



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS**

**RAIMARA ARRUDA SANTOS
VALÉRIA PEREIRA DE MOURA**

**A EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA APÓS A
CRISE ENERGÉTICA DE 2001**

**PALMAS, TO
2016**

**RAIMARA ARRUDA SANTOS
VALÉRIA PEREIRA DE MOURA**

**A EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL
APÓS A CRISE ENERGÉTICA DE 2001**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Área de
Indústria como requisito parcial para
obtenção da conclusão do Curso Superior
de Tecnologia em Sistemas Elétricos no
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins – Campus
Palmas.

Orientador Prof. M.sc. Kaison Teodoro de
Souza

Co-Orientador Prof. Esp. Humberto
Rodrigues Macedo

**PALMAS, TO
2016**

Santos, Raimara
Moura, Valéria

A expansão da geração de energia elétrica no Brasil após a crise energética de 2001/ Raimara Arruda Santos e Valéria Pereira de Moura - Palmas, 2016.
81f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, 2015.

Orientador Prof.: M.sc. Kaisson Teodoro de Souza.

Co-Orientador: Prof.: Esp. Humberto Rodrigues Macedo.

1. Crise Energética. 2. Geração de Energia. 3. Setor Elétrico Brasileiro. I. Análise e Perspectivas de Geração de Energia Elétrica no Brasil.

**RAIMARA ARRUDA SANTOS
VALÉRIA PEREIRA DE MOURA**

**A EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL APÓS A
CRISE ENERGÉTICA DE 2001**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos, pela Coordenação da Área da Indústria no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Esp. Felipe Tozzi Bittencourt
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. MSc. Kaison Teodoro de Souza
Orientador

Prof. Esp. Humberto Rodrigues Macedo
Co-Orientador

Prof. Dr. Ricardo Frangiosi de Moura
Membro de Banca Examinadora

Prof. Dr. Fábio de Lima Albuquerque
Membro de Banca Examinadora

RESUMO

O Brasil enfrentou em 2001 a maior crise energética, a qual ficou conhecida como “Apagão”. Dentre os motivos que ocasionou essa crise, destaca-se a falta de planejamento e investimentos na geração e transmissão de energia elétrica. Para superar a crise energética de 2001 e garantir o suprimento energético do país para as próximas décadas, o governo federal elaborou uma série de medidas que incluíram mudanças na política energética nacional bem como, uma reformulação do modelo do setor elétrico brasileiro. Com essa intervenção foram criados vários programas de investimentos públicos e/ou privados para a ampliação do setor elétrico, em especial a geração de energia elétrica. Outro fato relevante que aconteceu após a crise foi à implantação de alguns programas de diversificação da matriz energética brasileira, visando diminuir a dependência da geração hidrelétrica. A crise também provocou mudanças no comportamento da sociedade brasileira no que se refere ao uso racional de energia elétrica; quando muitos consumidores passaram a implementar o conceito de eficiência energética em suas residências. O presente estudo visa listar as principais fontes de energia elétrica que constituem a atual matriz energética brasileira, com o intuito de avaliar a evolução dessas fontes de energia, frente à nova política energética nacional, após a crise energética de 2001 (crise energética) até os dias atuais. A avaliação do planejamento e implantação das novas metas para o setor de geração de energia elétrica, no período analisado, foi parametrizado por documentos e anuários divulgados principalmente por órgãos e agências do setor elétrico brasileiro.

Palavras-chave: Crise Energética, Geração Elétrica, Fontes Renováveis.

ABSTRACT

Brazil experienced in 2001 the biggest energy crisis, which became known as "Blackout". Among the reasons that led to this crisis, there is a lack of planning and investment in generation and transmission of electricity. To overcome the energy crisis of 2001 and ensure the energy supply of the country for the next decades, the federal government developed a series of measures that included changes in national energy policy as well, a reformulation of the Brazilian electric sector model. With this intervention were created several programs of public and / or private investments for the expansion of the electricity sector, in particular the generation of electricity. Another relevant fact that happened after the crisis was the implementation of some of diversification of the Brazilian energy programs in order to reduce dependence on hydroelectric generation. The crisis also caused changes in the behavior of Brazilian society with regard to the rational use of electricity; when many consumers started to implement the concept of energy efficiency in their homes. This study aims to list the main sources of electricity that are the current Brazilian energy matrix, in order to assess the development of these energy sources, opposite the new national energy policy after the 2001 energy crisis (energy crisis) to the current days. The evaluation of the planning and implementation of new targets for the electricity generation sector in the period analyzed was parameterized by documents and yearbooks published mainly by organs and agencies of the Brazilian electric sector.

.

Keywords: Energy Crisis, Electricity Generation, renewable sources.

TRABALHOS PRODUZIDOS

Durante a elaboração dessa pesquisa foi produzido um artigo. O mesmo foi publicado no JICE – Jornada de Iniciação Científica e Extensão do IFTO, 2015.

MACEDO H; TEODORO K; MOURA V; SANTOS R. **A expansão da geração de energia elétrica, após a crise de 2001.** Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/6jice/paper/viewFile/6946/3389>>. Palmas, 2015.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Perfil esquemático de usina hidrelétrica.....	18
Figura 2 - Representação das estações do ano e do movimento da terra em torno do sol.....	20
Figura 3 - Radiação Global diária no Brasil.....	21
Figura 4 - Velocidade média anual dos ventos.....	23
Figura 5 - Ilustração turbina eólica.	24
Figura 6 - Ciclo da biomassa.....	25
Figura 7 - Processo de conversão da Biomassa em energia	26
Figura 8 - Funcionamento de uma termoelétrica.....	28
Figura 9 - Reação em cadeia	29
Figura 10 - Princípio de funcionamento termonuclear	30
Figura 11 - Capacidade Instalada por fonte de geração.	32
Figura 12 - Capacidade instalada de geração hídrica no período de 2001 a 2014. .	35
Figura 13 - Capacidade instalada de geração Eólica no período de 2001 a 2014. .	37
Figura 14 - Capacidade instalada de geração UTE's (Biomassa/Fóssil) de 2001 a 2014.	39
Figura 15 - Capacidade Instalada por fonte de geração.	40
Figura 16 - Empreendimentos hídricos em operação ano a ano.....	44
Figura 17- Empreendimentos Termoelétricos em operação ano a ano.....	45
Figura 18 - Empreendimentos Energia Eólica em operação ano a ano.	46
Figura 19 - Panorama geral de novos empreendimentos inclusos no sistema elétrico de 2001 a 2014.	47
Figura 20 - Consumo x Geração de eletricidade no Brasil	50
Figura 21 - Produção hidrelétrica por bacia.....	54
Figura 22 - Níveis de reservatórios nos últimos 15 anos.....	56
Figura 23 - Acréscimo da capacidade instalada hidrelétrica	58
Figura 24 - Distribuição Geográfica das Usinas Termoelétricas no Brasil.....	60
Figura 25 - Produção Mundial de etanol.	63
Figura 26 - Distribuição geográfica das UTE a Biomassa no Brasil.	65
Figura 27 - Potencial eólico Brasileiro	67
Figura 28 - Potencial de Geração de Energia Solar no Brasil	69

Figura 29 - Taxa de crescimento anual em porcentagem da geração, transmissão e consumo de energia elétrica.	74
Figura 30 - Evolução da geração de energia no Brasil.....	75
Figura 31 – Dependência das fontes de geração no Brasil.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	UHEs em operação em 2002.	33
Tabela 2 -	Empreendimentos de operação 2015	41
Tabela 3 -	Empreendimentos atuais.....	42
Tabela 4 -	Potência instalada em hidrelétricas por região (2004).	54
Tabela 5 -	Geração de Energia Elétrica por Fonte e Tipo de Combustível Utilizado- Dez/ 2013	61
Tabela 6 -	Usinas Termoelétricas a Gás natural por Regiões no Brasil.	61
Tabela 7 -	Produtores de bioenergia em 2005	63
Tabela 8 -	Produtores de etanol (hm²)	64
Tabela 9-	Quantidade de empreendimentos, potência instalada e porcentagem do total da matriz elétrica do Brasil em 2014, pelas diferentes fontes de geração....	75

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
BIG	Banco de Informações de Geração
BEN	Balanço Energético Nacional
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EOL	Central Geradora Eólica
ELETROBRAS	Empresa Mistas Centrais Elétricas Brasileiras SA
GD	Geração Distribuída
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
MME	Ministério de Minas e Energia
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MW	Megawatt
MWh	Megawatt.hora
MJ	Mega Joule por m ²
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
PIEE	Programa de Investimento de Energia Elétrica
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PDE	Plano Decenal de Energia
PNE	Plano Nacional de Energia
PROPEE	Programas de Eficiência Energética
PROEOLICO	Programa Emergencial de Energia Eólica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivos as Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica

UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
SOL	Usina Solar

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	Tema da Pesquisa	15
1.2	Delimitação do Tema.....	15
1.3	Objetivos	15
1.4	Justificativas	16
1.5	Métodos de Pesquisa.....	16
1.6	Estrutura do Trabalho	16
2.	FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	17
2.1	Usinas Hidrelétricas	17
2.2	Usinas Solares	19
2.3	Usinas Eólicas	22
2.3.1	Aproveitamento – turbinas eólicas	24
2.3.2	Vantagens e desvantagens	25
2.4	Usinas Biomassas	25
2.4.1	Transformação biomassa em energia	25
2.4.2	Vantagens e Desvantagens	27
2.5	Usinas Termoeletricas	27
2.5.1	Funcionamento das termoeletricas	27
2.5.2	Vantagens e desvantagens	28
2.6	Usinas Nucleares.....	28
2.6.1	Fissão nuclear	29
2.6.2	Funcionamento de uma usina nuclear.....	29
2.6.3	Vantagens e desvantagens	30
3.	CRISE ENERGÉTICA NO BRASIL EM 2001.....	31
3.1	Cenário da Geração de Energia Elétrica no Período da Crise.....	31
3.2	Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro.....	32
3.3	Evolução das Fontes de Geração	33
3.3.1	Hidrelétricas	33
3.3.2	Energia eólica e solar	35
3.3.3	Termelétricas (combustível fóssil e biomassa)	38
3.3.4	Nucleares	39
3.4	Cenário Atual da Matriz Elétrica Brasileira	40

3.5	Expansão das Fontes de Geração Após 2001	43
3.6	Análises do Consumo e Geração de Eletricidade no Período de 2001 a 2014.....	49
4.	DESAFIOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO ELÉTRICA	52
4.1	Fontes Hídricas	53
4.2	Fontes Térmicas	59
4.3	Biomassa	62
4.4	Fonte Eólica	66
4.5	Fontes Fotovoltaicas.....	68
4.6	Eficiência Energética	70
4. 6.1	Medidas de eficiência energética	72
5.	CONCLUSÃO	74
6.	REFERÊNCIAS	78

1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico é de fundamental importância para o desenvolvimento sócio econômico de um país. Serve como um indicativo para o crescimento da indústria e da economia brasileira, portanto tem papel extremamente relevante para o desenvolvimento da nação.

Em 2001, o país passou por uma crise no setor elétrico devido à falta de investimentos no setor elétrico, e um período de escassez de chuvas, a fragilidade do sistema elétrico brasileiro e a necessidade de intervenção estrutural no setor ficou evidenciada.

A necessidade de mudança no modelo de gestão do sistema elétrico ficou evidenciada e foram criadas novas instituições com a finalidade da expansão e garantir uma produção de energia compatível com as necessidades de crescimento econômico de forma sustentável, visando afastar o risco de novas crises no setor elétrico para os próximos anos.

1.2 Tema da Pesquisa

A expansão do setor elétrico, após a crise de 2001, e a importância do segmento das fontes de geração de energia dentro do setor elétrico brasileiro.

1.3 Delimitação do Tema

A expansão da geração de energia elétrica após a crise no setor elétrico em 2001. As perspectivas de expansão por fontes de energia para os próximos anos, os desafios da geração de energia elétrica.

1.4 Objetivos

O objetivo deste trabalho é avaliar a evolução da geração de energia após a crise de 2001, retratando as principais fontes de energia em expansão no país, além de enfatizar o crescimento de cada fonte, suas características, metas, desafios enfrentados e divulgar as questões dos impactos socioambientais.

Analisar o planejamento, as perspectivas de geração para os próximos anos, a fim de destacar a diversidade da matriz elétrica e a dependência da geração hidrelétrica para o próximo decênio.

1.5 Justificativas

O desempenho do novo modelo do setor elétrico brasileiro realizado em 2004, a diversificação da matriz energética. Os desafios da expansão das fontes de geração, a dependência das hidrelétricas e os riscos de uma nova crise no setor elétrico.

1.6 Métodos de Pesquisa

A metodologia de pesquisa será baseada em pesquisas nos sítios das entidades que compõem o setor energético brasileiro, como: BIG, ONS, ANEEL, EPE, MME, BEN, relatórios por eles emitidos, consultas bibliográficas e trabalhos acadêmicos.

1.7 Estrutura do Trabalho

O trabalho de conclusão de curso será desenvolvido em cinco capítulos. O primeiro capítulo constitui a presente introdução.

No segundo capítulo foram destacadas as fontes de energia no Brasil, suas principais características, vantagens e desvantagens.

No terceiro capítulo foi abordada a crise no setor elétrico ocorrido em 2001, as instituições responsáveis pelo setor energético brasileiro e suas funções. Foi feito o levantamento do crescimento e expansão de geração a partir do ano de 2001 a 2014, comparando dados estatísticos da geração das fontes de energia.

O quarto capítulo destaca os desafios da expansão do setor elétrico, quantifica a fronteira de geração e abordar as questões socioambientais através das fontes de geração, além de analisar o planejamento do cenário de geração de energia elétrica para os próximos anos, com a participação de cada fonte de geração.

No quinto capítulo têm-se a análise do estudo, apontando o ponto de vista sobre o planejamento elaborado pelos órgãos competentes de acordo com os dados pesquisados.

2. FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

2.1 Usinas Hidrelétricas

Foi em meados de 1889 que a primeira hidrelétrica do país entrou em operação, conhecida como a usina de Marmelos, gerando em torno de 250 KWh. Passaram-se 120 anos e hoje o Brasil gera através das hidrelétricas cerca de 88.7 MW.

O Brasil é um país privilegiado ao se tratar de recursos hídricos, com uma abundância de rios e quedas d'água que produz o enorme potencial de energia hidráulica. Ao final de 2014 têm-se em operação mais de 180 grandes usinas, responsáveis por quase 70% da produção nacional de energia elétrica (STEFANO, 2012).

A hidroeletricidade se torna a fonte de energia elétrica mais viável para geração de energia elétrica no Brasil, devido ao seu enorme potencial hídrico, por outro lado, mesmo sendo uma fonte renovável traz uma série de questionamentos sociais e ambientais. Atualmente a maior polêmica é a falta de água em algumas regiões do país, levando à diminuição na geração de energia e trazendo consequências para a população.

A geração de energia hidrelétrica se dá com a integração entre a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo e os desníveis do relevo, sejam eles naturais, como as quedas d'água, ou criados artificialmente. Quanto maior for o volume de queda d' água, maior será o potencial de aproveitamento na geração de eletricidade.

A vazão de um rio depende de suas condições geológicas como: largura, inclinação, tipo de solo, obstáculos, quedas e também pela quantidade de chuva que o alimentam, o que faz com que sua capacidade de geração de energia varie ao longo do ano.

As usinas hidrelétricas são compostas basicamente por: barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro. Estes funcionam em conjunto e de maneira integrada como especificado a seguir.

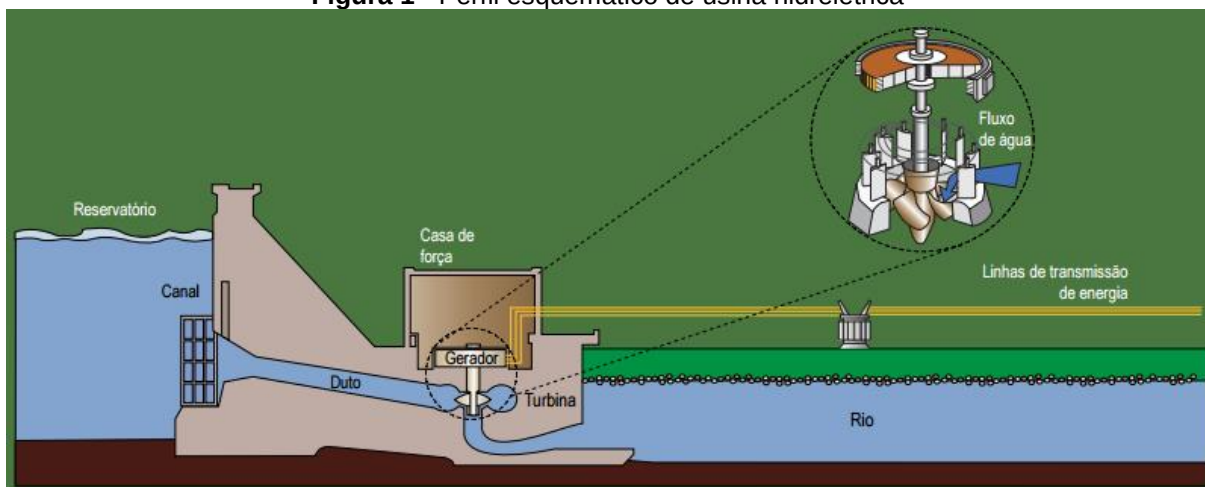
Barragem - Tem o objetivo de interromper o curso normal do rio e permitir a formação do reservatório. Além de conter a água, o reservatório tem outras funções como: permitir a formação do desnível necessário para a configuração da energia

hidráulica, a captação da água em volume adequado e a regularização da vazão dos rios em períodos de chuva ou estiagem.

Sistema de captação e adução de água – É formado por túneis, canais ou condutos metálicos que têm a função de levar a água até a casa de força, onde estão as turbinas formadas por pás ligadas a um eixo e conectadas ao gerador, onde o processo giratório faz as turbinas converterem energia cinética em energia elétrica, através dos geradores. A água após passar pelas turbinas volta ao leito normal do rio. As principais turbinas utilizadas na geração hidráulica são: *Pelton*, *Kaplan*, *Francis* e *Bulbo*, onde cada turbina é adaptada para funcionar em usinas com determinada faixa de altura de queda d' água e vazão.

Vertedouro - Tem a função de permitir a saída da água quando os níveis dos reservatórios estiverem ultrapassando os limites recomendados (ANEEL, Atlas cap.3, 2008). A Figura 1 demonstra o perfil esquemático de uma usina hidrelétrica.

Figura 1 - Perfil esquemático de usina hidrelétrica



Fonte: Atlas (2008).

As variáveis para a classificação das usinas hidrelétricas são: altura da queda d'água, vazão, capacidade ou potência instalada, tipo de turbina empregada, localização, tipo de barragem e reservatório. Estes fatores são interdependentes, logo a altura da queda d'água e a vazão dependem do local da construção, que por sua vez determina qual será a capacidade instalada e o tipo de turbina, barragem e reservatório.

As hidrelétricas são constituídas por dois tipos de reservatórios: acumulação e fio d'água. Os reservatórios de acumulação geralmente localizados em cabeceiras de rios, em locais de alta queda d'água, que permitem um grande acúmulo de água,

que funcionam como estoques que são utilizados em períodos de estiagem. Os reservatórios de fios d'água geram energia com o fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico.

A potência instalada é que determina se a usina é de grande, médio ou pequeno porte. A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL adota três classificações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW). Os portes das usinas também determinam as dimensões da rede de transmissão até o ponto de consumo (ANEEL, Atlas, cap.3, 2008).

2.1.1 Vantagens e desvantagens

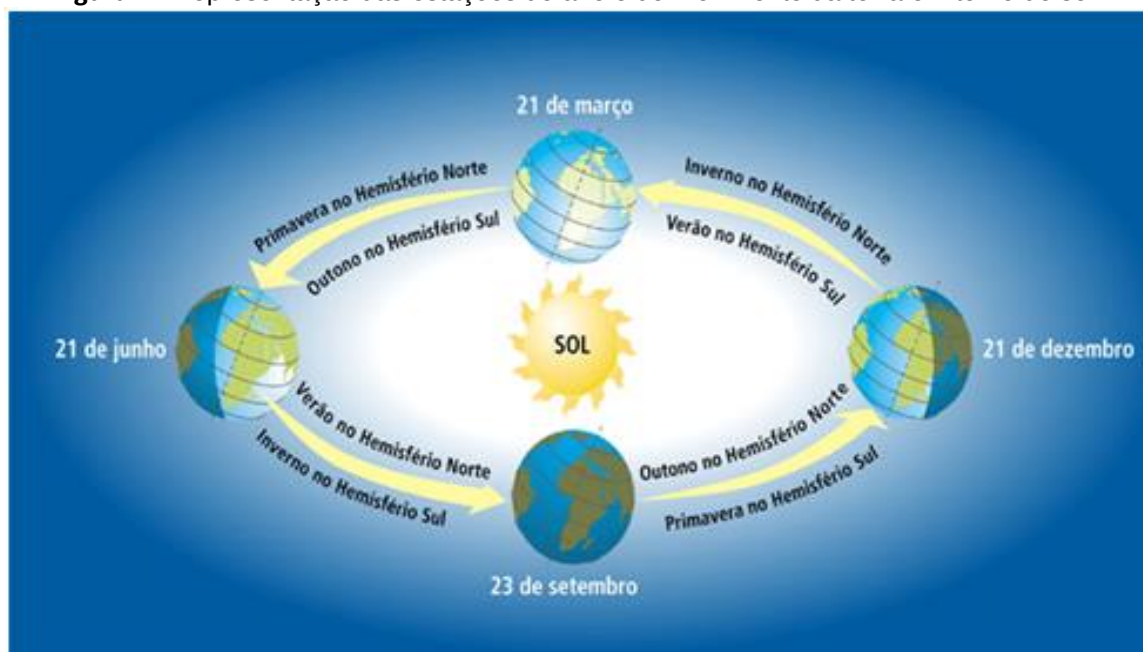
Dentre as vantagens da hidroeletricidade podemos destacar o fato de ser uma fonte renovável, e como o país é abundante deste recurso, o custo de implantação se torna viável, tem um tempo de vida útil estimado em 100 anos, além de gerar desenvolvimentos econômicos para a região. As desvantagens são a destruição da vegetação natural, assoreamento do leito dos rios, extinção de algumas espécies de peixes.

2.2 Usinas Solares

A energia solar é o aproveitamento da radiação solar emitida sobre a terra, além disso, é uma fonte de energia renovável e inesgotável. O Brasil é privilegiado pela alta incidência de raios solares em seu território.

