016.

Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é geração distribuída.** Disponível em: <[http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em maio. 2016.

CARSTENS, L. Gazeta do Povo. **Energia no Brasil: Problemas e Oportunidades.** 2014. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/opiniao/artigos/energia-no-brasil-problemas-e-oportunidades-ee1jt6y5x3l05vffv93z8l5ji>>. Acesso em maio.2016.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Rota metalúrgica para produção de Silício Grau Solar.** Disponível em: <<http://www.ipt.br/projetos/5.htm>>. Acesso em maio. 2016.

JUNQUEIRA, A.A. et al. **Informe sobre as PCH's.** Porto Alegre, 2002.

MATOS, D.M.B; CATALÃO, J.P.S. **Geração Distribuída e seus Impactes no Funcionamento da Rede Elétrica: Parte 1.** University of Beira Interior, Portugal, 2013.

Ministério de Minas e Energia. **MME aprova Plano Decenal da Expansão de 2024.** Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-aprova-plano-decenal-de-expansao-de-energia-2024](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-aprova-plano-decenal-de-expansao-de-energia-2024)>. Acesso em maio. 2016.

Ministério de Minas e Energia. PROINFA – Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica. **Caminho limpo para o desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em maio. 2016.

NILTON, C.L. **O Impacto das pequena centrais hidrelétricas – PCHs no meio ambiente.** Trabalho de Conclusão (Especialista em Formas Alternativas de Energia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

Operador Nacional do Sistema Elétrico. **O que é SIN – Sistema Interligado Nacional.** Disponível em: <[http://www.ons.org.br/conheca\\_sistema/o\\_que\\_e\\_sin.aspx](http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx)>. Acesso em de maio. 2016.

PEREIRA, A.B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos, 2006.

Portal Energia – Energias Renováveis. **Vantagens e desvantagens da energia eólica.** Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>>. Acesso em maio. 2016.

Portal O setor elétrico. **A força das águas.** Disponível em: <<http://www.osetoelettrico.com.br/web/a-revista/929-a-forca-das-aguas.html>>. Acesso em maio. 2016.

Portal Solar. **Quanto custa a energia solar fotovoltaica.** Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em maio. 2016.

PUCRS. Central de Energia Eólica. **Perguntas Frequentes sobre Energia Eólica.** Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=3>>. Acesso em 24 maio. 2016.

SILVA, G.G. **Avaliação Ambiental dos Benefícios da Utilização da Energia Solar.** Universidade Católica de Goiás, 2007.

SILVA, R.M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios.** Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº166).

SHAYANI, R.A; OLIVEIRA, M.A.G; CAMARGO, I.M.T. **Comparação do custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** Universidade de Brasília, 2006.

SOARES, L. et al. **Precificação e seleção de novos empreendimentos de geração no setor elétrico brasileiro: Um enfoque risco retorno.** Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Empresa de Pesquisa Energética – PSR Consultoria, 2007.

Solar Volt. **Entenda as vantagens da geração distribuída de energia.** 2015. Disponível em: <<http://www.solarvoltenergia.com.br/entenda-as-vantagens-da-geracao-distribuida-de-energia/>>. Acesso em maio. 2016.

Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Maior estacionamento solar em geração distribuída do Brasil será inaugurado na UFRJ.** Disponível em: <<https://www.ufrj.br/noticia/2015/10/22/maior-estacionamento-solar-em-gera-o-distribu-da-do-brasil-ser-inaugurado-na-ufrj>>. Acesso em maio. 2016.

Vanzolini. Processo AQUA – Construção Sustentável. **Certificação AQUA-HQE.** Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>>. Acesso em maio. 2016

VERDINI, K; MARCOS, J. **Geração Distribuída a partir de usinas eólicas – Uma avaliação do futuro.** Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Vivagreen. **Energia eólica.** Disponível em: <<http://vivagreen.com.br/eolica/>>. Acesso em maio. 2016.

ZANLUCA, J.S. Portal de Contabilidade. **Custos fixos e variáveis.** Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/custo-fixo-variavel.htm>>. Acesso em maio. 2016.