Para avaliar o nível de radiação solar sobre a superfície da terra é necessário conhecer, além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), também a latitude e posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução) (ANEEL, Atlas 2008). Essa representação do movimento da Terra em relação ao Sol está exposta na Figura 2.

Figura 2 - Representação das estações do ano e do movimento da terra em torno do sol.



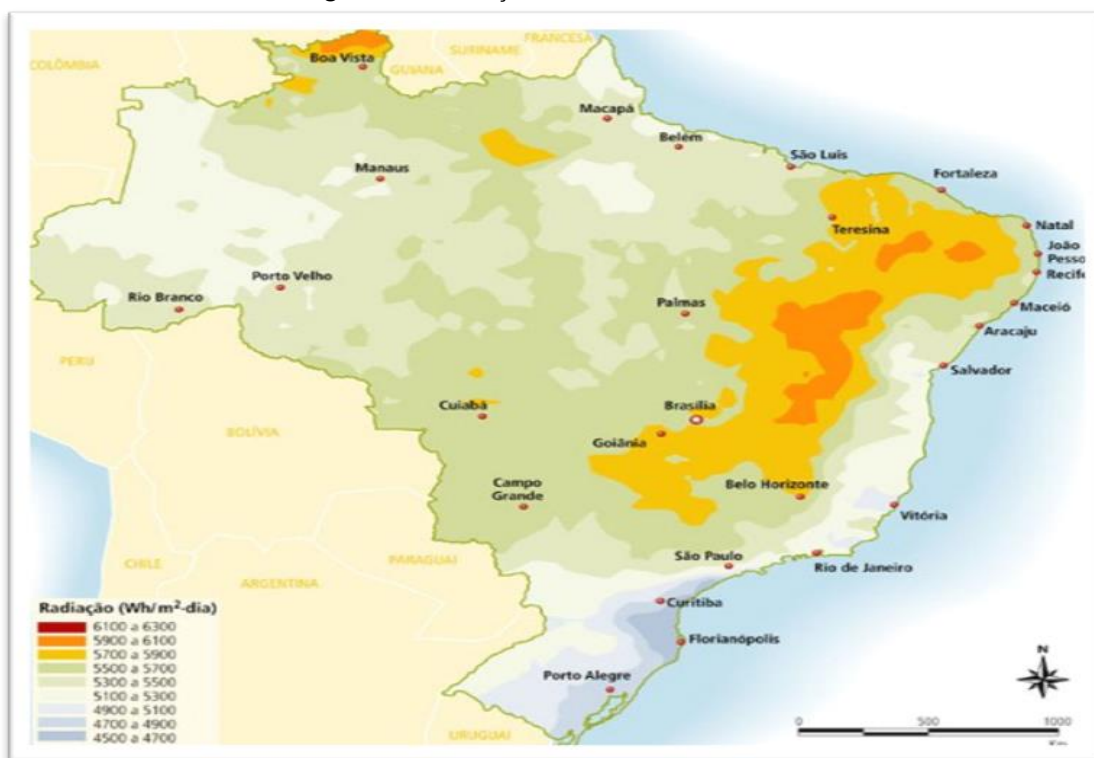
Fonte: Atlas (2008).

A duração solar do dia varia em algumas regiões e períodos do ano. No Brasil, por exemplo, a maior parte do seu território está relativamente próxima à linha do Equador, e por isso não há uma variação muito grande na duração solar do dia.

De acordo com o atlas brasileiro de energia solar, apesar de o país ter diferentes características climáticas, pode-se observar que a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com médias anuais relativamente altas em todo o país.

O maior índice de irradiação solar global é de $6,5\text{kWh/m}^2$, e ocorre no norte do estado da Bahia, e o menor índice é de $4,25\text{kWh/m}^2$, ocorre no litoral do estado de Santa Catarina. A Figura 3 apresenta a radiação solar global diária do Brasil.

Figura 3 - Radiação Global diária no Brasil.



Fonte: Atlas brasileira de energia solar (2000).

A radiação solar tem as seguintes formas de aproveitamento, como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. E também na conversão direta de energia elétrica por meio de efeitos sobre determinados materiais, dos quais podemos destacar o termoeletrônico e o fotovoltaico.

Porém as duas formas de aproveitamento que se destacam são a térmica e a fotovoltaica. A geração de energia solar térmica para o aquecimento de fluidos é feita através de coletores e concentradores solares. Os coletores são usados em aplicações residenciais e comerciais, já os concentradores são mais utilizados em aplicações que requerem uma maior temperatura, como secagem de grãos e a produção de vapor.

O sistema de geração fotovoltaico se dá através dos fótons contidos na luz solar, que são convertidos em energia elétrica, por meio de células. Essas células podem ser dispostas de diversas formas, sendo que a mais usada é a montagem de painéis ou módulos solares (ANEEL, Atlas, 2008).

No Brasil, o sistema térmico se destaca mais na região sul e sudeste, isso ocorre devido às condições climáticas, enquanto o sistema fotovoltaico se destaca

nas regiões norte e nordeste em comunidades isoladas da rede de energia elétrica (MME, 2013).

Os sistemas fotovoltaicos ainda se dividem em dois grupos: sistemas conectados à rede e isolados. Os sistemas conectados à rede não utilizam armazenamento de energia, pois a energia que não é consumida pela instalação é direcionada para a rede de distribuição da concessionária local, sendo uma fonte complementar de geração em um sistema elétrico de grande porte, ao qual estão conectados.

É necessária a utilização de um inversor para transformar a energia de corrente contínua em corrente alternada.

Nos sistemas isolados é necessário o armazenamento da energia, através do uso de baterias. Esses sistemas podem ser apenas para uma residência, mas também podem funcionar como uma miniredes para atender uma comunidade. Estes sistemas geralmente são instalados em locais de difícil acesso (CÂMARA, 2011).

2.2.1 Vantagens e desvantagens

Energia solar é uma energia limpa e renovável, tem um custo de manutenção baixo e não traz nenhum malefício para o meio ambiente, pois não tem poluentes na sua geração e é acessível em lugares remotos, porém por outro lado, ainda é uma fonte com custos de implantação altos e depende das condições climáticas para um bom aproveitamento, devido à interferência na produção.

2.3 Usinas Eólicas

Energia eólica denomina-se a energia cinética que provém do movimento das massas de ar (vento). Esta é uma fonte renovável, abundante e disponível em muitos lugares. A geração se dá através de aerogeradores, onde a força do vento é captada pela hélice ligada as turbinas que acionam o gerador elétrico. A quantidade de energia gerada vai depender da densidade do ar, da área geométrica que as pás atingem e da velocidade dos ventos (CERPCH, 2014).

Segundo o MMA Ministério do Meio Ambiente para se avaliar o potencial eólico de uma região são necessários trabalhos sistemáticos de coleta e análise sobre a velocidade e regime do vento. Geralmente a avaliação requer levantamentos

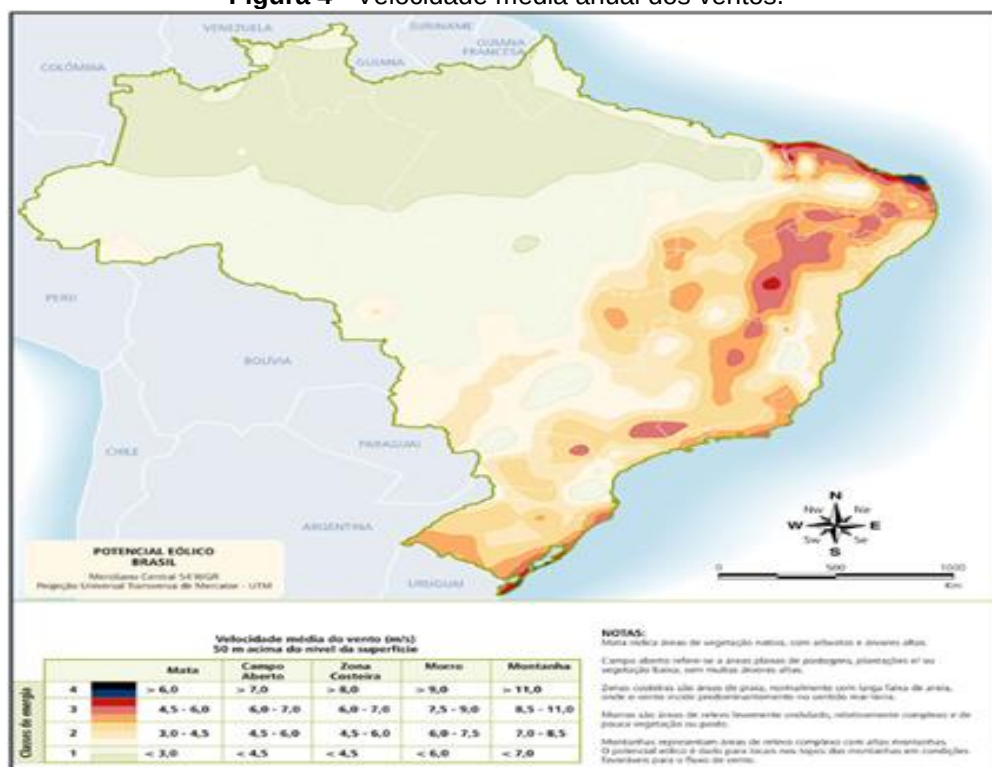
específicos e dados que são coletados em aeroportos, estação meteorológica e outros dados similares que fornecem uma estimativa do potencial eólico.

Portanto, a avaliação do potencial eólico requer um conhecimento detalhado dos ventos, fatores como relevo, rugosidade do solo e outros obstáculos que estão ao longo da região que influenciam e auxiliam na determinação do potencial.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (FILIPE D. et al.).

De acordo com Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, estima-se que o potencial eólico brasileiro é de 143 GW, e o maior potencial está localizado no litoral das regiões sul, sudeste e nordeste. A Figura 4 demonstra a velocidade média anual do vento a 50 metros de altura.

Figura 4 - Velocidade média anual dos ventos.



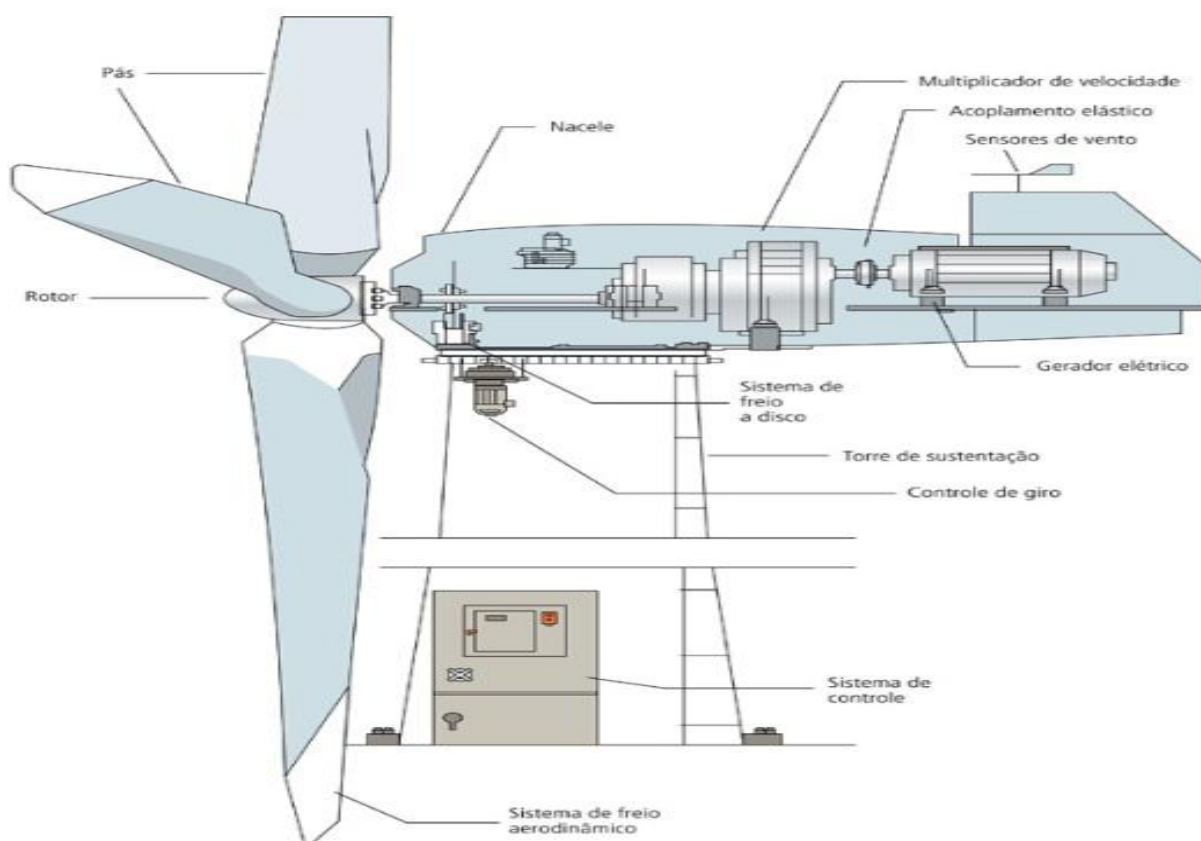
Fonte: Atlas (2008).

No Brasil, os primeiros anemógrafos computadorizados (aparelho registrador da direção e velocidade dos ventos) e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha em Pernambuco, no início dos anos 90. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil.

2.3.1 Aproveitamento – turbinas eólicas

As turbinas de geração de energia eólica já sofreram grandes mudanças, no início haviam turbinas de vários tipos: eixo vertical, eixo horizontal, com apenas uma pá, com duas pás, com três pás, gerador de indução, gerador síncrono. Atualmente as turbinas eólicas têm as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, motor de indução e estrutura não flexível. A Figura 5 indica uma turbina eólica moderna (ANEEL, Atlas 2008).

Figura 5 - Ilustração turbina eólica.



Fonte: Atlas (2008).

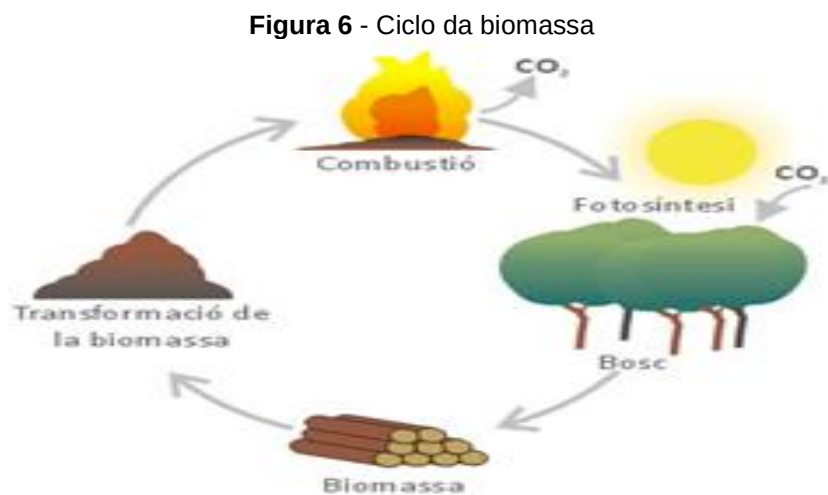
A produção de energia é realizada utilizando um aerogerador de três pás, onde possui movimento rotatório e mais rápido. O vento ao passar pelo rotor aciona a turbina, que está acoplada a um gerador elétrico responsável em transformar a cinética do vento em energia elétrica. A produção vai depender da quantidade de vento que passa pelo aerogerador.

2.3.2 Vantagens e desvantagens

A energia eólica é um recurso inesgotável, não emite gases poluentes e nem gera resíduos, ao mesmo tempo em que se usa um local para a instalação de um parque eólico, também pode ser usado para outros meios, como criação de gado ou plantação, não requer uma manutenção com frequência, mas por outro lado trazem desvantagens como, poluição visual e sonora, e podem afetar a rota de migração de aves.

2.4 Usinas Biomassas

A biomassa é um recurso renovável que provém de matéria orgânica (resíduos agrícolas, restos de alimentos, esterco), por meio da decomposição que produz o gás metano. Pode ser de origem vegetal (carvão mineral) ou animal (petróleo e gás) e sua transformação é por meio do processo de combustão, gaseificação e fermentação que tem como principal objetivo a geração de energia elétrica. A Figura 6 demonstra o processo do ciclo da biomassa.



Fonte: Google (2015).

2.4.1 Transformação biomassa em energia

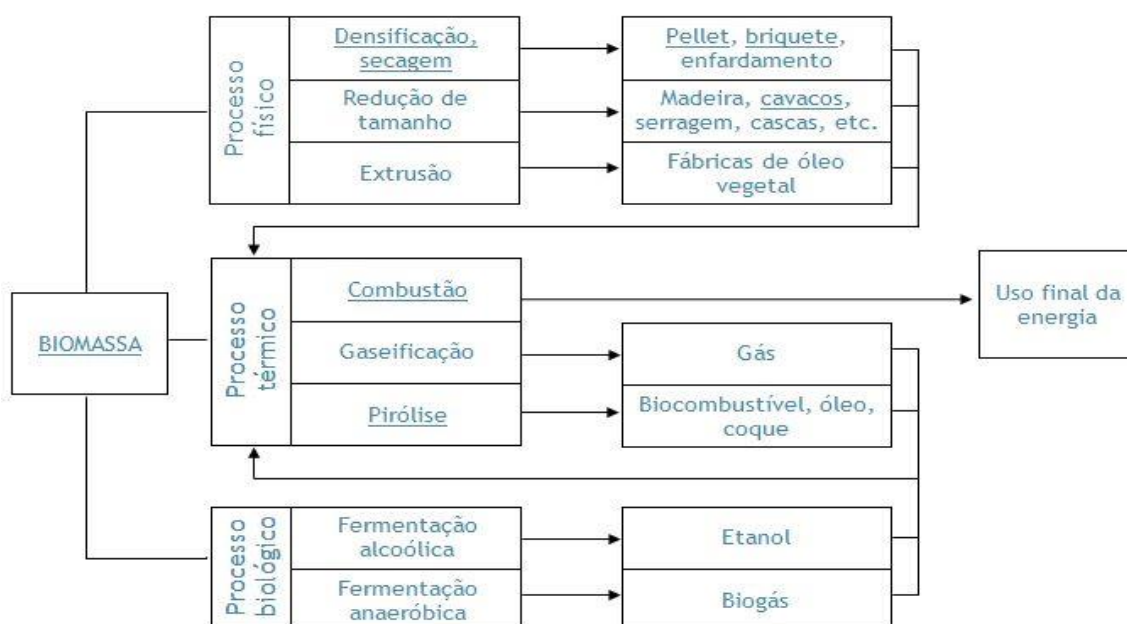
São os seguintes processos de transformação da biomassa em energia elétrica (SAMPAIO, A; 2010):

Pirólise - Neste processo, a biomassa é exposta a temperaturas elevadas sem a presença de oxigênio, ocasionando a decomposição. Sobram as misturas de gases, líquidos (óleo vegetal) e sólidos (carvão vegetal).

Gaseificação - Também como a pirólise, é exposta a muito calor e com ausência de oxigênio, porém originando um gás inflamável. A única diferença é que a gaseificação requer menor temperatura e resulta apenas em um gás.

Combustão - Queima da biomassa em altas temperaturas com presença de oxigênio, produzindo vapor e alta pressão. Pode ser utilizada a queima da madeira para geração de eletricidade. A Figura 7 representa o processo de conversão da biomassa em energia.

Figura 7 - Processo de conversão da Biomassa em energia



Fonte: Google (2015).

Biomassa resíduos sólidos urbanos - Usados por meio da queima direta, podem ser utilizados como combustível. Considera-se também o aproveitamento dos resíduos urbanos através da pirólise e do tratamento biológico. O lixo constitui grande material com potencial de uso energético.

Biomassa resíduos animais ou vegetal - A diferença da biomassa vegetal e a animal está na emissão de gases de efeito estufa, que no caso das formas vegetais é considerada nula. Isso acontece, pois durante a queima da biomassa para a fabricação de energia, o gás carbônico liberado é absorvido outra vez no processo de fotossíntese das plantas (KERDNA, 2015).

A energia a partir da biomassa animal é feita através de câmaras anaeróbicas, como biodigestores, que fazem o tratamento dos dejetos animais. Essa produção acontece principalmente nas grandes criações de suínos que liberam índices elevados de gás metano (Fragmaq, 2012). Os rejeitos dos animais podem ser transformados em biogás e também em biodiesel.

2.4.2 Vantagens e Desvantagens

Dentre as vantagens, destacamos ser uma fonte de energia renovável que não emite dióxido de enxofre, e possui menor risco ambiental.

As principais desvantagens são a dificuldade em estoque e armazenamento, e o menor poder calórico.

2.5 Usinas Termoelétricas

A energia termoelétrica é gerada através de calor resultante da queima de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Há vários tipos de termoelétricas com processos de produção iguais, porém com componentes diferentes. São utilizados para a produção, o carvão mineral, nafta, petróleo, gás natural e em alguns casos a biomassa.

Esse tipo de energia é do tipo não renovável e fóssil, além de gerar preocupação quanto à poluição ambiental, através da emissão do dióxido de carbono CO₂, há também dúvidas quanto a sua disponibilidade desse recurso a médio e longo prazo (PENA, 2014.)

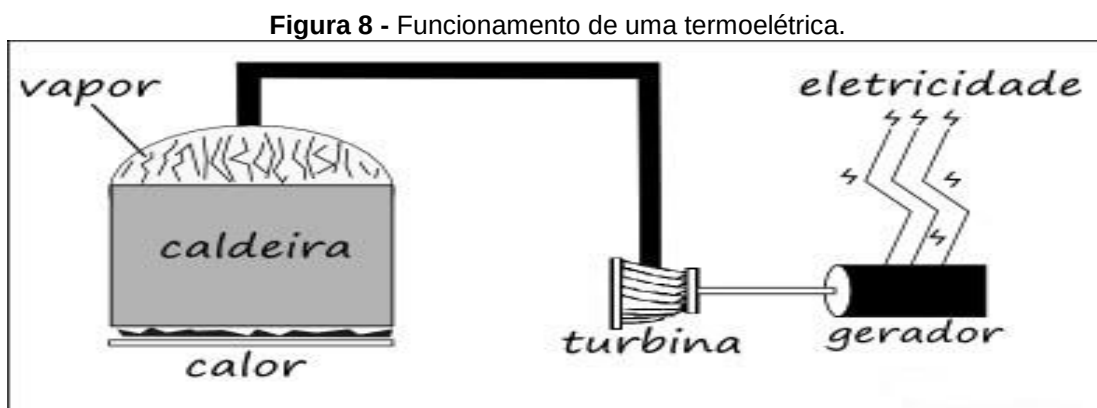
2.5.1 Funcionamento das termoelétricas

Através da queima dos combustíveis, a água é aquecida. Em seguida, essa água é transformada em vapor, que é direcionado para as turbinas do gerador responsável pela eletricidade.

O vapor, após ter movimentado as turbinas é enviado a um condensador para ser resfriado e transformado em água líquida para ser reenviado ao caldeirão novamente para um novo ciclo.

O vapor pode ser resfriado utilizando água de rio, lago ou mar, mas causa danos ecológicos devido ao aquecimento da água e consequentemente uma diminuição do oxigênio.

Outra maneira de resfriar esse vapor é utilizando água armazenada em torres. Por sua vez esta água é enviada em forma de vapor à atmosfera, alterando o regime de chuvas (TOFFOLI, 2014). A Figura 8 apresenta um esquema ilustrativo do funcionamento de uma termoeletrica.



Fonte: Brasil Escola (2015).

2.5.2 Vantagens e desvantagens

Podem ser instaladas em locais próximos às regiões de consumo, reduzindo o custo com torres e linhas de transmissão. Em comparação com usinas hidrelétricas são mais rápidas para se construir, podendo assim suprir carências de energia de forma mais rápida; as termoeletricas complementam a matriz energética na ausência das hidrelétricas.

Dentre as desvantagens, destaca-se que são fontes não renováveis; origem fóssil e causam efeito estufa. Depois de queimados os combustíveis são lançados na atmosfera, causando degradação ao meio ambiente.

2.6 Usinas Nucleares

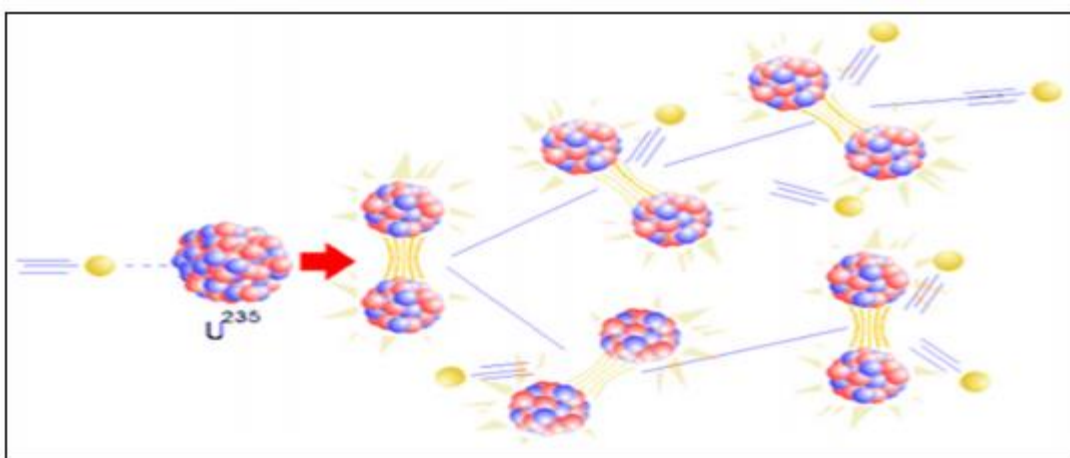
A usina nuclear se caracteriza pelo uso dos materiais radioativos para gerar movimento, calor e geração de eletricidade. Segundo Eliezer de Moura Cardoso (Energia Nuclear, p.10, 2003).

Uma vez constatada a existência da energia nuclear, restava descobrir como utilizá-la. A forma imaginada para liberar a energia nuclear baseou-se na possibilidade de partir-se ou dividir-se o núcleo de um átomo pesado, isto é, com muitos prótons e nêutrons, em dois núcleos menores, através do impacto de um nêutron. A energia que mantinha juntos esses núcleos menores, antes constituídos um só núcleo maior, seria liberada, na maior parte, em forma de calor (energia térmica).

2.6.1 Fissão nuclear

A produção de eletricidade através da usina nuclear ocorre pela fissão que se dá pela divisão do núcleo de um átomo pesado, tipo o urânio-235, em dois menores ao receber um neutro. A fissão é um tipo de reação em cadeia, porque faz com que o núcleo do urânio se divida em núcleos menores, liberando calor e assim os núcleos continuam a se chocar com os nêutrons, chegando na reação em cadeia, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Reação em cadeia



Fonte: Apostila Energia Nuclear – CNEN.

2.6.2 Funcionamento de uma usina nuclear

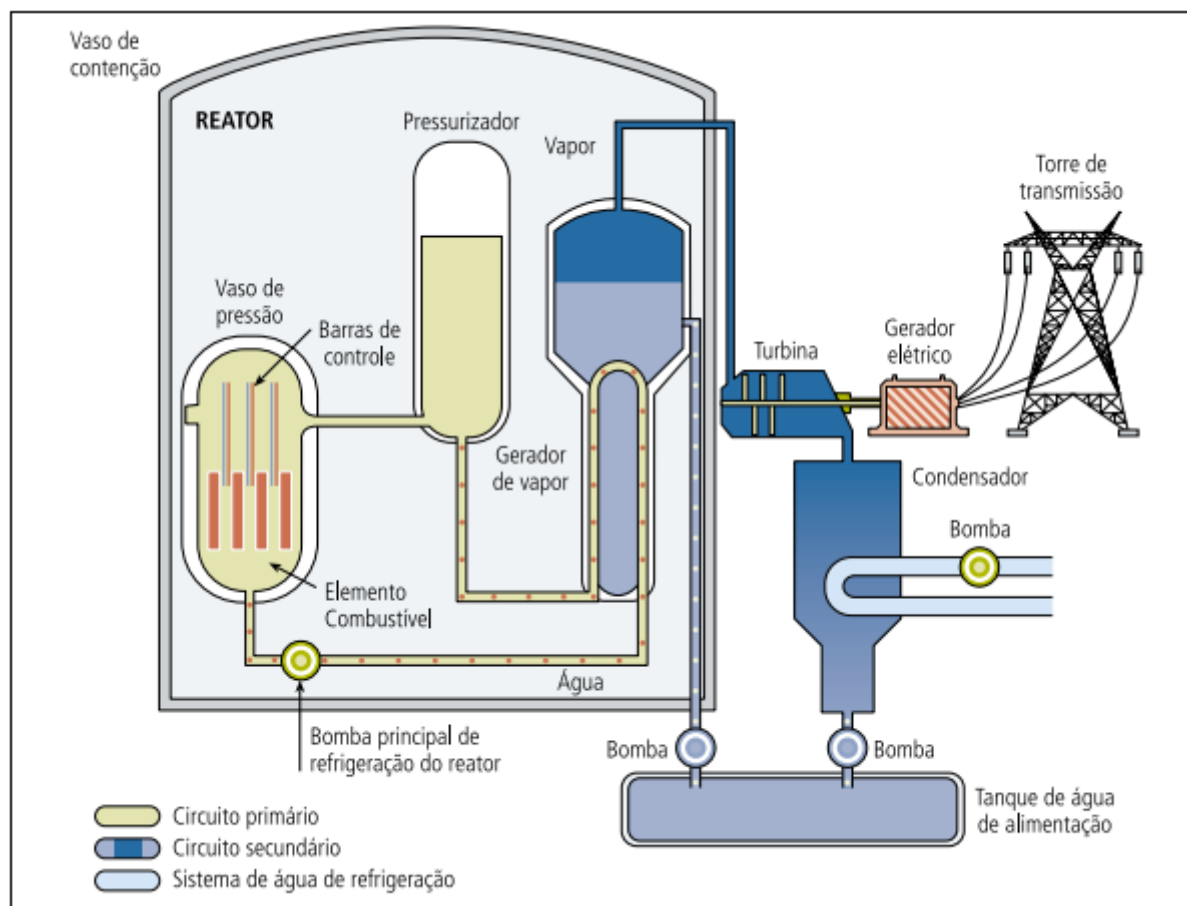
No primeiro circuito tem-se o vaso de pressão que é uma barreira para impedir a saída do material radioativo. Dentro das varetas contem urânio. São montadas numa estrutura denominada elementos combustíveis, na qual aquece a água que passa pelo reator a uma temperatura de aproximadamente 320 graus Celsius.

O gerador de vapor realiza uma troca de calor entre as águas deste primeiro circuito e a do circuito secundário, que são independentes entre si. Com essa troca de calor, a água do circuito secundário se transforma em vapor e movimenta a turbina, que por sua vez, aciona o gerador elétrico.

Esse vapor depois de mover a turbina, passa por um condensador, onde é refrigerado pela água do mar, trazida por um terceiro circuito independente. A existência desses três circuitos impede o contato da água que passa pelo reator com as demais. Uma usina nuclear oferece elevado grau de proteção, pois funciona com sistemas de segurança redundantes e independentes quando somente um é

necessário (ELETROBRAS, 2015). A Figura 10 apresenta o princípio de funcionamento termonuclear.

Figura 10 - Princípio de funcionamento termonuclear



Fonte: Atlas (2001).

2.6.3 Vantagens e desvantagens

Na energia nuclear, com pouco material (urânio) pode ser gerado uma enorme quantidade de energia; não contribui para o efeito estufa; exige pequena área para construção; independência de fatores climáticos; grande disponibilidade do combustível.

Dentre as desvantagens pode-se citar o alto custo de implantação quando comparado às demais fontes, o risco de acidente na central nuclear e os resíduos produzidos emitem radioatividade durante muitos anos.

3. CRISE ENERGÉTICA NO BRASIL EM 2001

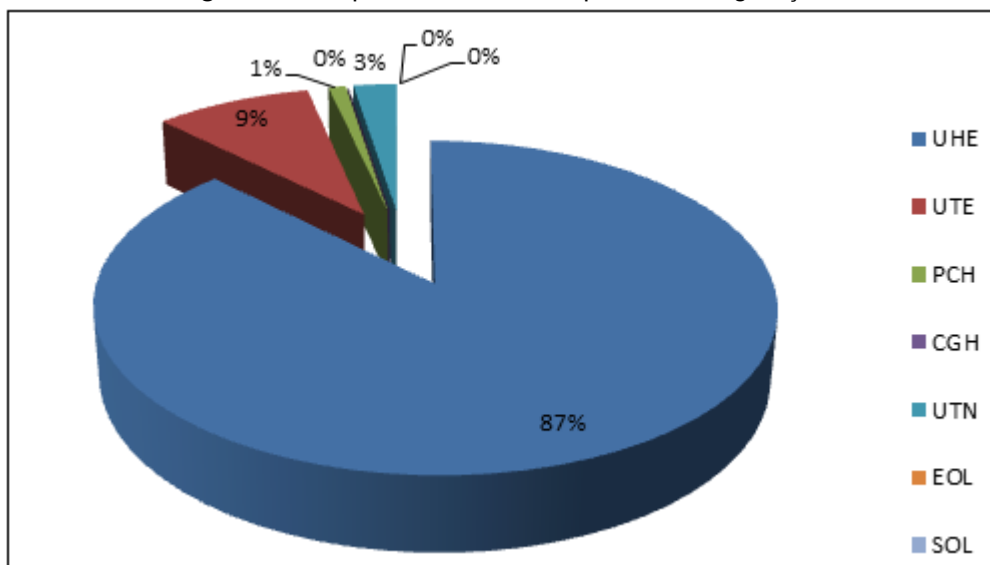
O ano de 2001 foi marcado pela crise energética no país. O Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS alertou a necessidade de uma redução no consumo de energia, e a população foi levada a racionar energia elétrica, isso devido o governo ter optado por uma metodologia que induzisse a sociedade a gastar menos energia, através de bonificações para aqueles que economizassem, de maneira que atingisse a meta estabelecida, em que os consumidores residenciais chegavam a 20% e industriais a 25%, onde aqueles que não diminuíssem ou aumentassem seus gastos, o governo aplicava tarifas sobre o consumo praticado (CHAGAS, 2004).

Basicamente o que levou o país a enfrentar uma crise energética foi à falta de planejamento de produção de energia elétrica por parte de órgãos competentes e a dificuldade da transmissão.

3.1 Cenário da Geração de Energia Elétrica no Período da Crise

A crise de energia elétrica e racionamento foram motivados por falta de investimentos no setor de geração de energia e pelas condições hidrológicas do período. As regiões mais desfavoráveis foram o sudeste, centro-oeste e nordeste, onde foi implantado o racionamento de energia. Além dessas regiões o racionamento também foi estabelecido na região norte.

Em 2001 o Brasil tinha uma matriz elétrica que contava com a participação de quase 90% da hidroeletricidade e assim no país se criou uma excessiva dependência das hidrelétricas.

Figura 11 - Capacidade Instalada por fonte de geração.

Fonte: Elaborada pelos autores – Dados BIG (2001).

O gráfico da Figura 11 demonstra a capacidade instalada por fonte de geração no Brasil em 2001, foi possível notar que apenas as fontes hídricas, térmicas e termonucleares compunham a matriz elétrica, sendo que as hídricas predominavam com 88% da geração total.

3.2 Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro

A crise de 2001 serviu como alerta para que o governo investisse em novas fontes de geração de energia elétrica, para o país diminuir a dependência das hidrelétricas e pudesse tornar o sistema mais confiável.

Com uma matriz energética dependente da geração hídrica o país se viu na necessidade de ampliar a matriz e investir em novas fontes de geração de energia elétrica.

Foi então que em 2004, o governo federal através das Leis nº 10.847 e 10.848 de 15 de março de 2004, e pelo Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004, instituiu (ONS, 2004).

Empresa de Pesquisas Energética – EPE; uma entidade responsável pelo planejamento do setor elétrico em longo prazo;

Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – uma instituição com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica;

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - uma instituição para dar continuidade às atividades do Mercado Atacadista de Energia – MAE, relativas à comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado.

Estas novas instituições possuíam entre suas principais atribuições a realização de estudos que propiciassem da matriz energética brasileira; a execução de estudos que propiciassem o planejamento integrado de recursos energéticos; o desenvolvimento de estudos que propiciem o planejamento de expansão da geração e da transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazo; a realização de análises de viabilidade técnico-econômica e socioambiental de usinas; e a obtenção da licença ambiental prévia para aproveitamentos hidrelétricos e de transmissão de energia elétrica.

3.3 Evolução das Fontes de Geração

3.3.1 Hidrelétricas

De acordo com a Atlas de Energia Elétrica do Brasil em 2001 a geração de energia proveniente das hidrelétricas era de 90%, com capacidade instalada de 61MW. Em 2002 havia registro de 433 centrais hidrelétricas no país, sendo que 304 desses empreendimentos eram de pequeno porte (micro e pequenas centrais hidrelétricas) e uma capacidade instalada de 62.020 MW. A Tabela 1 descreve o número de usinas em operação no ano de 2002 e suas respectivas potências instaladas.

Tabela 1 - UHEs em operação em 2002.

Faixa de potência (MW)	Nº de usinas	Potencia (MW)	Potência (%)
Até 30	337	1.509	2,4%
De 30 a 100	29	1.667	2,7%
De 101 a 500	36	9.219	14,9%
De 501a 1000	8	5.365	8,7%
Acima de 1000	23	44.260	71,4%
Total	433	62.020	100%

Fonte: ANEEL (2002).

A maioria das usinas hidrelétricas superiores a 1000 MW estão localizadas na bacia do Paraná, notadamente nas sub-bacias do Paranaíba, Grande e Iguaçu, destacam-se também as bacias do Rio Tocantins e Rio São Francisco.

Dados do Banco de Informação de Geração – BIG/ ANEEL 2002 indicava 20 novos projetos em construção em 2002 que adicionariam ao sistema elétrico brasileiro 6.284 MW de potência instalada. Entre esses empreendimentos de grande porte estava a UHE de Machadinho –RS e Luiz Eduardo Magalhães - TO.

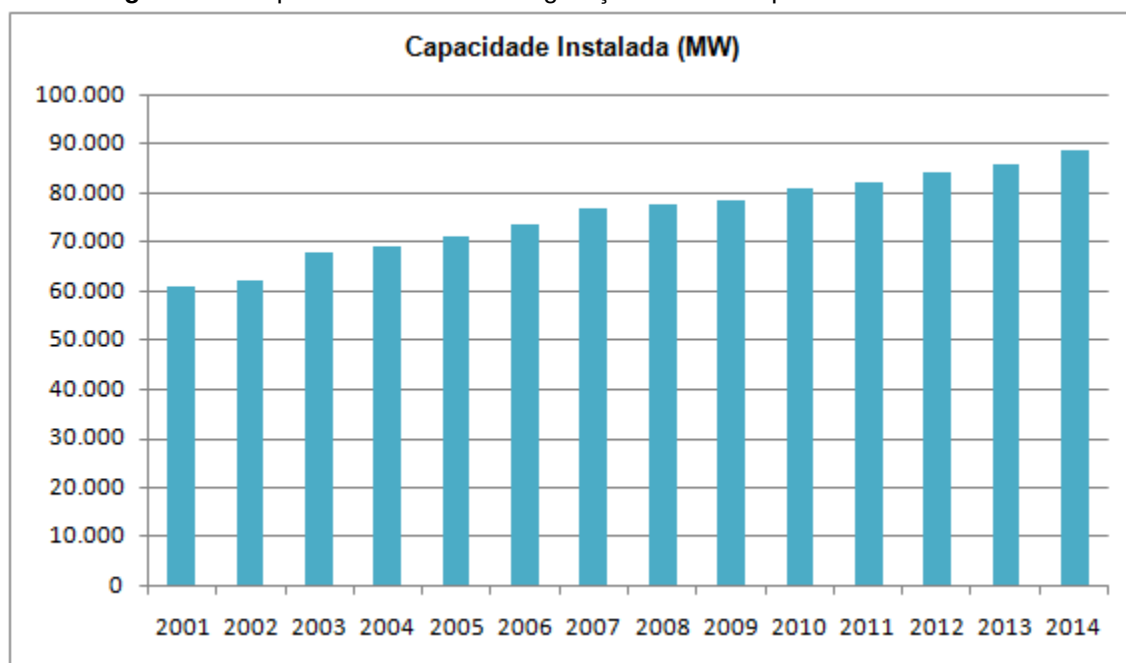
O sistema elétrico brasileiro também passaria a contar com 23 projetos outorgados, que não estavam em construção em 2002, mas que acrescentaram ao sistema nacional 3.753 MW de potência, com destaque nas UHE's Foz do Chapecó – SC e Peixe – TO.

No período de 2003 a 2008 a capacidade instalada da geração hídrica teve um crescimento de 11.323,23 MW de potência instalada. Um crescimento de 17.09%, saltando de 517 empreendimentos em operação em 2003 para 706 empreendimentos em 2008, um acréscimo de 189 empreendimentos hidrelétricos ao longo de cinco anos.

Em 2008 as usinas hidrelétricas somavam 75,68% da potência total da capacidade instalada no Brasil, de 102.262 MW. No ano seguinte as hidrelétricas totalizaram 78.610 MW, nota-se que houve um acréscimo de 1.065 MW em relação ao ano anterior.

Nos últimos quatro anos a geração hídrica aumentou gradativamente, tendo alcançado em 2010 80.703 MW e em 2014 chegou a 88.700 MW de potência. Predominando a matriz elétrica com 66,61% dos 133.912,96 MW da capacidade instalada nacional.

O gráfico da Figura 12, baseado em dados do Banco de Informação da Geração BIG/ANEEL demonstra a evolução da geração hídrica no Brasil, de 2001 a 2014. Trata-se de uma evolução gradativa que corresponde a um aumento de 45,40% ao longo dos 13 anos analisados, no qual capacidade instalada em 2001 era de 61.000 MW e em 2014 alcançou 88.700 MW. O crescimento médio de 3,03% ao ano, sendo que o maior aumento ocorreu entre 2002 e 2003 com 9,15%, na época em que o país se estabilizava devido à crise em 2001. Os anos de 2006 e 2007 que tiveram um crescimento de 4,3% no ano, e 2013 e 2014 com crescimento de 3,62%.

Figura 12 - Capacidade instalada de geração hídrica no período de 2001 a 2014.

Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG (2001-2014).

A geração hídrica continuará ainda por longo tempo sendo a fonte de predominância no Brasil, como demonstra o gráfico da Figura 12. Embora os últimos três anos o país tenha passado por uma crise, por falta de chuva, não houve queda significativa na geração através desta fonte.

A perspectiva da geração hídrica para o próximo decênio segundo estudos realizados pela Empresa de Pesquisas Energética o Plano Decenal de Energia – PDE 2024 demonstram que será acrescentado uma potência de 27.183 MW ao longo dos próximos 10 anos.

É interessante notar que a previsão de crescimento para o próximo decênio é aproximadamente a mesma do período avaliado, que vai de 2001 a 2014, isto mostra que a taxa de crescimento da geração hídrica terá uma ligeira queda, totalizando uma potência de 115.883 MW. O PDE - 2020 informam que a geração hídrica manterá 67% da capacidade total da potência gerada no país, e que mesmo com crescimento de outras fontes de geração, principalmente a fonte eólica e a térmica, as hídricas continuarão com a maior participação sobre a matriz de geração.

3.3.2 Energia eólica e solar

Com base em dados do Atlas de Energia Elétrica Brasileiro, a geração de energia Eólica no país em 2001 era praticamente desprezível, com capacidade

instalada de 18,8 MW de potência. Em julho de 2001 foi instituído o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICO, que visava integrar ao sistema elétrico nacional uma potência de 1.050 MW até o final de 2003.

Em janeiro de 2002 foram autorizados pela ANEEL 38 empreendimentos eólicos que somariam 3,338 MW ao sistema elétrico brasileiro.

A partir do ano de 2006 a geração de energia eólica passa a fazer parte da matriz elétrica brasileira, atingindo 228,07 MW.

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, foi criado para incentivar o aumento da geração de eletricidade através de fontes alternativas. Com a criação do PROINFA, novos empreendimentos em diversas localidades do país foram implantados, principalmente na região nordeste.

A partir de dados do BIG – ANEEL, a eletricidade gerada pelas eólicas em 2008 alcançou 398 MW de potência, comparando com o ano de 2007, obteve um crescimento significativo no parque gerador eólico, saltando de 247 MW para 398 MW em 2008.

Entretanto deve-se ressaltar que a capacidade instalada para a geração eólica teve um aumento de 68% no biênio 2007-2008, no ano de 2009 o parque gerador eólico contou com 602 MW de potência instalada um crescimento de 51.25%.

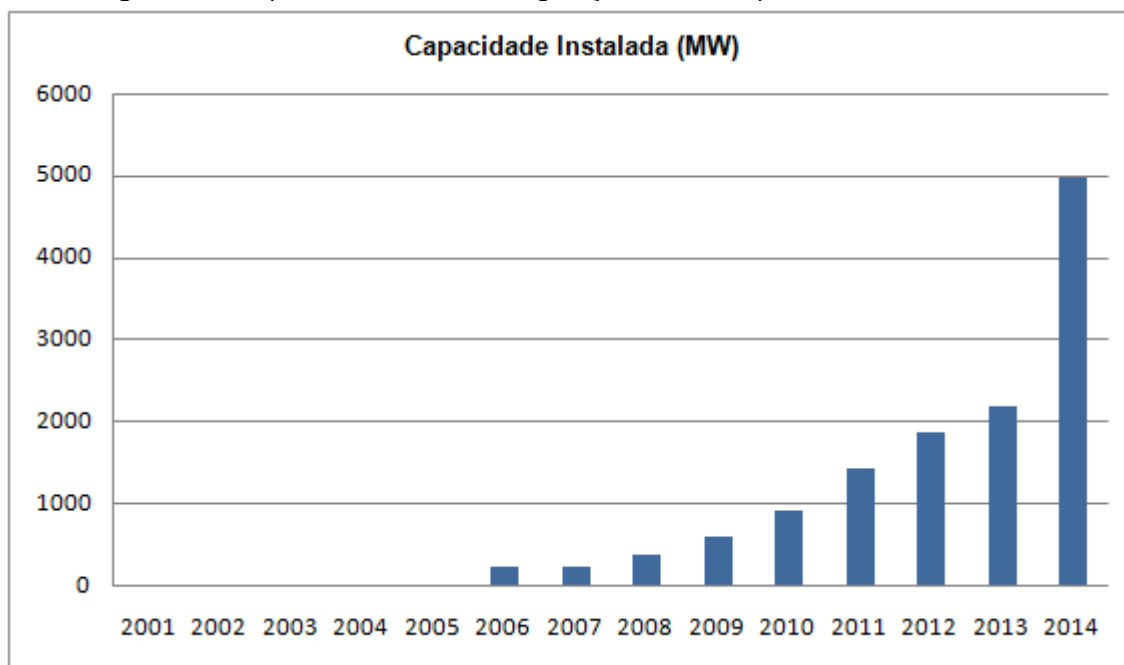
Em 2010 a potência instalada para geração eólica no país aumentou 54,1%. Segundo o BIG - ANEEL, o parque eólico nacional cresceu de 396 MW, alcançando 928 MW ao final de 2010, em decorrência da inauguração de catorze parques eólicos. Já em 2011, a potência instalada para geração eólica no país aumentou 53,7%.

Conforme o BIG – ANEEL, o parque eólico nacional cresceu 498 MW, alcançando 1.426 MW ao final de 2011. No final de 2012, a geração de energia eólica representava cerca de 2% de toda a capacidade instalada no Brasil. Em 2013 a geração eólica obteve o aumento de 313 MW de potência no sistema elétrico nacional e alcançou o total de 2.194,70 MW de potência.

Por fim, em 2014 a geração eólica consolidou-se como uma fonte de geração de grande importância para a expansão da matriz elétrica nacional, onde entraram em operação de 199,6 MW em novas usinas eólicas, cuja produção foi comercializada no Ambiente de Contratação Livre - ACL. Com isso, houve aumento de 46,4% na capacidade instalada, crescendo cerca de 53% em relação a 2013. O

crescimento da capacidade instalada de geração eólica no período de 2001 a 2014 está representado no gráfico da Figura 13.

Figura 13 - Capacidade instalada de geração Eólica no período de 2001 a 2014.



Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG (2001-2014).

É inegável o crescimento da geração eólica, comparando com o início do estudo em 2001, no qual a fonte eólica nem chegava a fazer parte da matriz elétrica brasileira, atualmente esta fonte vem contribuindo para o crescimento do país, em 2014 teve seu maior destaque com um crescimento de 4.741,48 MW, desde 2006.

Apesar de fazer parte da matriz desde 2006 as eólicas passaram a ter fortes investimentos a partir de 2010, em tempos onde o potencial hídrico é cada vez mais escasso e/ou dificultoso por suas questões socioambientais, o país tem a necessidade de ter um *mix* de fontes de geração.

A fonte eólica de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica é a segunda fonte mais competitiva e também mais contratada no mercado. Com a potência instalada atualmente já contribui o para abastecendo de 4 milhões de lares brasileiros, ou 12 milhões de pessoas, o que corresponde a cidade de São Paulo.

É previsto pelo PDE - 2024 que a fonte de geração eólica alcance 11, 6% da capacidade total de energia instalada no país, sendo que em 2014 era de 3,7%.

A geração de energia solar no Brasil ainda está pouco desenvolvida, mas vem ganhando espaço na matriz elétrica nacional ao longo dos anos.

De acordo com dados da ANEEL - 2003, a geração de energia solar no país tem grande potencial. Em 2002 ainda não entrava na matriz elétrica brasileira. Com a criação do PROINFA em 2004, e com a necessidade de se investir na diversificação da matriz, a geração solar se apresenta como uma alternativa para ampliar e fortificar o cenário da matriz elétrica do país.

Segundo dados da ANEEL – 2014, em 2014 o Brasil tinha 289 usinas do tipo central geradora fotovoltaica. O BIG - ANEEL ressalta que a geração solar em 2014, teve participação na matriz energética de 0,1%, com 317 empreendimentos em operação e uma potência instalada de 15.179 KW.

3.3.3 Termelétricas (combustível fóssil e biomassa)

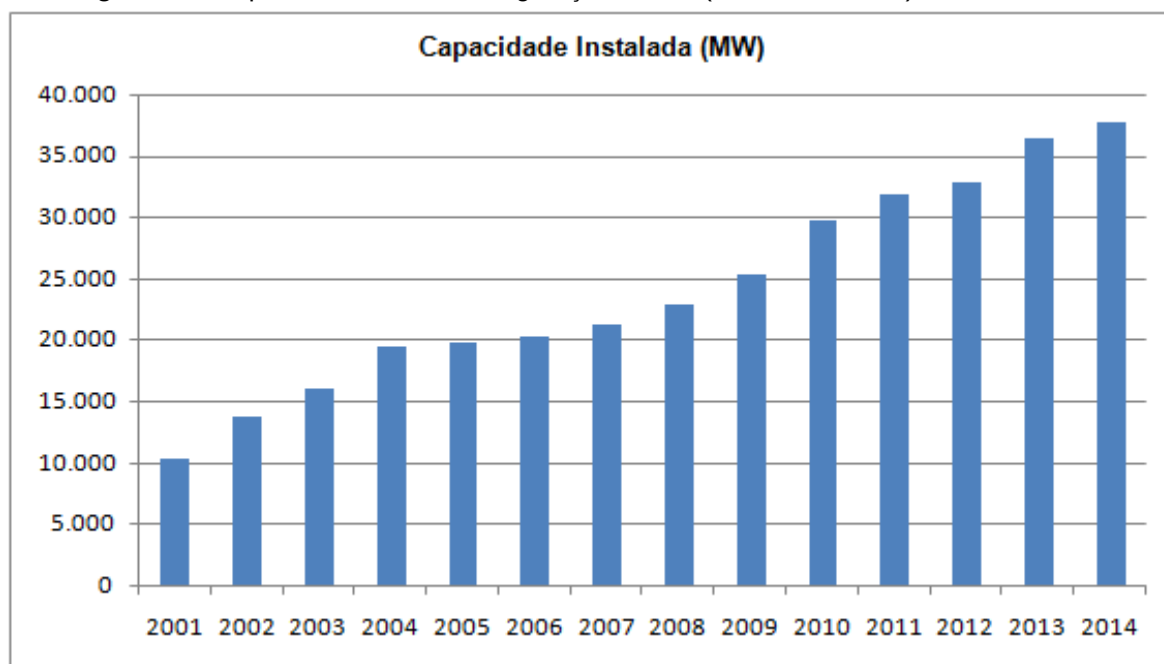
Em 2001 as termelétricas geravam 10.481 MW de potência, proveniente de 600 empreendimentos em operação, quatro anos depois as térmicas já contavam com 820 empreendimentos em operação e uma potência instalada de 19.556 MW, mostrando um crescimento expressivo na matriz elétrica.

As térmicas são consideradas como uma fuga da geração hídrica em caso de estiagem dos reservatórios, embora as matérias-primas sejam poluentes ao meio ambiente. As térmicas utilizando a Biomassa têm se destacado no país.

Em 2014, as térmicas continuaram em ascensão devido ao baixo nível dos reservatórios, fazendo com que as hídricas tivessem uma queda na geração.

O gráfico da Figura 14 demonstra o crescimento das termelétricas desde 2001 a 2014. Observa-se que há uma constante evolução da geração, onde há um aumento anual de 10,67%, gerando em 2014, 37.800 MW de potência.

Figura 14 - Capacidade instalada de geração UTE's (Biomassa/Fóssil) de 2001 a 2014.



Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG (2001-2014).

Pelo gráfico da Figura 14, destacamos o período de 2001 a 2002, quando as térmicas foram acionadas devido à crise na geração hídrica, em 2004 o acréscimo em relação a 2003 foi de 3.426 MW.

Em 2009 houve um aumento significativo da geração através das termelétricas atingindo 25.350 MW, um crescimento de 17,11% em relação ao ano anterior, já em 2010 as térmicas geraram 29.689 MW, obtendo um aumento de 4.339 MW há mais que 2009. Entre 2010 e 2013 a potência incluída no Sistema Interligado Nacional - SIN era de 64.714 MW. As termelétricas no biênio de 2013 a 2014 tiveram um crescimento de 14,5% e em 2014 atingiu 37.800 MW.

As usinas térmicas obtiveram ao longo destes treze anos um crescimento de 27.389 MW de potência no parque gerador nacional.

3.3.4 Nucleares

O Brasil conta com apenas dois empreendimentos de geração de energia nuclear, conhecidos como Angra I e Angra II. Entraram em operação em 1985 e 2000, com capacidade instalada de 657 MW e 1.350 MW respectivamente. Em 2007 a participação das nucleares na matriz elétrica brasileira foi de 2,5%.

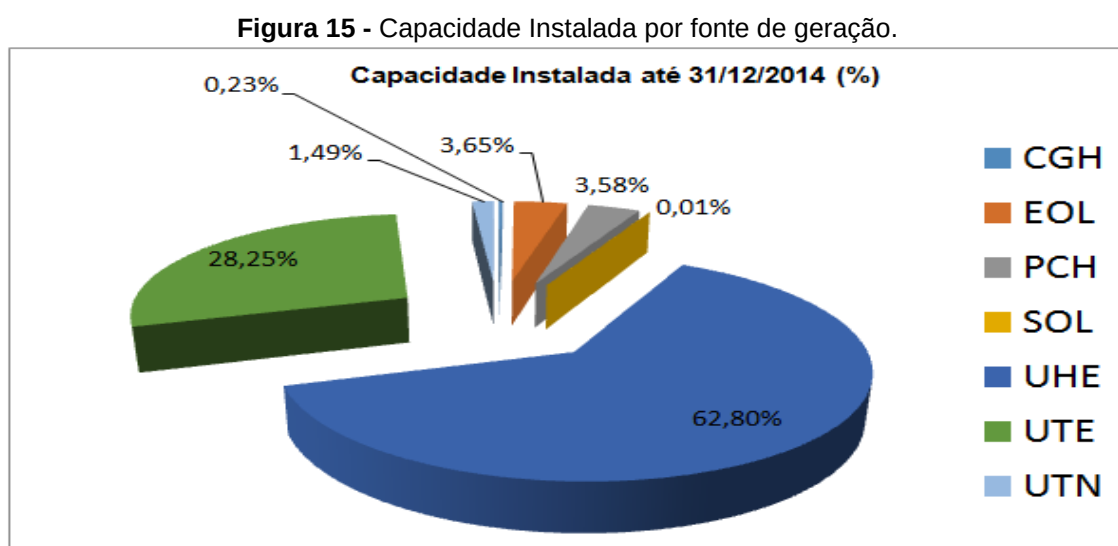
As nucleares não tiveram novos empreendimentos no parque gerador e sua capacidade instalada é de 1.990 MW.

3.4 Cenário Atual da Matriz Elétrica Brasileira

A matriz elétrica brasileira atualmente é definida das principais fontes de geração: hidroelétricas, eólica, térmica e nuclear. Após quase uma década e meia da maior crise energética que o país passou, a dependência de sua principal fonte de geração (hidrelétrica) diminuiu. Isto fez com que o país não passasse por uma crise ainda maior que a de 2001. Hoje o país continua dependendo da hidroeletricidade para a geração de energia, contudo, possui uma matriz diversificada e que se expande gradualmente, contribuindo para uma matriz mais segura.

Em 2001, período da crise, a matriz elétrica era composta apenas por hidráulica, térmica e nuclear, sendo a hidráulica a principal fonte, correspondendo a 90% da potência instalada.

Atualmente as hidrelétricas ainda são a principal fonte de geração de eletricidade no país, entretanto, os empreendimentos em operação somam uma potência instalada de 69,2%, seguida das termelétricas (incluindo as nucleares) que correspondem a 28,7%, as eólicas com 1,9% e as solares menos de 1%. O gráfico da Figura 15 retrata a capacidade instalada, demonstrando como está a matriz elétrica atualmente.



Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG.

Atualmente a matriz conta com 4.102 empreendimentos em operação e tem uma capacidade instalada de 137.414.532 KW.

Tabela 2 - Empreendimentos de operação 2015

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (KW)	Potência Fiscalizada (KW)	%
CGH	502	330.798	332.476	0,24
EOL	258	6.272.733	6.182.897	4,5
PCH	475	4.822.088	4.799.994	3,49
UFV	23	15.233	11.233	0,01
UHE	200	87.308.465	85.078.338	61,91
UTE	2.642	40.642.608	39.019.594	28,4
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,45
Total	4.102	141.381.925	137.414.532	100

Fonte: BIG - ANEEL (2015).

A Tabela 2 demonstra a quantidade de empreendimentos em operação, a potência e a participação de cada fonte no parque gerador da energia elétrica brasileiro.

A fonte hídrica tem a segunda maior quantidade de empreendimentos, mas tem a maior potência instalada de 90.210.808 KW, as Usinas Hidrelétricas – UHE com uma potência de 85.078.338 kW, as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH possuem uma potência instalada de 4.799.994KW e as Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGH's com 332.476KW. As térmicas têm o maior número de empreendimentos, porém sua potência instalada fica em segundo lugar, atrás das hídricas, as Usinas Termelétricas - UTE tem uma potência instalada de 39.019.594kW, em seguida as eólicas somam 6.182.897 KW, as nucleares 1.990.000 e por fim as Central Geradora Solar Fotovoltaica – UFV's somam uma potência de 11.233 kW.

O BIG - 2014 disponibilizou o resumo da atual situação dos empreendimentos de geração no país, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Empreendimentos atuais

Resumo da Situação Atual dos Empreendimentos		
Fonte de Energia	Situação	Potência Associada (KW)
329 empreendimentos de fonte Eólica	Construção não iniciada	7.751.684
121 empreendimentos de fonte Eólica	Construção iniciada	3.009.510
258 empreendimentos de fonte Eólica	Operação	6.182.897
38 empreendimentos de fonte Fotovoltaica	Construção não iniciada	1.048.208
23 empreendimentos de fonte Fotovoltaica	Operação	11.233
174 empreendimentos de fonte Hidrelétrica	Construção não iniciada	2.293.968
49 empreendimentos de fonte Hidrelétrica	Construção	15.698.215
1177 empreendimentos de fonte Hidrelétrica	Operação	90.210.808
1 empreendimento de fonte Maré	Construção não iniciada	50
131 empreendimentos de fonte Termelétrica	Construção não iniciada	8.085.483
23 empreendimentos de fonte Termelétrica	Construção	3.031.759
2644 empreendimentos de fonte Termelétrica	Operação	41.009.594

Fonte: BIG - ANEEL (2015).

Segundo dados do Boletim de Acompanhamento da Expansão da Oferta, a potência instalada brasileira obteve em 2014 um crescimento de 7.509 MW, atingindo em 31 de dezembro de 2014 133. 913 MW.

Em 2011 as hidrelétricas responderam por 66,91% da capacidade instalada do país, seguida das termelétricas com 26,67%, das pequenas centrais hidrelétricas com 3,3% e 1,71% de potência de usinas nucleares, 1,22% de eólicas e 0,18% das centrais geradoras. Já em 2012, a participação das hidrelétricas foi de 65,96% da capacidade instalada do país, as termelétricas vêm em seguida com 27,15%, as pequenas centrais hidrelétricas com 3,52%, e 1,66% de potência de usinas nucleares, 1,51% de eólicas e 0,20% das centrais geradoras.

No ano de 2013 a participação das hidrelétricas foi de 63,98% da capacidade instalada no país, as termelétricas com 28,83%, as pequenas centrais hidrelétricas

com 3,67%, 1,57% de potência de usinas nucleares, 1,74% de eólicas e 0,21% das centrais geradoras.

Em 2014 as hidrelétricas tiveram 62,80% da capacidade instalada do país, as termelétricas com 28,25%, as pequenas centrais hidrelétricas com 3,58%, 1,49% de potência de usinas nucleares, 3,65% de eólicas, 0,23% das centrais geradoras e 0,01% de solar.

O Balanço Energético Nacional lançado em 2015, referente ao ano de 2014, destaca a queda da geração hídrica em 2013 e 2014 tendo um recuo de 5,6% fazendo com que a geração através das fontes renováveis tivesse uma participação de 65,5%, em quanto em 2012 tinha uma participação de 79,3%.

3.5 Expansão das Fontes de Geração Após 2001

A expansão das fontes geradoras de eletricidade no Brasil mostra-se com expressividade ao longo dos treze anos analisados.

A geração hídrica saltou de 436 empreendimentos em 2001 para 1.177 em 2014. O SIN- Sistema Interligado Nacional gerou em 2014 através da fonte hídrica 89,2 GW de potência.

A ANEEL mostra a expansão da geração hídrica de 2001 a 2014. O gráfico da Figura 16 destaca os empreendimentos hídricos que entraram em operação ano a ano no sistema elétrico brasileiro.

Pode-se verificar a desigualdade ao longo do período analisado, sendo que em 2001 a potência acrescida ao sistema elétrico foi de 1.464,60 MW. No ano seguinte, período que o país saía de uma crise energética fazendo com que a população passasse por racionamento de eletricidade, novos empreendimentos atingiram uma potência de 2.717 MW, obtendo um aumento de 85,5%.

Os anos que tiveram maior destaque, tanto negativamente quanto positivamente, ressaltamos os anos de 2004, 2007, 2008, 2009 e 2014.

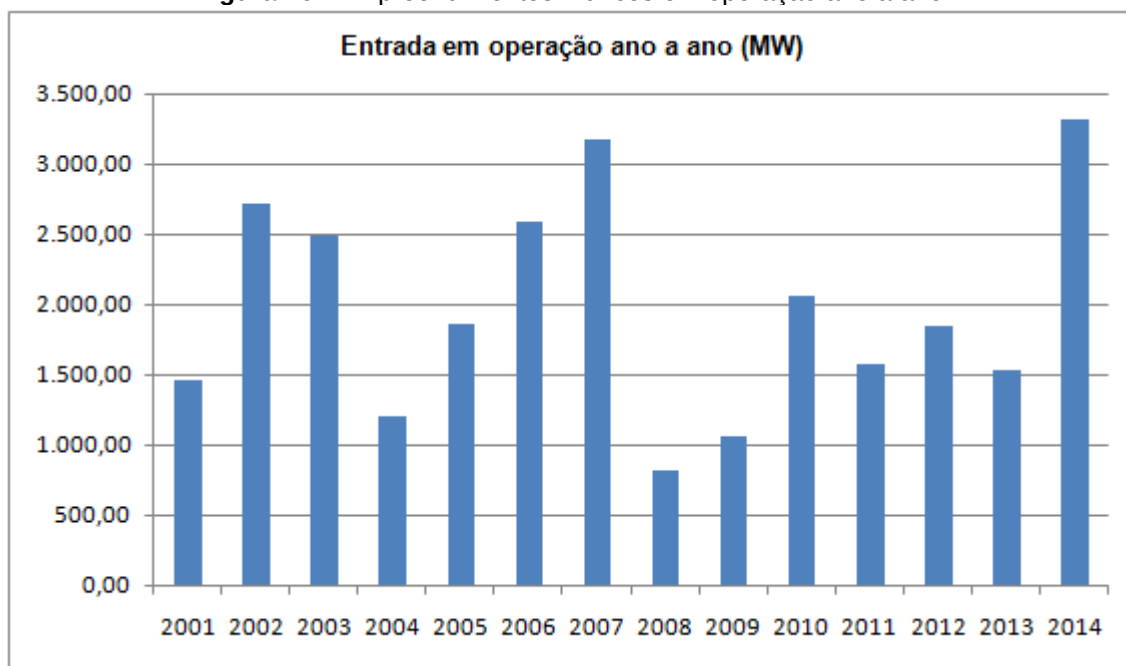
No ano de 2004 a potência dos novos empreendimentos foi de apenas 1.207,90 MW, pode-se dizer que foi um ano de pouco acréscimo de geração hídricas na matriz energética brasileira, esta baixa se deu pelo atraso em obras, além disso foi um ano de transição de governo no país trazendo mudanças no setor elétrico.

Já os anos seguintes tiveram acréscimos relevantes, no qual o ano de 2007 se destacou com o acréscimo ao SIN de 3.168,00 MW de potência. Nos anos de

2008 e 2009 houve uma queda na entrada de operação de novos empreendimentos e respectivamente foram os anos que tiveram a menor potência gerada hídrica ao longo dos treze anos, essa queda é associada à crise mundial que atingiu o país.

O ano de 2014 teve a maior potência acrescida de novos empreendimentos de geração hídrica contribuindo para o SIN uma potência de 3.314,53 MW.

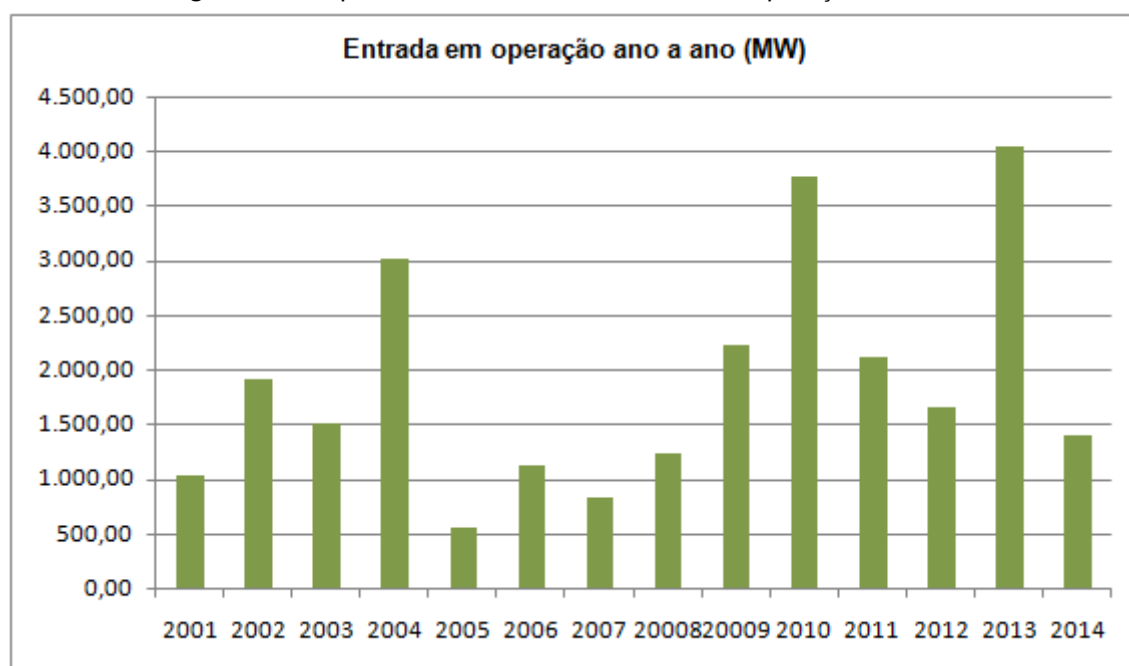
Figura 16 - Empreendimentos hídricos em operação ano a ano.



Fonte: Elaborada pelos autores – dados BEN (2001-2013).

As termelétricas tinham em 2001 10.481 MW e atingiram em 2014, 37.800 MW saindo de 600 empreendimentos em operação para 1.935 empreendimentos em operação em 2014.

A entrada em operação ano a ano, através do gráfico da Figura 17, nos mostra a potência acrescida ao SIN ao longo desses treze anos. Destacam-se os anos de 2004, 2010, 2013 e 2014. A potência gerada através dos novos empreendimentos foi de 3.020 MW, em 2010 a potência acrescida foi de 3.762 MW e 2013 foi de 4.042 MW.

Figura 17- Empreendimentos Termoeletricos em operação ano a ano.

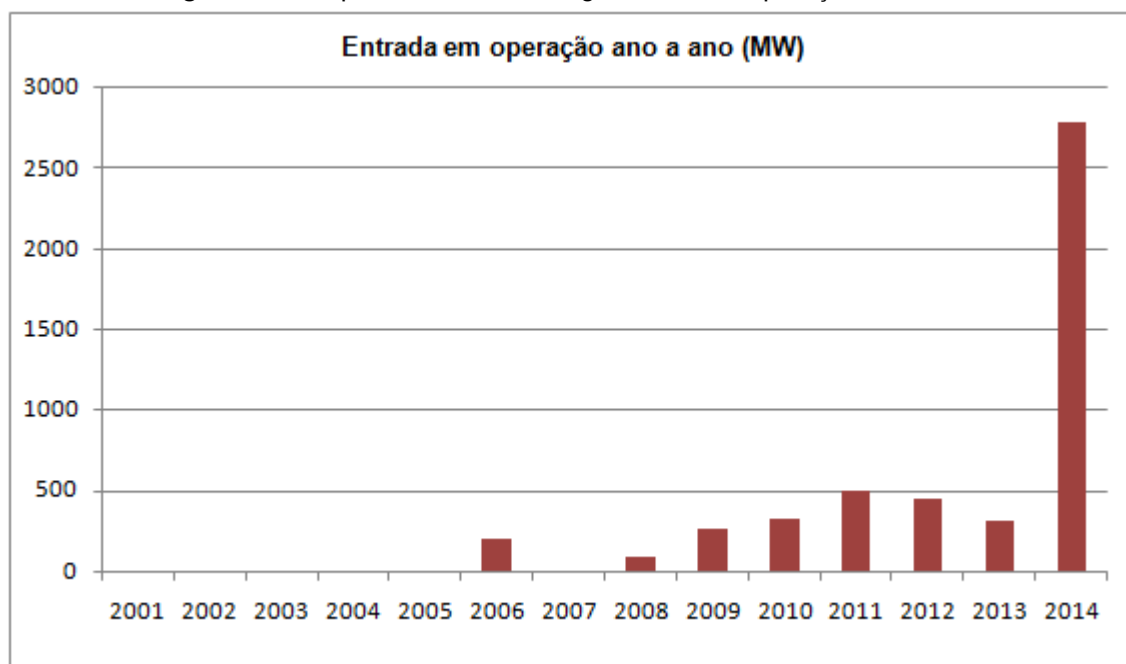
Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG (2001-2014).

A geração eólica somente passou a ter destaque na composição da matriz elétrica brasileira nos últimos quatro anos, nesses anos as usinas eólicas geraram 10.479 MW de potência.

O melhor resultado de acréscimo de geração eólica ocorreu em 2014, com a geração de 2.789 MW de potência através de novos empreendimentos. O gráfico da figura 18 demonstra a evolução da geração eólica.

A partir de 2006 a fonte geradora de energia eólica passou a fazer parte da matriz elétrica brasileira, neste mesmo ano a potência gerada através dos empreendimentos que entraram em operação foi de 208, 30 MW, já no ano seguinte os empreendimentos que entraram em operação alcançaram apenas 10,20 MW de potência. Logo os anos seguintes obtiveram crescimento na potência adquirida por novos empreendimentos.

Figura 18 - Empreendimentos Energia Eólica em operação ano a ano.

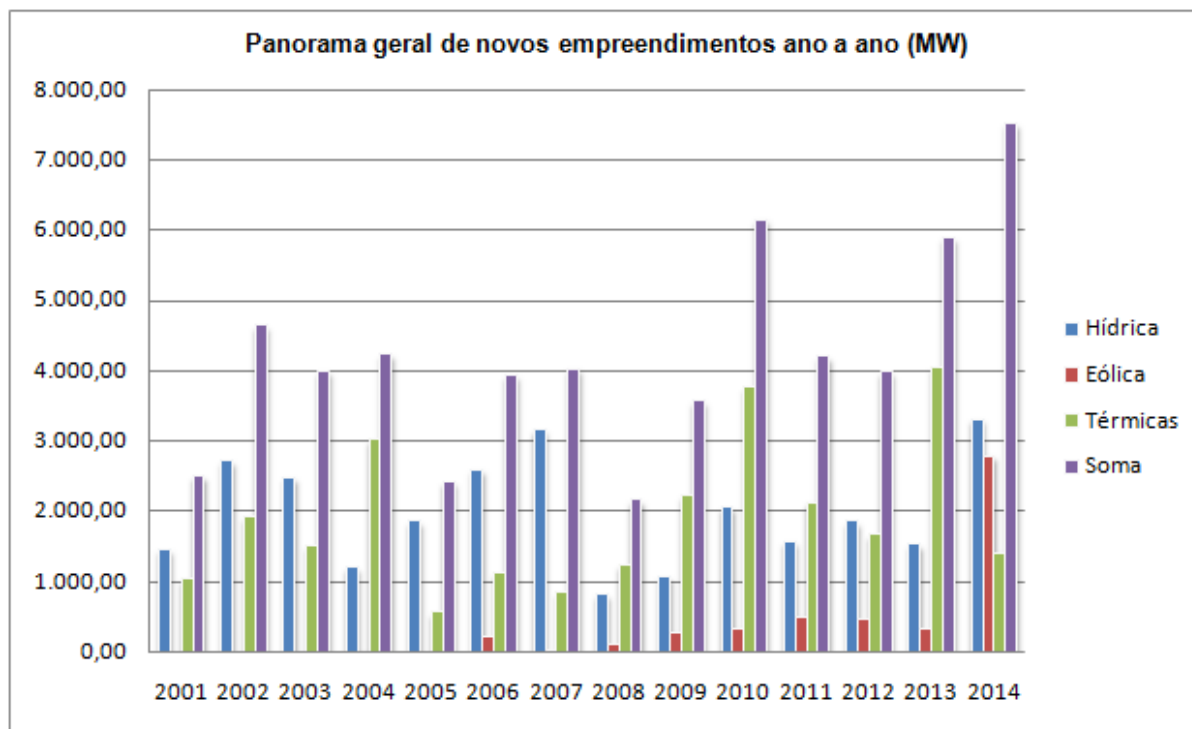


Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG (2001-2014).

A geração de energia através de usinas nucleares não teve novos empreendimentos e sua potência gerada ao longo desses anos é basicamente linear, tendo sido a potência em 2001 de 1.996 MW e em 2014 de 1.990 MW.

A geração através das usinas solares ainda tem pouca participação na matriz elétrica brasileira, gerando menos de 1MW em 2014 que foi de 15.179 KW de potência.

Figura 19 - Panorama geral de novos empreendimentos inclusos no sistema elétrico de 2001 a 2014.



Fonte: Elaborada pelos autores – dados BIG (2001-2014).

O gráfico da Figura 19 demonstra o panorama geral dos novos empreendimentos que entraram em operação ano a ano das fontes hídricas, eólica, térmicas e a soma dos empreendimentos.

Com base nos dados adquiridos e inseridos no gráfico da Figura 19, observa-se que os anos de 2010, 2013 e 2014 se destacaram com a entrada de novos empreendimentos em operação.

Nestes anos, o crescimento da fonte de geração térmica se destacou em relação ao crescimento das fontes renováveis de energia.

É possível observar que as termelétricas embora sejam consideradas uma alternativa para suprir as necessidades durante o período de escassez de chuvas, quando a geração de energia nas grandes hidrelétricas tem que ser diminuída devido as baixas nos seus reservatórios, continua sendo uma fonte em constante crescimento, nos anos de 2010 e 2013, a entrada em operação de novos empreendimentos térmicos é superior às hídricas em cerca de 2.000 MW de potência. Em 2014 as hídricas já tiveram melhor desempenho, e em seguida as eólicas.

Analisando a potência dos novos empreendimentos hídricos e térmicos é possível notar através dos gráficos das Figuras 16 e 17, que nos anos em que houve menor potência gerada através dos novos empreendimentos hídricos no sistema elétrico, foram os anos que os empreendimentos térmicos implantaram as suas maiores potências, logo se conclui que a geração térmica vem sendo usada frequentemente para suprir a falta de investimentos nas demais fontes de geração de energia elétrica, assim a geração termelétrica considerada como geração de reserva, em vários anos tem se comportado como geração primária pelas instituições que compõem o setor elétrico, face ao crescimento da mesma em relação as demais.

Os anos de piores acréscimos de geração hídrica no Brasil, foram exatamente aqueles em que o país passou por crises econômicas, ou por causa dos atrasos na entrega de usinas hidrelétricas, devido aos embates sócio-ambientais, fazendo com que o planejamento do setor elétrico sofresse atrasos e inconsistências.

Para o ano de 2004, por exemplo, observa-se que a crise de 2001 e a transição de governo em 2003, entre outros motivos, afetaram o avanço da geração de energia elétrica no país.

O novo governo que assumiu em 2003, entendia que faltava planejamento, para o setor energético e anunciou mudanças na legislação. Em fevereiro de 2003, os investimentos no setor foram suspensos, especialmente no que diz respeito aos empreendimentos de geração, pois ninguém queria correr o risco de investir sem conhecer as novas regras.

Logo, as Medidas Provisórias adotadas em 2003, só se transformaram em lei em março do ano seguinte, contudo, a suspensão dos investimentos se prolongou até o mês de julho, quando a edição do Decreto nº 5.631/2004, de 30 de julho de 2004, completou as alterações pretendidas pelo governo, e os investidores puderam avaliar concretamente o sentido e a extensão das mudanças, entre as quais constava a exigência de obtenção de licenciamento ambiental prévio ao lançamento dos processos licitatórios de novas hidrelétricas.

Portanto, essas mudanças levaram ao baixo investimento privado no setor elétrico e paralisação de obras, que culminaram na diminuição da geração em 2004, principalmente da fonte hídrica.

Os anos de 2008 e 2009 foram anos de crise mundial, o Brasil foi afetado e novamente houve queda nos investimentos, principalmente na geração hídrica, as implantações de novos empreendimentos fecharam nestes dois anos em baixa.

O incremento médio anual de capacidade total gerada no Brasil por período de 10 anos, nas décadas de 70, 80 e 90 foram em média de 2.000 MW por ano, sendo a fonte hídrica bem superior às demais fontes.

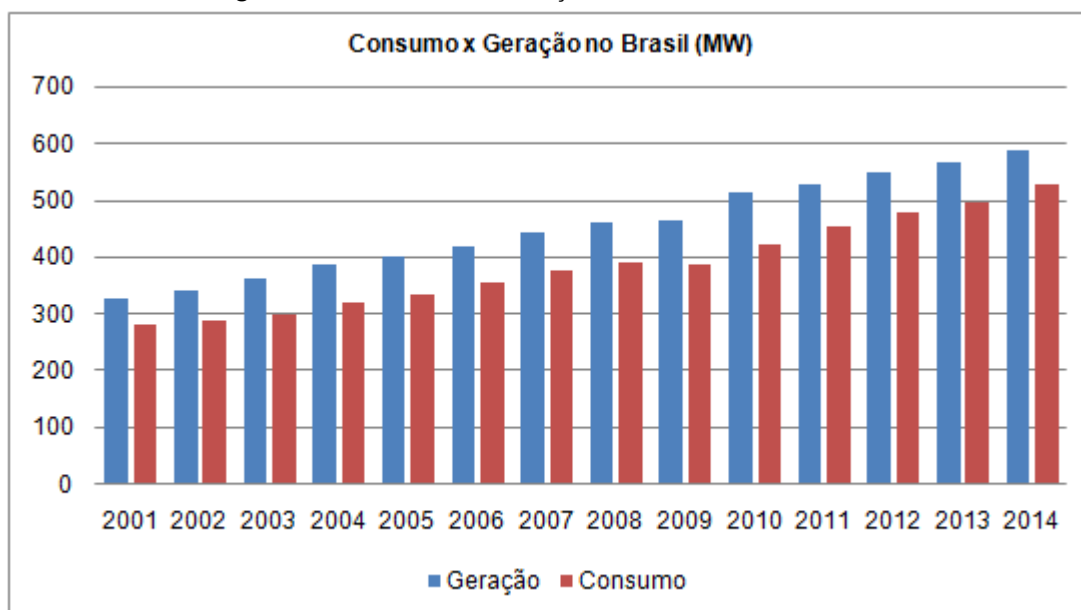
Em 2000/2010 o incremento médio anual praticamente duplicou em relação as décadas anteriores, sendo que a o incremento das demais fontes é quase igual ao das hídricas gerando um total de 3.689 MW, já em 2012 o incremento das hídricas é superado pelas outras fontes, sendo que neste ano as hídricas incrementaram 1.856,64 MW e as outras fontes incrementaram 2.003 MW, somando um total de 3.869MW, muito próximo do verificado na década anterior.

Em 2013 a expansão da geração supera as décadas anteriores e incrementam ao parque gerador uma potência 5.781 MW, contribuindo para uma menor dependência da participação da hidroeletricidade na matriz de energia elétrica brasileira.

3.6 Análises do Consumo e Geração de Eletricidade no Período de 2001 a 2014

O consumo nacional de energia elétrica alcançou em 2014 o valor de 531,11 TWh, caracterizando um crescimento de 6,56% em relação ao ano de 2013, que era de 498,4 TWh suprido a partir da expansão da geração térmica, especialmente das usinas movidas a carvão mineral (+24,7%), gás natural (+17,5%), biomassa (+14,1%), cujas participações na matriz elétrica, na comparação de 2014 contra 2013, cresceram de 2,6% para 3,2%, de 11,3% para 13 % e de 6,6% para 7,4%, respectivamente. (BEN, 2015).

Em 2014 o decréscimo na oferta hídrica foi de 5,6%. A menor oferta hídrica explica o recuo da participação de renováveis na matriz elétrica, de 84,5% em 2012 para 79,3% em 2013, e 65,2% em 2014, apesar do incremento de 3.177 MW na potência instalada do parque hidrelétrico. (BEN, 2015). O consumo total de energia elétrica no país, conforme pode se observar no gráfico da Figura 20.

Figura 20 - Consumo x Geração de eletricidade no Brasil

Fonte: Elaborada pelos autores – dados do BEN (2001-2014).

O consumo de eletricidade no país se mostra conforme o gráfico da Figura 20, linearmente com um crescimento anual de 4,98%, observa-se que o ano de 2009 houve um pequeno retrocesso no consumo de 1,1%, mais foram recuperados logo no ano seguinte com 9,74% de aumento e chegou em 2014 com 6,56%, isso mostra que o consumo nos últimos três anos chegou a 15,74%, crescendo de 2012 para 2013 apenas 3,86% e chegando em 2014 com 6,56% de crescimento em relação ao ano anterior.

De acordo com o BEN-2015 com ano base 2014, a geração de energia elétrica no país foi de 590,5 TWh, ao se comparar com o consumo que foi de 531,1 TWh.

A média do crescimento anual da geração é de 4,64%, porém os anos de destaque são 2009 e 2010, o crescimento da geração em 2009 foi de apenas 0,67% em relação ao ano anterior, a queda no crescimento se dá pelas dificuldades que o país se encontrava, como crise mundial afetando o consumo e consequentemente a geração obteve o seu menor desempenho ao longo desses treze anos.

O ano de 2010 houve um crescimento de 10,64% em relação a 2009, o país recupera-se da crise anterior e o setor elétrico volta a crescer.

Em 2014 o Brasil estava passando por uma crise no sistema hídrico, porém as fontes térmicas e eólicas supriram a falta das hídricas, fazendo com que não houvesse queda na geração neste ano.

O crescimento do parque gerador é promissor para a próxima década o Plano Decenal de Energia – PDE 2020 revela que a geração em 2020 será de 171.138 MW de potência.

De acordo com o Programa de Investimento em Energia Elétrica -PIEE, será investido na geração de energia elétrica, cerca de 81 bilhões de reais até 2018 na geração de energia elétrica, sendo a geração hídrica a maior potência a ser contratada chegando a 17.326 MW, as eólicas tem previsão de ficar com 9.565 MW, as térmicas a biomassa será de 1.327 MW e as térmicas utilizando combustíveis fósseis em torno de 5.331 MW. A geração solar terá investimento a contratar de 890 MW, totalizando até o final de 2018 uma potência 35. 022 MW no SIN.

4. DESAFIOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO ELÉTRICA

Embora tenha se passado quinze anos da maior crise energética que o país já enfrentou ainda se fala em nova crise. A atual conjuntura de fontes de geração no país é promissora e têm-se o potencial privilegiado para exploração de energia solar, eólica e hídrica, mas os investimentos e incentivos ainda não foram capazes de transformar este potencial em realidade. Continuamos dependentes das fontes hídricas em aproximadamente 65% da geração total do país.

As fontes como eólica, solar e biomassa nos últimos anos têm se destacado devido à necessidade de diversificação da matriz energética brasileira. As eólicas, em sua maioria concentrada na região nordeste, tiveram destaque no ano de 2014, contudo a exploração ainda é pequena em frente ao potencial que o país possui.

O mesmo acontece com a fonte de energia solar que continua com o crescimento tímido diante de tamanho potencial que o país possui, mesmo assim o país tem visado esta tecnologia, pois é considerada a fonte de geração de grande tendência para os próximos anos.

Contudo, mesmo com o potencial das fontes alternativas, o país ainda investe em meios que poluem o meio ambiente como a queima de carvão e óleo. Segundo dados da EPE - 2015 a queima de óleo até 2017 terá um acréscimo de 427%. As termelétricas continuam sendo a fonte de geração que supre as necessidades emergenciais de energia, caso os reservatórios das usinas hidrelétricas estejam em níveis baixos.

Devido a abundância de recurso hídricos no país, as hidrelétricas continuam com cenário promissor para o próximo decênio, mesmo com os desafios a enfrentar, pois mesmo sendo considerada uma fonte limpa e renovável tem grande impacto ambiental e social. Logo também é promissor o crescimento das fontes alternativas trazendo mais equilíbrio para a nossa matriz, e consequentemente a diversificação trará segurança para setor elétrico.

Portanto, alguns desafios precisam ser enfrentados para a obtenção do equilíbrio do setor elétrico nacional, que requer medidas emergenciais. Em consequência do estresse financeiro o qual passa o setor elétrico, consequência do desequilíbrio da oferta e demanda devido a baixa hidrologia, além dos efeitos financeiros que refletem nas distribuidoras, geradores hidrelétricas e consumidores finais.

Outro desafio é a modicidade tarifária, que reflete a segurança e custo da energia, havendo a necessidade por parte do setor de buscar uma tarifa de energia que atenda tanto os interesses dos consumidores, quanto das empresas e concessionárias de energia. Temos também a necessidade de imprimir um choque de gestão para acelerar as obras de extensão do setor de energia elétrica e o atendimento das metas contratadas.

Além disso, criar mecanismos de compras mais eficazes e reduzir os riscos periódicos no suprimento futuro de energia, o que leva a necessidade a composição da matriz futura através dos leilões públicos de compra de contratos e energia de reserva, impondo uma gestão agressiva nos procedimentos de licenciamento ambiental e acompanhamentos de obras.

Apesar da legítima meta de modicidade tarifária, o custo final da energia ainda é alto no Brasil, se comparado ao mercado internacional, o que leva a uma reflexão quanto à redução dos tributos nos investimentos através da redução ou eliminação dos tributos incidentes sobre o processo inicial do sistema que não são compensados tais como: construção, montagem, compra de equipamentos, além da necessidade de estimular a geração competitiva através de uma opção no planejamento energético nas áreas de potenciais de aproveitamento hídrico (MELLO, 2013).

Uma necessidade presente é a introdução de forma objetiva e com equilíbrio a variável ambiental na formulação dos estudos da matriz energética, através da viabilidade dos processos de licenciamento ambiental, tornando seus custos previsíveis, dando transparência na gestão das medidas compensatórias, incluindo-as em todo o processo de licenciamento, com a necessidade de rever a disciplina organizacional no processo decisório de licenciamento, de forma a torná-lo menos difuso e sujeito a judicialização.

4.1 Fontes Hídricas

O país é líder absoluto em recursos hídricos do planeta (MME, 2007). Conforme dados do BIG, em 2015 estão em operação cerca de 1.177 empreendimentos hídricos no país e uma potência instalada de 90.210.808 kW,

O potencial hídrico no Brasil gira em torno de 260 mil MW de potência, porém segundo o último inventário realizado no país, apenas 63% do potencial foram

inventariados. A região Norte destaca-se pelo grande potencial ainda a ser explorado. A Figura 21 demonstra o potencial hídrico por bacias hidrográficas no país.

Figura 21 - Produção hidrelétrica por bacia.



Fonte: ONS (2012).

A maior produção hidrelétrica concentra-se nas bacias Paraná, São Francisco e Tocantins. Visto que a região amazônica é aonde se concentra o maior potencial a ser explorado.

.Na tabela 4 observa-se que as regiões sul e sudeste são as que tiveram o maior aproveitamento deste potencial, as regiões norte, nordeste e centro-oeste por se localizarem longe dos grandes centros de consumo tiveram seus potenciais poucos explorados.

Tabela 4 - Potência instalada em hidrelétricas por região (2014).

Região	MW	%
Norte	19.071,21	21%
Nordeste	11.563,15	12%
Sudeste	25.700,93	28%
Sul	24.531,15	27%
Centro - Oeste	11.219,13	12%
Total	92.085,57	100%

Fonte: Sipot (2014).

Atualmente esse potencial vem sendo explorado e de acordo com estudos realizados pela EPE 2013, existem grandes empreendimentos em construção e outros que ainda serão implantados.

Os benefícios da geração hidrelétrica abrangem boa parte do território brasileiro. A energia fornecida por esta fonte constitui importante alavanca do desenvolvimento do país, proporcionada pela auto-suficiência para a produção de energia elétrica e os custos baixos de geração, traduzindo-se em tarifas competitivas e em economia de divisas.

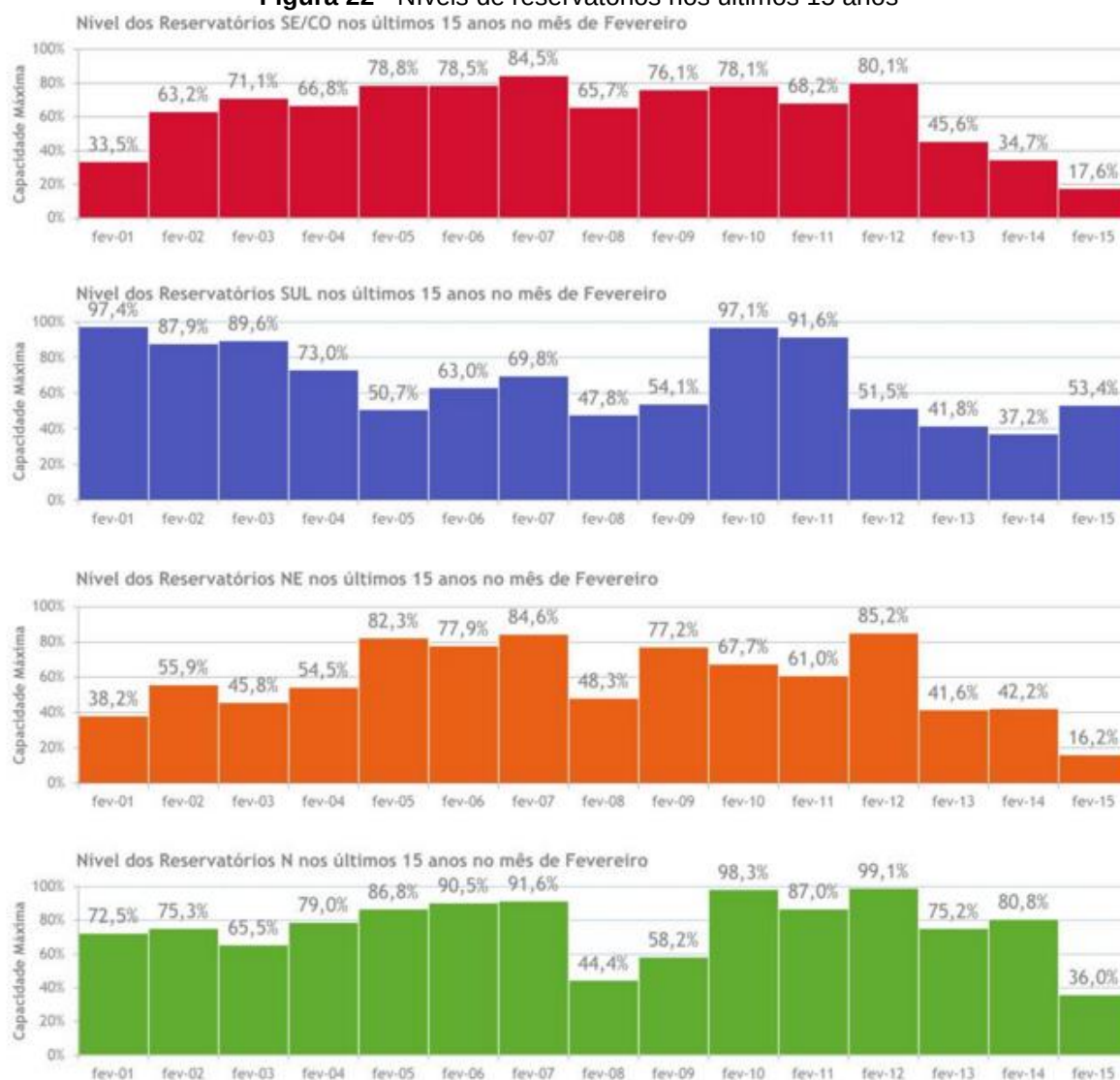
De acordo com dados do Governo Federal, o mesmo pretende promover mais de 40 grandes hidrelétricas e mais de 170 hidrelétricas menores nos próximos anos na região amazônica (FEAR SIDE ; MILLIKAN, 2012).

A geração de energia hídrica trás uma série de questionamentos quanto a sua exploração. Nos últimos três anos o país viveu uma série de incertezas quanto à capacidade de geração de energia no país, após passar quatro anos com a chuva abaixo da média esperada, os reservatórios ficaram em níveis críticos, gerando um sinal de alerta para o risco de uma falta de abastecimento de energia elétrica.

Entretanto, mesmo sendo descartados pelo Governo Federal, alguns especialistas diz que não se pode ignorar o risco de uma nova crise, mesmo que a probabilidade seja baixa e que esta probabilidade vai depender das condições climáticas nos próximos períodos.

A crise hídrica além de deixar a população em alerta quanto à falta de eletricidade, também implica diretamente no aumento tarifário da energia elétrica.

De acordo com dados do ONS 2015, atualmente as bacias hidrográficas que abastecem as regiões sudeste, centro-oeste e nordeste, apresentam os piores níveis de d'água dos últimos 15 anos. A Figura 22 apresenta a evolução dos níveis dos reservatórios das regiões sul, sudeste, centro-oeste, norte e nordeste do Brasil, referente ao mês de fevereiro desses últimos 15 anos.

Figura 22 - Níveis de reservatórios nos últimos 15 anos

Fonte: Panorama, Comerc. (2015).

Conforme a Figura 22 os níveis dos reservatórios dos 15 anos para o mês de fevereiro sofreu muitas variações. Os volumes acumulados em fevereiro ficaram abaixo do histórico com 16,2% nas regiões nordeste e 17,6% no sudeste/ centro-oeste. Estas variações verificadas nas regiões, e o fato dos atrasos na expansão do sistema foram preponderantes para a falta de confiabilidade do sistema elétrico nacional.

Embora a região Amazônica possua grandes fontes de aproveitamento energético, é grande também o impacto causado pela construção e pela implantação de redes de transmissão. Esse tem sido um dos desafios e tem complicado o avanço das grandes obras de usinas hidrelétricas no país.

Segundo o presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Maurício Tolmasquim houve diminuição da potência projetada para usinas nos rios Madeira e Xingu para garantir a sustentabilidade na região. A construção da usina de Belo Monte também sofreu alterações no projeto inicial, a usina está sendo feita sem reservatório para evitar alagamentos no rio Xingu. O objetivo é evitar os impactos mesmo causando a diminuição da potência oferecida (TOLEDO, V.; 2011).

Vários desafios têm sido colocados para o crescimento da expansão hidrelétrica, especialmente no que se refere a regulação ambiental, os prazos para obtenção das licenças ambientais, o que se tornam cada vez mais longos.

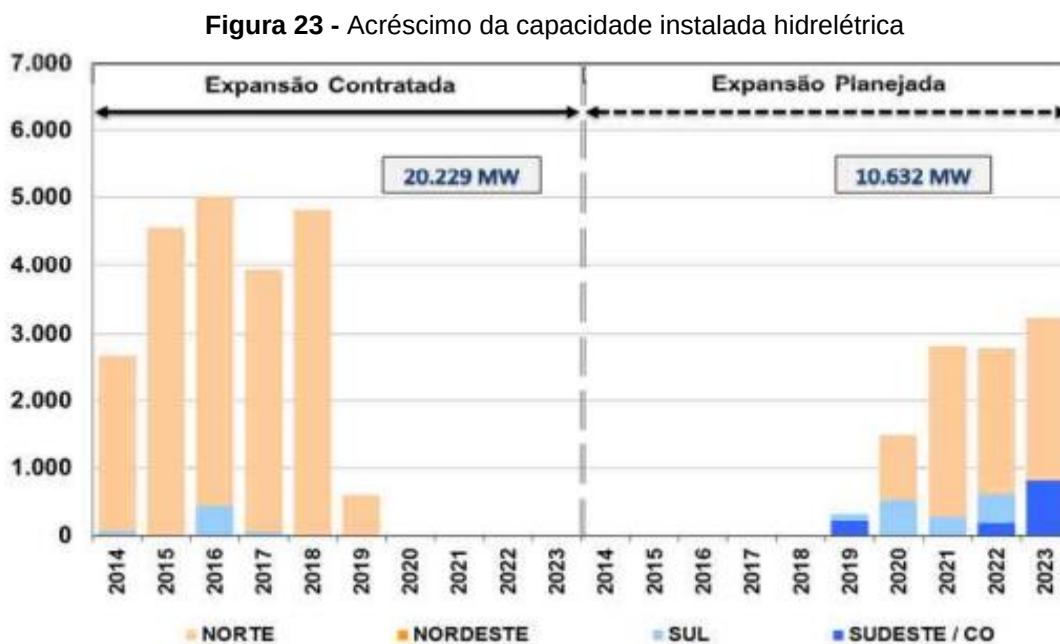
O desenvolvimento do potencial hidrelétrico brasileiro está condicionado, de certa forma, pelos seus possíveis impactos socioambientais em razão da maior parte do potencial hidrelétrico remanescente estar localizado em áreas de condições socioambientais delicadas, por suas interferências sobre territórios indígenas, sobretudo na Amazônia, nas áreas de preservação e nos recursos florestais (PNE, 2006).

As hidrelétricas precisam inserir-se na economia local, de modo a permitir o uso múltiplo da água e minimizar os impactos ambientais. Além disso, o potencial hidrelétrico localizado em grandes distâncias dos maiores centros de consumo, tornar-se necessária a construção de extensas linhas de transmissão.

Portanto segundo os dados do PNE 2023, é importante que os empreendimentos hidrelétricos que forem desenvolvidos nos biomas Amazônia e Cerrado, onde se localiza a maior parte do potencial hídrico, atendam aos seguintes requisitos:

- ✓ Integração efetiva dos aspectos socioambientais a partir dos estudos de inventário das bacias hidrográficas, procurando encontrar o equilíbrio entre a minimização dos impactos socioambientais e a utilização racional do potencial hidrelétrico disponível;
- ✓ Integração na elaboração dos estudos socioambientais com os demais estudos de engenharia e planejamento;
- ✓ Tratamento das áreas sensíveis aos impactos ambientais com soluções individualizadas e, quando for caso, com soluções específicas de engenharia;
- ✓ Considerar as especificidades de ecossistemas e comunidades locais que são afetados pelas alterações da sua área de ocupação.

Embora exista uma série de desafios a serem enfrentados, a EPE através do Plano Decenal de Energia Elétrica 2023, demonstra que a expansão da capacidade de geração hidráulica, aumentará de 86 GW para 117GW de 2014 até 2023, considerando a contratação da UHE Itaipu.



O gráfico da Figura 23 apresenta a expansão hidrelétrica, pode ser visto que grande parte do crescimento da demanda dos anos de 2018 a 2019 será atendida com usinas que já dispõem de contratos de concessão. A região norte será o local de maior expansão, devido a entrada de grandes empreendimentos, especialmente as usinas de Belo Monte com 11.233MW e São Luiz do Tapajós com 8.040 MW de potência total, somados correspondem a 68% da expansão das hidrelétricas.

A geração hídrica no país ainda tem muito a crescer, mesmo com as questões aqui apresentadas, continua em alta pelo menos durante os próximos 10 anos (EPE - PDE, 2013).

As influências dos desafios como: a distância das fontes aos grandes consumidores, as questões socioambientais trazem certas dificuldades para implantação de novos empreendimentos de geração de energia de fontes hídricas, contudo isso não afetará definitivamente em grande escala.

Portanto, em razão do enorme potencial hídrico do nosso país, é pouco provável que nas próximas décadas outra fonte possa superar a produção de energia das hidrelétricas. As hidrelétricas terão por um longo tempo um papel

relevante no setor energético nacional, mesmo que as previsões de diversificação e crescimento das outras fontes de energia se concretizem.

Por outro lado é necessário que essa fonte cresça sem que prejudique o meio ambiente e as populações ribeirinhas, mas que seja acrescida de forma a trazer segurança e movimentação a economia nacional.

4.2 Fontes Térmicas

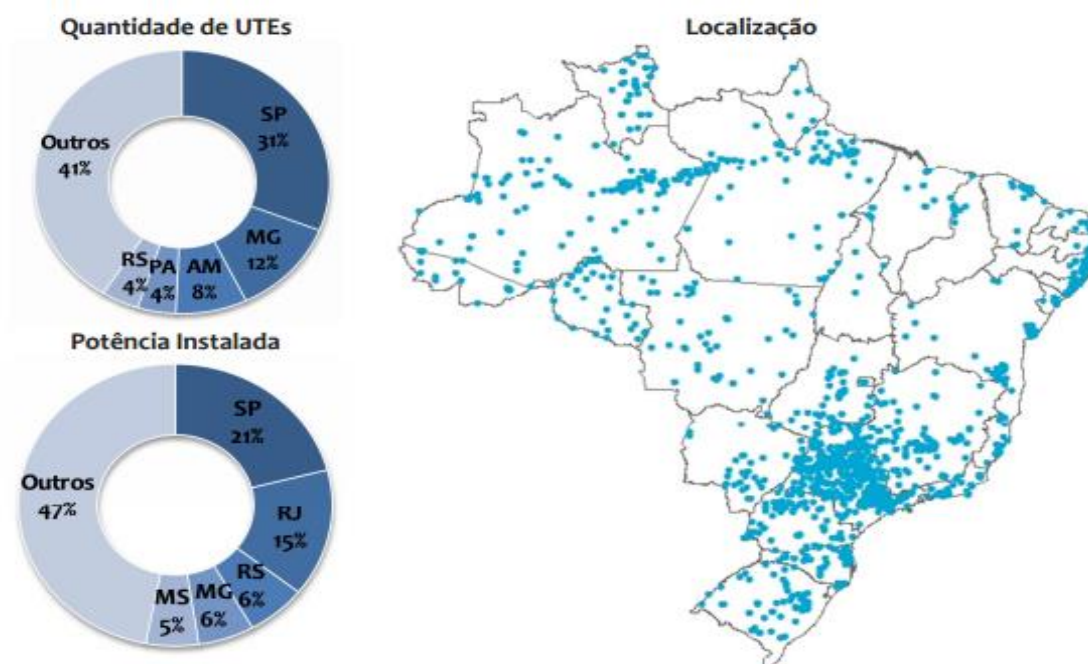
Desde a crise de 2001 as usinas termoeletricas têm desempenhado papel fundamental para o parque gerador. Para compensar a escassez da água nos reservatórios das hidrelétricas, as termoeletricas são utilizadas de forma estratégica para a complementaridade do sistema elétrico.

Diante de uma crise, é preciso diversificar nossa matriz energética, ampliando novas fontes geradoras. A principal resposta do governo foi à utilização das termoeletricas. Segundo André Nahur coordenador de mudanças climáticas e energia do WWF – Brasil (NEHER, C. 2015) entende que:

A participação das termelétricas na matriz energética brasileira nos últimos anos cresceu exponencialmente. O que era considerado uma energia de suporte, hoje está se tornando uma energia de base, para agüentar a queda dos reservatórios em decorrência das mudanças climáticas, uso do solo e mau planejamento da matriz.

Atualmente, há cerca 1.935 usinas termelétricas em operação na matriz energética, o que corresponde aproximadamente 30% da capacidade instalada de geração de energia no país. Somadas aos projetos em fase de construção e em licenciamento, o número de usinas passam de 2.000 empreendimentos. Esses patamares evidenciam um acúmulo de quase 50% na potência instalada em operação no Brasil, entre os anos de 2009 e 2015. O aumento do número de usinas termelétricas em operação é ainda mais expressivo: 62% no mesmo período. Na média nacional, da potência instalada de uma usina termelétrica em operação no Brasil é da ordem de 21,1MW. Juntas, as usinas termelétricas em operação no Brasil possuem potência de 38.800MW (FUNCHAL, M., 2015). Sua distribuição geográfica pode ser apresentada na Figura 24.

Figura 24 - Distribuição Geográfica das Usinas Termoelétricas no Brasil.



Fonte: ANEEL, adaptado por CONSUFOR.

A região sul e sudeste do país são os locais em que mais se expandiram empreendimentos termoelétricos, conforme verificado na Figura 24 as usinas em operação.

A Tabela 5 apresenta o número de empreendimentos existentes em janeiro de 2015, organizados por fonte, indicando a participação de cada fonte na capacidade instalada.

No meio de todas as usinas termoelétricas utilizadas para energia, às usinas geradoras a gás natural apresenta maior utilização, com capacidade instalada de aproximadamente 12.776 MW, o que corresponde a 9,5 % de toda a capacidade instalada termoelétrica no Brasil.

Tabela 5 - Geração de Energia Elétrica por Fonte e Tipo de Combustível Utilizado- Jan/ 2015

Fonte	jan/14	jan/15			Evolução da Capacidade Instalada (Jan/15 / Jan/14)
	Capacidade Instalada (MW)	Nº Usinas	Capacidade Instalada (MW)	% Capacidade Instalada	
Térmica	38.357	1.891	39.786	29,70%	3,70%
Gás Natural	13.896	122	12.776	9,50%	-8,10%
Biomassa	11.410	504	12.341	9,20%	8,20%
Petróleo	7.672	1.241	9.085	6,80%	18,40%
Carvão	3.389	22	3.593	2,70%	6,00%
Nuclear	1.990	2	1.990	1,50%	0,00%
Capacidade Total - Brasil	38.357	1.891	39.786	29,70%	3,70%

Fonte: ANEEL (2015).

Tabela 6 - Usinas Termoeletricas a Gás natural por Regiões no Brasil.

Região	Número de Usinas	Capacidade Total (kW)	% Total
Sudeste	62	5.951.964	49%
Sul	8	1.307.408	11%
Nordeste	32	3.265.083	27%
Norte	6	519.607	4%
Centro Oeste	5	1.126.124	9%
Total	113	12.170.186	100%

Fonte: ANEEL (2013)

Observa-se na Tabela 6, que as usinas movidas a gás natural se localizam principalmente na região sudeste, atualmente possui 62 usinas das 113 térmicas a gás natural, as quais correspondem a 49% de toda a capacidade instalada dessa tipologia no Brasil (ANEEL, 2013).

O gás natural libera menos emissões de CO₂ quando queimados do que o carvão e, portanto, há um espaço considerável para reduzir as emissões de CO₂, substituindo o carvão por gás na geração de eletricidade. No entanto, é crucial que as preocupações com segurança energética e os custos com combustíveis sejam considerados ao se criarem políticas que favoreçam o gás em detrimento ao carvão no setor elétrico (TRUEBY J, 2015).

Ainda que as termoeletricas permaneçam como uma importante fonte energética, o seu maior desafio consiste na redução dos impactos ambientais. Além

de provocar aumentos de gases poluentes como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), a necessidade do despacho das termelétricas para garantir a segurança energética também impacta o preço da tarifa na geração da energia elétrica e consequentemente sobrecarrega no bolso do consumidor.

Enquanto o preço do MWh gerado por hidroelétrica de grande porte é de cerca de R\$ 84,6MWh, o equivalente em uma usina termoelétrica a biomassa é de cerca de R\$ 814,1MWh. Já a geração de energia em uma usina termoelétrica a óleo diesel, a fonte mais predominante na geração térmica brasileira, tem o preço de R\$ 507,2 MWh (Catavento – FGV Energia, 2014).

4.3 Biomassa

A biomassa é uma fonte de produção de energia que apresenta um grande potencial para o crescimento nos próximos anos: a biomassa, de acordo com os estudos de planejamento do Ministério de Minas e Energia (MME) é considerada como uma alternativa viável para a diversificação da matriz energética do país, em substituição aos combustíveis fósseis como petróleo e carvão.

Existem várias rotas tecnológicas para obtenção da energia elétrica a partir da biomassa. Nos últimos anos, transformou-se também em um dos principais estímulos aos investimentos na produção de energia a partir da cana-de-açúcar por parte das usinas de açúcar e álcool.

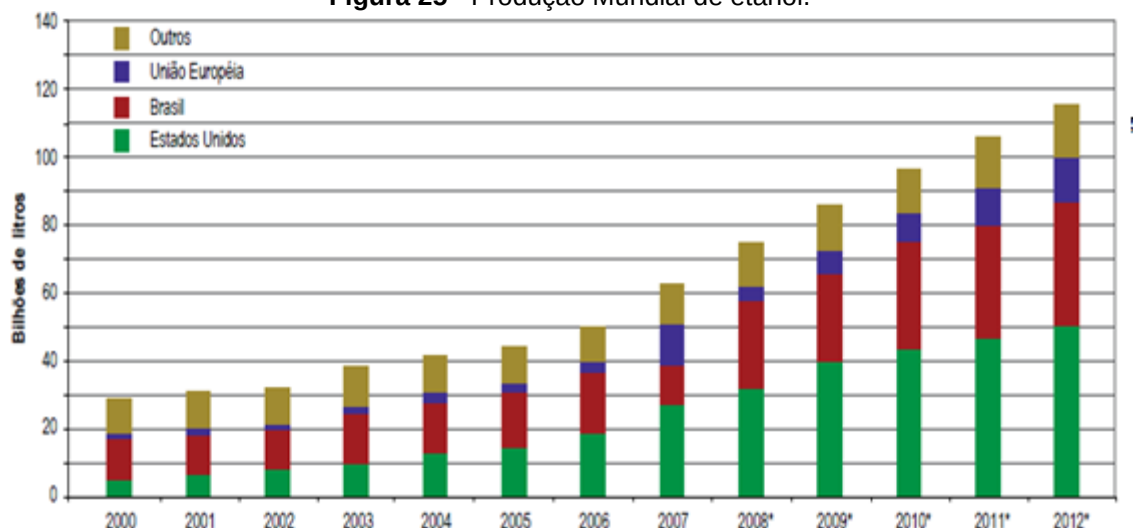
A biomassa, ainda não é uma tecnologia competitiva do ponto de vista comercial. A maior dificuldade para a sua aplicação não é o processo básico de gaseificação, mas a obtenção de um equipamento capaz de produzir um gás de qualidade, com confiabilidade e segurança, adaptado às condições particulares do combustível e da operação (PNE, 2007).

Dela é possível obter energias elétricas e combustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina.

Além disso, no mercado internacional, o Brasil se destaca como segundo maior produtor de etanol, que é obtido a partir da cana-de-açúcar. Apresenta potencial energético similar a outros produtos utilizados em países como Estados Unidos e regiões como a União Européia.

A produção de biodiesel também é crescente e, parte dela é destinada ao suprimento interno, parte é exportada para países desenvolvidos. O consumo de etanol mais que dobrou nos últimos sete anos, superando os 60 bilhões em litros em 2007, como mostra o gráfico da Figura 25.

Figura 25 - Produção Mundial de etanol.



Fonte: ANEEL (2008).

No gráfico da Figura 25, observa-se a consolidação do Brasil na produção de biomassa, considerando para isso a sua localização geográfica, a faixa tropical, no caso do Brasil muito propenso à produção agrícola, pois detém grande quantidade de terras agricultáveis, com a presença de solos e condições climáticas adequadas.

Ao contrário do que ocorre com outras fontes, não existe um ranking mundial dos maiores produtores de biomassa, apenas estatísticas sobre os principais derivados, como demonstra as Tabela 7 e Tabela 8 a seguir.

Tabela 7 - Produtores de bioenergia em 2005

País	TWh	%
Estados Unidos	56,3	30,7
Alemanha	13,4	7,3
Brasil	13,4	7,3
Japão	9,4	5,1
Finlândia	8,9	4,9
Reino Unido	8,5	4,7
Canadá	8,5	4,6
Espanha	7,8	4,3
Outros países	57,1	31,1
Total	183,3	100,0

Fonte: WEC (2007).

Tabela 8 - Produtores de etanol (hm²)

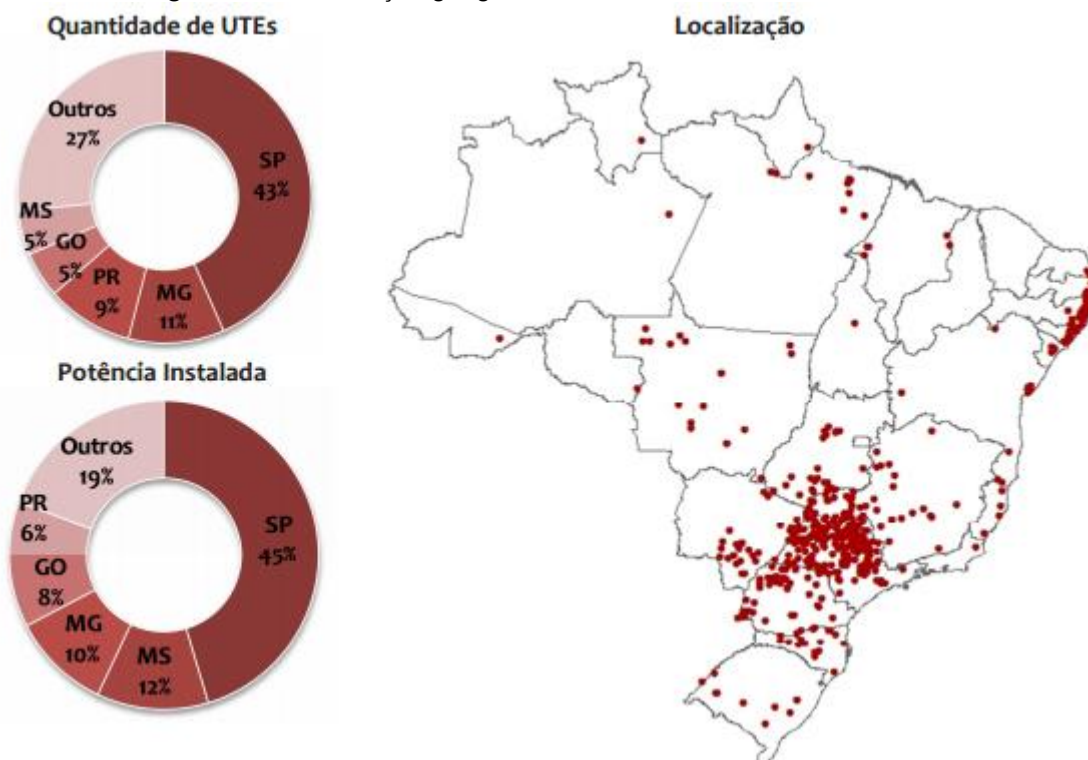
País	2004	2005	2006
Brasil	15,10	16,00	17,00
Estados Unidos	13,40	16,20	18,40
China	3,65	3,80	3,85
Índia	1,75	1,70	1,90
França	0,83	0,91	0,95
Rússia	0,75	0,75	0,75
Alemanha	0,27	0,43	0,77
África do Sul	0,42	0,39	0,39
Espanha	0,30	0,35	0,46
Reino Unido	0,40	0,35	0,28
Tailândia	0,28	0,30	0,35
Ucrânia	0,25	0,25	0,27
Canadá	0,23	0,23	0,58
Total	37,63	41,66	45,95

Fonte: WEC (2007).

A utilização da biomassa como fonte de energia elétrica tem sido crescente no Brasil, principalmente em sistemas de co-geração (pela qual é possível obter energia térmica elétrica) dos setores industrial e de serviços.

Do universo de termelétricas em operação no Brasil, 27% (493 usinas) usam como combustível alguma forma de biomassa. Juntas, essas usinas possuem uma potência instalada de 12.800MW (ou seja, 33% da potência de todas as termelétricas em funcionamento no Brasil). A potência instalada média das termelétricas à biomassa em funcionamento no Brasil é da ordem de 26,1MW. O crescimento da potência instalada desse tipo de UTE no Brasil foi de 100% entre 2009 e 2015. A distribuição geográfica das UTEs em operação, baseadas em biomassa, pode ser vista na Figura 26.

Figura 26 - Distribuição geográfica das UTE a Biomassa no Brasil.



Fonte: ANEEL, adaptado por CONSUFOR.

Com relação à geração de energia com biomassa, a cana-de-açúcar é um recurso com grande potencial dentre as fontes de biomassa, para a geração de eletricidade existente no país, por meio de utilização do bagaço e da palha.

A participação é importante não só para a diversificação da matriz elétrica, mas também por que a safra coincide com o período de estiagem na região sudeste/centro-oeste, onde está concentrada a maior potência instalada em hidrelétricas no país.

Os principais aspectos negativos são a utilização da biomassa, tradicionalmente associada ao desmatamento, bem como a colheita tradicional acompanhada da queima da palha (as conhecidas queimadas) que, além de produzir a emissão de grandes volumes de CO₂, se constitui em fator de risco para a saúde humana, sendo responsável, inclusive, pela ocorrência de incêndios de grandes proporções nas áreas adjacentes.

Outro aspecto a interferência no tipo natural do solo e a possibilidade da formação de monoculturas em grandes extensões de terras, o que competiria com a produção de alimentos. Estas variáveis, porém, têm sido contornadas por técnicas, e com vista ao aumento da produtividade, tem optado pela colheita mecânica, que

prescinde queimadas, e por processo que possibilitam o aumento a produtividade da biomassa reduzindo, portanto, a necessidade de crescimento de áreas plantadas.

4.4 Fonte Eólica

Os primeiros passos para o estímulo à geração de energia eólica no país se deram em 2002, com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica conhecida como PROINFA pelo governo federal, que tinha a meta de diversificar a matriz energética nacional por meio de subsídios. O programa foi regulamentado por decreto em 2004 e passou a funcionar na prática em 2005 (MME/PROINFA, 2015).

Os grandes argumentos favoráveis a fonte eólica são: a renovação; grande disponibilidade; independência de importações e custo baixo para obtenção de suprimento. Porém grande argumento contrário é o custo, que embora seja decrescente, ainda é elevado na comparação com outras fontes.

Em 2008 no Brasil, considerando-se também os impostos embutidos da energia eólica, que era cerca de R\$ 230,00 por MWh, enquanto o custo da energia hidrelétrica estava em torno de R\$ 100,00 por MWh (ANEEL, 2009).

O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior a média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido (ANEEL, 2009). Tendo como potencial estimado 143 KW, sendo que atualmente somente uma pequena parcela é utilizada (WWF Brasil, 2012).

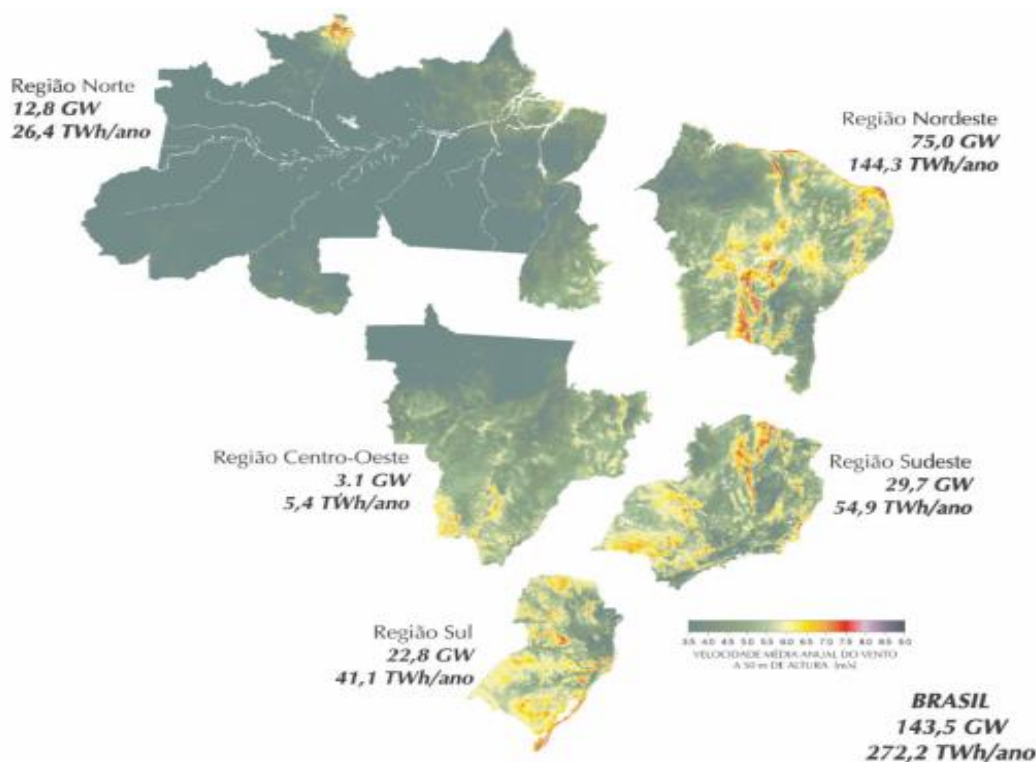
Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar usinas eólicas em sistemas complementares com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Sua operação permitiria, portanto a “estocagem” dos reservatórios das UHE’s.

A energia eólica seria capaz de produzir aproximadamente 12% da energia mundial, representando a não emissão de 10 bilhões de toneladas de dióxido de carbono lançados na atmosfera considerando um período de 12 anos, sendo que parte significativa 12% está concentrada no Brasil (MODESTO, B. P. 2009).

Na Figura 27 as regiões que apresentam melhores condições com maior potencial medido são no nordeste, principalmente no litoral, com (75GW); região

sudeste, particularmente no vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e sul (22,8 GW), região em que está instalado o maior parque eólico do país, o de Osório, no Rio Grande do Sul, com potência 150MW (ANEEL, 2009)

Figura 27 - Potencial eólico Brasileiro



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001).

A energia eólica tem sido a fonte que mais tem crescido no Brasil. Em 2014 foram instalados 96 novas usinas eólicas distribuídas nos estados do Rio Grande do Norte (751,64 MW), Rio Grande do Sul (654,88 MW), Ceará (595,31 MW), Bahia (343,80 MW), Pernambuco (79,90 MW) e Piauí (70,00 MW).

Com 238 usinas no total, o ano de 2014 terminou com 5GW de potência eólica instalada, o que representou um crescimento de 72% de potência em relação a dezembro de 2013, quando a capacidade instalada era de 3.466,07 MW. Na matriz energética brasileira o cenário atual passou a compor 4,4 %. Apesar de a energia eólica apresentar características privilegiadas para o uso, existem desafios na exploração dessa fonte energética.

Segundo Elbia Silva Gannoum, Presidente Executiva da ABBEólica:

O setor eólico brasileiro tem se desenvolvido virtuosamente. No entanto, devido à rápida expansão, alguns desafios ainda precisam ser superados. Na questão logística, há uma dificuldade em escoar a produção dos aerogeradores eólicos e de seus componentes para os locais onde os parques

são instalados. A malha rodoviária e marítima nacional não possui ainda o dimensionamento ideal para o setor. Parte desta questão tem sido solucionada com o deslocamento de algumas fábricas do sudeste para as regiões de produção de energia eólica (nordeste e sul do Brasil), além de ações junto ao governo e empresas transportadoras para a superação dos desafios.

Outro desafio está no atraso na entrega das linhas de transmissão responsáveis pela transmissão da energia eólica produzida. Existem parques eólicos aptos a operar, porém sem conexão (GE Reports Brasil, 2014).

O futuro da fonte eólica no Brasil é promissor para o desenvolvimento das fontes alternativas de energia, deverão ser implementados benefícios de longo prazo; determinação de cotas mínimas de energia alternativa que as distribuidoras devem comprar, e ainda o corte expressivo nos tributos que oneram ainda mais os custos dos equipamentos.

Assim se providos incentivos, benefícios e investimentos na indústria de componentes e na implantação de parques eólicos nas regiões com maior potencialidade, muito possivelmente em poucos anos o Brasil poderá se equiparar a outros grandes investidores em energia eólica como a Alemanha, Espanha e Estados Unidos (MODESTO, B., 2009).

4.5 Fontes Fotovoltaicas

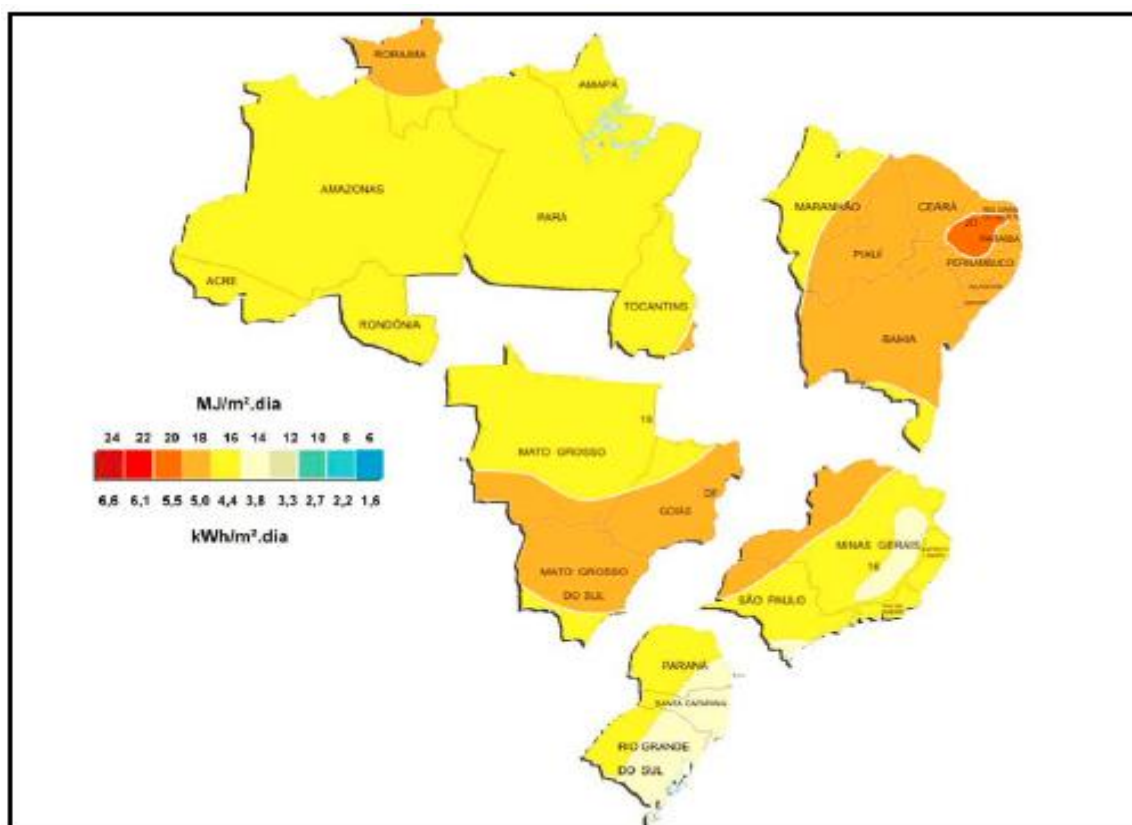
Assim como ocorre com os demais participantes das fontes alternativas, a participação da energia solar é pouco expressiva na matriz energética, mas se comparado com o potencial eólico, o Brasil também é privilegiado em termos de radiação solar.

O Plano Nacional de Energia 2030 reproduz dados do solamérico do Brasil, registra que essa radiação varia de 8 a 2MJ (mega joule por m²) durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, variando de 8 a 18 MJ/m².

Além disso, complementa o estudo que o nordeste possui radiação comparável as melhores regiões do mundo nessa variável, como a cidade de Dongola, no deserto do Sudão, e a região de Dorgget, no deserto de Mojave, Califórnia, porém não ocorrem com outras localidades mais distantes da linha do equador como, as regiões sul e sudeste, onde está concentrada a maior parte da atividade econômica.

Conforme pode ser visto na Figura 28 no Brasil, a região nordeste como um todo (especialmente no sudeste do Ceará, sertão do Rio Grande do Norte e da Paraíba e centro-norte de Pernambuco), o norte de Roraima e parte dos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, são áreas que apresentam potencial elevado para geração de energia solar.

Figura 28 - Potencial de Geração de Energia Solar no Brasil



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil Anual (2000).

Apesar deste potencial e de o uso de aquecedores solares estarem bastante difundidos em cidades do interior e na zona rural, a participação solar na matriz energética nacional é bastante reduzida, tanto que a energia solar não chega a ser muito citada.

Atualmente na matriz energética existem 33 empreendimentos fotovoltaicos em fase de operação, com potencia de 21.336KW, correspondendo 0,02 % da matriz (ANEEL, 2016).

Apesar de ser uma fonte renovável, e o Brasil receber destaque no que se refere ao potencial solar, essa fonte ainda é cara, tornando inviável

economicamente, quando comparadas com as demais e possui baixa eficiência das células fotovoltaicas.

Para incentivar a geração distribuída a partir da energia fotovoltaica, a ANEEL aprovou em 2012 a resolução N.º 687 que permite os consumidores gerarem potencial elétrico, utilizando geradores que trabalham junto com a rede de distribuição, em regime de troca de energia (ANEEL, 2012). Quando aplicada em Geração Distribuída GD, se mostra bastante interessante e merece maior análise. Estima-se que o Brasil possua 20 MWp de capacidade de geração solar fotovoltaica instalada, quase na sua totalidade limitado a aplicações em sistemas isolados e remotos, especialmente em locais onde se percebe a inviabilidade econômica da extensão da rede de distribuição (LANDEIRA, J. L. F, 2013).

Atualmente a geração distribuída se insere como uma excelente opção a ser analisada, além de ser uma fonte limpa e causar pouco impacto ambiental, pode trazer mais diversificação para a matriz, uma vez que a exemplo da fotovoltaica, pode ser integrada em centros urbanos por meio de instalações já existentes, como residências.

A fonte solar fotovoltaica, por uma série de fatores, é uma das opções a se considerar para superar os desafios dos próximos anos do setor elétrico brasileiro. Nesse contexto é importante lembrar que o modelo brasileiro centralizado em grandes usinas hidroelétricas se torna cada vez mais difícil de manter devido às pressões ambientais e sociais.

4.6 Eficiência Energética

Segundo o Ministério de Meio Ambiente - MMA (2015), a eficiência energética representa a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A promoção da eficiência energética abrange a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento.

A maioria das medidas em eficiência energética adotadas no mundo é de caráter voluntário. Vêm sendo aplicadas desde a década de 70, motivadas pelas crises do petróleo. Desde então surgiram iniciativas para conscientizar os consumidores sobre o uso racional e eficiente da energia, como incentivos fiscais e descontos tarifários para a aquisição de equipamentos mais eficientes.

A eficiência energética de forma geral busca por um melhor desempenho na utilização do uso das fontes de energia. Para o consumidor final, isto significa a utilização racional e inteligente da energia, implicando na diminuição do valor das contas. É necessário priorizar o aumento da eficiência energética e reduzir os desperdícios de energia, visto que uma energia perdida não tem retorno.

De acordo com Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia - ABESCO, o Brasil desperdiça em ineficiência o equivalente a uma usina Belo Monte por ano (4.600 MW médios). O volume seria suficiente para abastecer 40% do consumo residencial de todo o País.

No Brasil, há um potencial para economizar 10% de todo o consumo de energia. O maior potencial de redução eficiência energética está na residência dos brasileiros. Estima que poderia ocorrer uma redução de 15% nas casas e dos consumidores industriais, comerciais e outros que poderiam economizar, em média, 6,20%; 11% e 10% respectivamente (ABESCO, 2015).

A conscientização das pessoas é uma ação indispensável e muito importante para combater ao desperdício da energia elétrica.

No Brasil a consistência de programas nacionais que combinem adesões voluntárias com legislação compulsória, e um suporte proporcionado pelos recursos decorrentes das receitas das concessionárias, fez do país referência internacional no que diz respeito a programas de eficiência energética. No caso brasileiro, o governo optou em utilizar suas empresas estatais – Eletrobrás e Petrobras – para executar os dois programas nacionais de conservação de energia e a ANEEL para supervisionar o Programa de Eficiência Energética (PEE), executado pelas concessionárias distribuidoras de eletricidade no País (SOUZA, H. et all 2009).

A etiquetagem de equipamentos constitui-se em outro vigoroso instrumento de que o Brasil faz uso para a promoção da eficiência energética, complementados pela distinção promovida pelos Selos Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL e Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - CONPET.

Existem no Brasil diversos programas de mecanismos à eficiência energética e conservação de energia oriundos do apoio e/ou incentivo do Ministério de Minas e Energia, tanto do ponto de vista de leis e decretos que regulamentam a matéria, quanto de programas. Abaixo algumas das principais leis que rege a conservação da energia.

- ✓ Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997;
- ✓ Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000;
- ✓ Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001(regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001);
- ✓ Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL;
- ✓ Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET;
- ✓ Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE;
- ✓ Fundos Setoriais;
- ✓ PROESCO;
- ✓ Lei nº 11.465, de 28 de março de 2007 – reformulando o PEE;
- ✓ Plano Nacional para mudanças de Climáticas – PNMC.

De acordo com a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as Empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de Energia Elétrica devem aplicar um percentual mínimo de 0,5% da Receita Operacional Líquida - ROL em Programas de Eficiência Energética. Todos os projetos realizados devem seguir procedimentos específicos e são regulamentados pela ANEEL através do Manual dos Programas de Eficiência Energética – PROPEE.

Estas leis, se bem utilizadas estabelecerá redução ao desperdício de energia, estímulo ao desenvolvimento tecnológico de produtos mais eficientes e, como consequência, a preservação ambiental.

4. 6.1 Medidas de eficiência energética

As medidas de eficiência energética são de grande importância para o desempenho do mercado sustentável. Os equipamentos de escritórios, residenciais, a iluminação nas nossas ruas e até as centrais que produzem e distribuem a nossa energia, sempre consome de alguma forma uma fonte de energia.

A adoção de soluções ou medidas eficientemente energéticas em edifícios também pode ser útil para reduzir o desperdício como, por exemplo, colocar um isolamento térmico de modo a consumir menos energia para aquecimento e arrefecimento mantendo a mesma temperatura.

Como exemplos de medidas de economia de energia que contribuem para uma maior eficiência energética, têm:

- ✓ Aproveitamento de combustíveis ou fontes de calor residuais.
- ✓ Alteração da opção tarifária.
- ✓ Compensação do fator de potencia.
- ✓ Dimensionamento correto das instalações elétricas.
- ✓ Eliminação das fugas de ar comprimido/ fluidos quentes.
- ✓ Isolamento térmico de superfícies quentes.
- ✓ Otimização e controle da iluminação.
- ✓ Otimização das condições de funcionamento de equipamentos.
- ✓ Melhor aproveitamento das condições de iluminação natural.
- ✓ Implementação de sistemas de gestão de energia.
- ✓ Instalação de sistema de coe geração.
- ✓ Substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento.

Entretanto, é necessário buscar e avaliar o uso adequado da energia, afinal a conscientização das pessoas acaba sendo uma estratégia mais eficiente para a redução do consumo de energia elétrica.

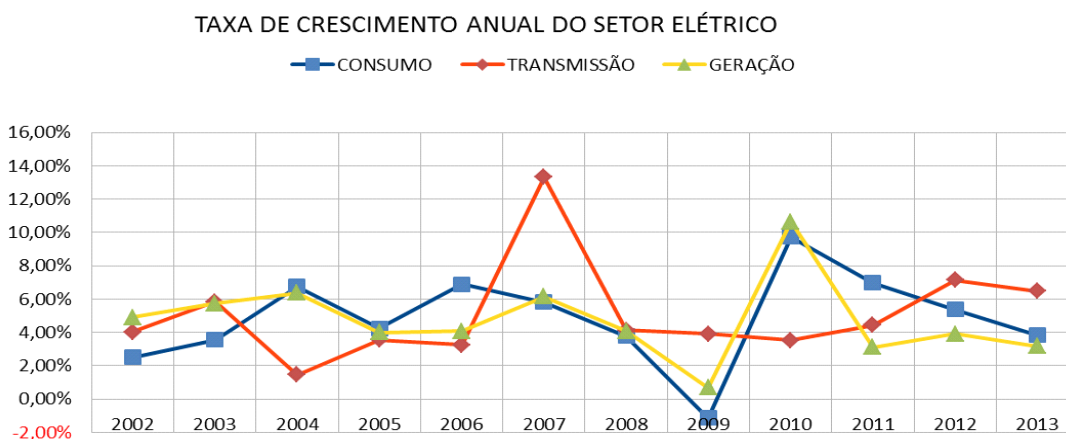
5. CONCLUSÃO

O sistema elétrico brasileiro demonstra a todo ano que inspira cuidados, pois a construção de usinas de grande porte demanda tempo, e enormes dificuldades ambientais.

O setor elétrico passa por constantes crises. Os investimentos em geração de energia elétrica quer seja por fonte eólica, solar, hídricas ou termelétricas, sem a ligação destas fontes geradoras com o consumidor final através de linhas de transmissão demonstra a falta de cumprimento de metas e leva o setor elétrico a níveis de desconfiança.

Portanto os crescimentos homogêneos da transmissão e da geração devem acompanhar o consumo por eletricidade, além da diversificação da matriz elétrica. No gráfico da Figura 29, demonstra que não houve crescimento homogêneo entre os principais segmentos que compõem o setor elétrico. O ideal seria que as linhas de crescimento não oscilassem tanto de um ano para o outro. Isto demonstraria o crescimento equilibrado e planejado do setor elétrico brasileiro.

Figura 29 - Taxa de crescimento anual em porcentagem da geração, transmissão e consumo de energia elétrica.



Fonte: Macedo H. et al, (2015).

Com o trabalho proposto, podemos destacar as seguintes conclusões.

1. O Planejamento não foi bem sucedido em relação ao crescimento homogêneo da transmissão com a geração, ou seja, a premissa que a capacidade de geração deve crescer da mesma forma que a capacidade de transformação, afim de que, não haja energia gerada sem poder ser transmitida e vice versa. O gráfico da Figura 29 demonstra que a transmissão em média teve crescimento maior que a geração, e

que em alguns períodos o avanço do consumo fora superior ao da geração de energia.

2. A estruturação do setor elétrico proposta em 2004, não pode ser considerada um sucesso, pois ainda hoje estamos falando em crise no setor elétrico.

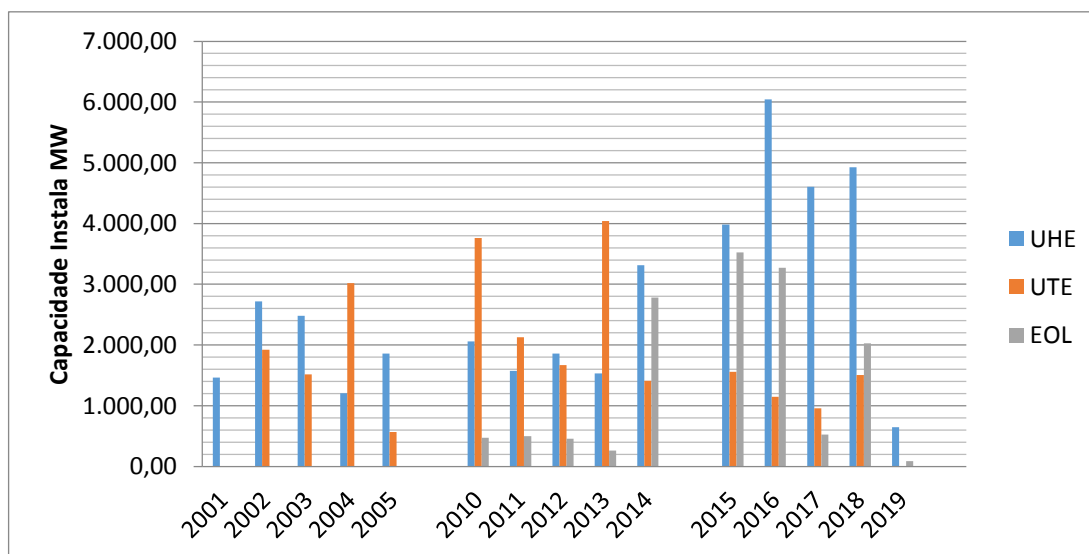
3. Houve um avanço em relação à dependência da matriz hidrelétrica, antes 90% em 2001 (ATLAS ANEEL, 2002), e chegando a cerca de 70% em 2014 (ANEEL, 2014), conforme Tabela 9, fruto do aumento da participação das termelétricas. Caso contrário, estaríamos hoje em uma situação de crise maior que a ocorrida em 2001. Isso reflete no aumento das tarifas de energia para os consumidores finais.

Tabela 9- Quantidade de empreendimentos, potência instalada e porcentagem do total da matriz elétrica do Brasil em 2014, pelas diferentes fontes de geração.

Capacidade Instalada até 31/12/2014			
TIPO	Quantidade	Potência (kW)	%
CGH	497	308.301	0,23
EOL	228	4.887.694	3,65
PCH	487	4.790.271	3,58
SOL	311	15.090	0,01
UHE	202	84.094.838	62,80
UTE	1.935	37.826.770	28,25
UTN	2	1.990.000	1,49
SUBTOTAL	3.662	133.912.964,00	100,0

Fonte: Dados da ANEEL (2014).

Figura 30 - Evolução da geração de energia no Brasil.



Fonte: ANEEL.

Com base em dados do BIG, o gráfico da Figura 30 demonstra três momentos da geração de energia elétrica no país.

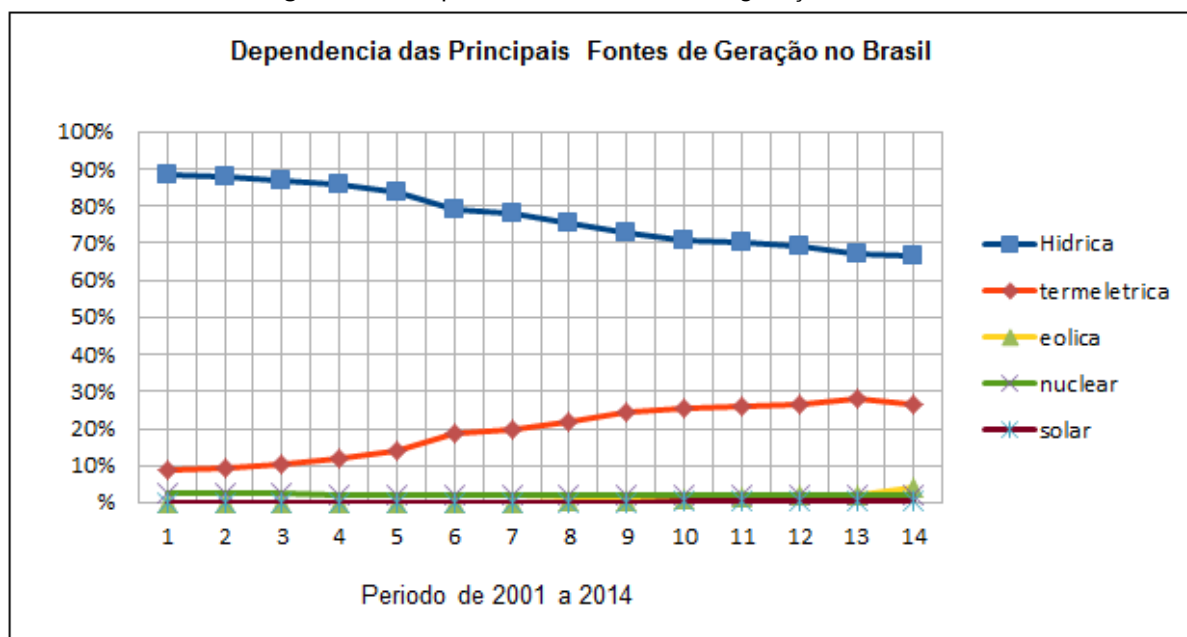
Entre 2001 e 2005, período de crise e pós são nítidos que a evolução é baseada nas termelétricas, o aumento desta fonte de geração se deu pela falta das hidrelétricas, vindo a complementar o abastecimento de energia elétrica no Brasil. Porém, passado um período de cinco anos, as termelétricas inicialmente com o papel de complementar a geração hídrica em tempos de escassez de chuvas, continuaram sendo explorada ano após ano, ou seja, uma fonte que seria para operar apenas esporadicamente opera em regime contínuo gerando custos desconfortáveis para a sociedade.

Contudo o planejado para os próximos cinco anos (2015-2019) é a diminuição dos investimentos de geração termelétrica e o aumento de outras fontes alternativas com menos danos ao meio ambiente, como eólicas.

Portanto, a expansão da geração no país continua dependente das hídricas e na sua falta as térmicas são acionadas, sendo que o Brasil tem um vasto potencial para geração de fontes alternativas de eletricidade, onde poderíamos ter um leque de fontes de geração, trazendo mais segurança para a matriz energética.

Como fator positivo desde a crise ocorrida em 2001, tivemos uma maior diversificação da matriz elétrica brasileira, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 31, a dependência das hidrelétricas tem-se diminuído ao longo dos anos, e esta tendência continuará para os próximos anos, lembrando que os investimentos em geração hídrica são esperados, especialmente na região amazônica, contudo, a participação das demais fontes contribuirá para manter a tendência de diminuição da dependência da hidroeletricidade, assim teremos um sistema elétrico mais confiável, devido sua diversificação.

Desta forma, a diversificação da matriz, com a diminuição da geração hídrica, traz o equilíbrio para o setor elétrico e menor dependência dos fatores climáticos, resta apenas saber se os fatores econômicos vão influenciar negativamente na busca por um sistema elétrico cada vez mais confiável.

Figura 31 – Dependência das fontes de geração no Brasil

Fonte: Elaborada pelos Autores dados ANEEL (2001-2014).

A participação das nucleares continua basicamente sem alterações. Podemos também evidenciar a geração eólica em 2014 teve uma participação na matriz de 3,7% da geração total e uma previsão de 6,4% em 2019, isso pode parecer pouco na visão enfatizada no gráfico, porém é uma fonte promissora e de vasto potencial em nosso país. A geração através da energia solar tem pouco se desenvolvido e chega a 0,02% da potência gerada no Brasil, entretanto, a possibilidade da micro geração e da minigeração distribuída utilizando a energia solar fotovoltaica pode modificar este cenário.

A produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos em residências, comércios e indústrias, interligadas às redes de distribuição tem possibilidades reais de imprimir uma segurança e confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro.

6. REFERÊNCIAS

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso: 25 Mai. 2015.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/EVOLUCAO_DA_CAPACIDADE_IN_TALADA_ANEEL_MME.PDF>. Acesso: 20 Mai. 2015.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA – **Boletim de acompanhamento da expansão da oferta**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=37>>. Acesso em 20 Jun. 2015.

_____. **Boletim de acompanhamento da expansão da oferta – Ano 2014**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=37>>. Acesso em: 20/06/2015.

_____. **Boletim de acompanhamento da expansão da oferta – Ano 2015**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=37>>. Acesso em: 20/06/2015.

Atlas Solarimétrico do Brasil. coordenador Chigueru Tiba.- Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p.: il., tab., mapas.

ATLAS, **Fontes Renováveis/ Energia Hidráulica**, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso: Nov. 2015.

ATLAS, **Fontes Renováveis/ Outras Fontes**. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf. Acesso: Nov. 2015.

BEN – BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 23 Jun. 2015.

BIG – BANCO DE GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES – ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 20 Mai. 2015.

BARSA, S. **As hidrelétricas Brasileiras 2015**. Disponível em: <http://www.miniweb.com.br/Geografia/Artigos/hidrografia/hidreletricas_brasileiras.html>. Acesso em: Nov. 2015.

CATAVENTO/ FGV ENERGIA. Energia e sustentabilidade desafios do Brasil na Expansão da oferta e na gestão de demanda. Dez. 2014. Ano 1. Nº 3 ISSN 2358-5277. Disponível em: <[http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13849/energia3%20\(1\).pdf?sequence=3](http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13849/energia3%20(1).pdf?sequence=3)>. **Acesso: agosto, 2015.**

CHAGAS, M. E. **Setor Elétrico Brasileiro: O Modelo Após a Reforma de 2004**. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia293348>>. Acesso: 10 Mai. 2015.

COELHO, S. O. **Avaliação das emissões atmosféricas das principais termelétricas brasileiras a gás natural** – Ano base 2013. Trabalho conclusão de curso. Universidade Federal de Juiz de Fora – Curso de Engenharia Sanitária e ambiental, 2014. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-SILAS-FINAL.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

ELETROBRAS. **Energia Nuclear.** Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Espa%C3%A7odoConhecimento/Pesquisaescolar/EnergiaNuclear.aspx>>. Acesso em 15 Mai.2015

EPE: Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2022. **Participação das fontes renováveis na geração elétrica crescerá nos próximos 10 anos.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20131029_1.pdf. Acesso em: Set. 2015.

FRAGMAQ. **Biomassa Vegetal e Animal.** (2012). Disponível em: <http://www.fragmaq.com.br/blog/biomassa/biomassa-vegetal-e-animal/>. Acesso: 06/2015.

FILIPPE D; LOBATO E; QUINTAN V. **Energia eólica: análise sobre o potencial eólico brasileiro.** Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1830/1008>. Acesso em: 10 Mai. 2015.

Fearnside, P.M. & B. Millikan. 2012. **Hidrelétricas na Amazônia: Fonte de energia limpa?** pp. 47-54; 93-99. In: P. F. Moreira (ed.) Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios. 2 ed. Rios Internacionais, Brasília, DF.100 pp.

FUNCHAL, M. **Geração de bioenergia no Brasil – Panorama atual e perspectivas.** Disponível em: <http://www.consufor.com:7080/blog/uploads/Artigos/Consufor_Bioenergia_2015.pdf>. Acesso: 10 Jan. 2016.

GE Reports Brasil. Energia Eólica: evolução e desafios. 2014. Disponível em:<<http://www.gereportsbrasil.com.br/post/96709552834/desenvolvemos-energia-eolica-evolucao-e-desafios>>. Acesso: 03 dez. 2015.

GANNOUN, E. S. ABEEólica- **Associação brasileira de energia elétrica. Boletim Anual de Geração Eólica**, 2014.

JUNIOR, F. D. M. **Viabilidade Técnica / Econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no nordeste Brasileiro.** Lavras, Minas Gerais, 2009.

KERDNA **Produção Editorial Ltda.** Energia de Biomassa. Disponível em: <<http://fontes-de-energia.info/biomassa.html>>. Acesso: 05/2015.

LANDEIRA, J. L. F. **Análise Técnica – Econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil.** Dissertação de Mestrado – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia. Rio de Janeiro, 2013.

MACEDO H; TEODORO K; MOURA V; SANTOS R. **A expansão da geração de energia elétrica, após a crise de 2001.** Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/6jice/paper/viewFile/6946/3389>>. Palmas, 2015.

MME - Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas. Edição 2007. Disponível em: <http://fund.cepel.br/ManualInventario07/Manual_inventario_port.pdf>. Acesso em: Dez. 2015.

MME/EPE. **Plano Nacional de Energia 2006-2007.** Brasília, 2006.

_____. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília, 2006.

_____. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília, 2007.

MME/EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2006-2015.** Brasília, 2006.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023.** Brasília, 2014.

MME/EPE. **Anuário estatístico de energia elétrica 2013.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf>. Acesso em: 15 Out. 2015.

MME. **Boletim Mensal de Monitoramento do sistema elétrico brasileiro.** Brasília, 2015.

MME/PROINFA: **Programa de incentivos as fontes alternativas de energia elétrica.** Brasília, 2015.

MELLO, J. C. **A Eterna Evolução do Setor Elétrico – Desafios e Soluções.** Disponível em: <<http://visoesdosetoreletrico.com.br/a-eterna-evolucao-do-setor-eletrico-desafios-e-solucoesjoao-melo/>>. Acesso em 10 Jan. 2016.

MODESTO, B. P. **Energia eólica no Brasil – desafios.** 2009.

NEHER, C. **Termelétricas pesam no bolso do consumidor brasileiro.** 2015. Disponível em: <<http://www.dw.com/pt/termel%C3%A9tricas-pesam-no-bolso-do-consumidor-brasileiro/a-18236852>>. Acesso: Nov.2015.

Secretaria de energia e mineração. **Eficiência Energética.** Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/energia-eletrica_eficiencia>. Acesso: 04 Jan. 2016.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Disponível em: <http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx>. Acesso: 25/05/2015

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. **Dados Relevantes – Ano 2001**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 25/06/2015.

_____. **Dados Relevantes – Ano 2002 - 2014**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 25/06/2015.

SAMPAIO, A; PORTELA,G; GOMES,M; PEDRO,R. **Energias Renováveis**. Disponível em: <http://energiasalternativas.webnode.com.pt/energias-renovaveis/biomassa/>. Acesso: 15 Mai. 2015.

SOUZA, H; LEONELLI, P; PIRES, C; JUNIOR, V; PEREIRA, R. Reflexões sobre os principais programas em eficiência energética existentes no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**. Vol. 15, Nº. 1, 1º Sem. 2009, PP.7-26.

STEFANO, F. A questão hidrelétrica no Brasil. **Revista National Geographic Brasil**. Jun. 2012.

TOLEDO, V. **REVISTA REDE BRASIL ATUAL, Ambiente**. São Paulo – SP Publicado: 2011. Disponível em: <<http://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2011/08/potencia-das-hidreletricas-da-amazonia-foi-reduzida-para-reduzir-impactos-socioambientais/>>. Acesso: Out. 2015.

TRUEBY, J. GE Reports Brasil. **Como o gás natural pode ajudar a reduzir as emissões no setor de energia?**, 2015.

WWF Brasil. **Além de grandes hidrelétricas – Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil**, 2012. Disponível em:<http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2016.