

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DAVI BASTOS MORGADO

PROJETO DE DIPLOMAÇÃO

**TENDÊNCIA DE PREÇO E DE MUDANÇA DE PERFIL DE GERAÇÃO
NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**TENDÊNCIA DE PREÇO E DE MUDANÇA DE PERFIL DE GERAÇÃO
NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Projeto de Diplomação apresentado
ao Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para Graduação
em Engenharia Elétrica.

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. Gladis Bordin

Porto Alegre
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DAVI BASTOS MORGADO

**TENDÊNCIA DE PREÇO E DE MUDANÇA DE PERFIL DE GERAÇÃO NA MATRIZ
ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientadora: _____

Prof^a. Gladis Bordin UFRGS

Doutora, UFSC – Florianópolis – SC, BRASIL

Banca Examinadora:

Prof^a. Gladis Bordin, UFRGS

Doutora pela UFSC - Florianópolis - SC, BRASIL

Eng. Antônio Dreyer, GV ENERGY & ASSOCIADOS

Engenheiro Eletricista, UFRGS - Porto Alegre - RS, BRASIL

Prof. Dr. Flavio Antônio Becon Lemos, UFRGS

Doutor pela UFSC – Florianópolis – SC, BRASIL

Porto Alegre, junho de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Nilson e Noeli, especialmente por terem me ensinado o valor da dedicação, do comprometimento e, sobretudo, da perseverança.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nilson e Noeli, que me ensinaram o valor do trabalho e da dedicação.

A minha irmã, Danielle, pelo apoio e confiança que só um irmão pode oferecer.

A minha namorada, Francene, pelo carinho, pelo companheirismo e pelos momentos de felicidade únicos, só atingíveis quando estamos juntos.

À Prof^a. Dra. Gladis Bordin, pela sabedoria e pelo apoio indispensável neste projeto de diplomação.

A toda a equipe da GV Energy & Associados.

Aos colegas Marcelo, Fernando e Laurence, pela amizade incondicional.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento do mercado de energia elétrica brasileiro nos últimos anos, tanto do ponto de vista econômico quanto de ordem de mérito de despacho. A evolução de cada fonte de geração de energia é detalhada, assim como os investimentos no setor, peculiaridades da matriz energética brasileira e o histórico de preços de energia. Após uma visão geral, com base nos dados apresentados, traçam-se tendências de evolução do setor elétrico.

Palavras-chave: Preço da energia. Mercado Brasileiro de Energia. Matriz Energética Nacional.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the behavior of the Brazilian electric energy market, from both the economic and topologic points of view. The evolution of each energy generation source é detailed, as well as investments on the sector, peculiarities of the Brazilian electric matrix and a historic data of the national energy price. After an overview, based on the available data, tendencies of the sector will be drafted.

Keywords: Energy price. Brazilian Energy Market. National Electric Mesh.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Motivação.....	12
1.2. Colocação do problema e objetivos.....	12
1.3. Estrutura do trabalho.....	13
1.4. Considerações	14
2. METODOLOGIA.....	15
2.1. Introdução.....	15
2.1.1. Pesquisa qualitativa.....	15
2.1.2. Pesquisa documental	17
2.1.3. Estrutura do projeto de diplomação.....	17
2.2. Considerações	18
3. A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	19
3.1. Introdução.....	19
3.2. O setor energético brasileiro	19
3.2.1. Fontes renováveis	22
3.2.2. Fontes não-renováveis	33
3.3. Consumo na matriz energética nacional	39
3.4. Efeitos meteorológicos.....	41
3.5. Considerações	42
4. O PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA.....	43
4.1. Introdução.....	43
4.2. O preço da energia para o consumidor final	43
4.2.1. O preço de curto prazo	44
4.2.2. O preço de longo prazo	45
4.2.3. Tarifas do Uso do Sistema de Distribuição	47
4.3. Leilões de energia	48
4.4. Considerações	52
5. TENDÊNCIAS DO MERCADO DE ENERGIA BRASILEIRO	54
5.1. Introdução.....	54
5.2. O futuro da energia no país	54
5.3. A importância das fontes renováveis de energia	55
5.4. Projeção de consumo de energia elétrica	60
5.5. Tendências do preço para o consumidor final	61
5.6. Síntese de resultados	62
5.7. Considerações finais	63
REFERÊNCIAS.....	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Diagrama ilustrando a metodologia de análise utilizada.	16
FIGURA 2 - Participação percentual por fonte no total da geração no mês de janeiro de 2012.	21
FIGURA 3 - Histórico de participação percentual por fonte no total de geração (fev/11 a jan/12).	22
FIGURA 4 - Principais potenciais hidrelétricos tecnicamente aproveitáveis no mundo.	26
FIGURA 5 - Potencial eólico brasileiro.	29
FIGURA 6 - Evolução da matriz fotovoltaica no mundo.	31
FIGURA 7 - Participação do gás natural na oferta primária de energia no Brasil.	33
FIGURA 8 - Geração de energia elétrica no mundo por tipo de combustível nos anos de 1973 e 2006.	36
FIGURA 9 - PIB nacional vs. consumo.	41
FIGURA 10 - Histórico do PLD no ano de 2011.	45
FIGURA 11 - Evolução do preço médio para contratos de longo prazo de um cliente industrial médio.	46
FIGURA 12 - Evolução do preço médio de distribuição para cliente A2.	47
FIGURA 13 - Histórico de preços médios em leilões de energia nova (em R\$), no Brasil.	49
FIGURA 14 - Histórico de preços (em R\$) médios dos últimos leilões brasileiros de energia.	52
FIGURA 15 - Representatividade das fontes de geração no último leilão de energia nova realizado, em 2011.	52
FIGURA 16 - Potencial hidráulico ainda a ser explorado, no Brasil.	56
FIGURA 17 - Tendência do preço nacional de energia hidrelétrica.	56
FIGURA 18 - Tendência do preço nacional de energia eólica.	57
FIGURA 19 - Evolução prevista da matriz de despacho energética brasileiro.	58
FIGURA 20 - Representatividade do submercados brasileiros no consumo nacional, 2010-2015.	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica.	24
TABELA 2- Índices de aproveitamento por bacia hidrográfica.	24
TABELA 3 - Produtores de bionenergia em 2005.....	28
TABELA 4 - Reservas de gás natural no mundo.....	34
TABELA 5 - As maiores potências instaladas em geração nuclear, no mundo.	38
TABELA 6 - Centrais termelétricas a carvão no Brasil.....	39
TABELA 7 - Consumo nacional mensal, por classe, em janeiro de 2012.	40
TABELA 8 - Evolução prevista no consumo energético brasileiro.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

ACL: Ambiente de Contratação Livre
ACR: Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMO: Custo Marginal de Operação
EER: Encargo de Energia de Reserva
EPE: Empresa de Pesquisa Energética
ESS: Encargos de Serviço do Sistema
ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPCA: Índice de Preços ao Consumidor - A
MME: Ministério de Minas e Energia
ONS: Operador Nacional do Sistema
PCH: Pequena Central Hidrelétrica
PLD: Preço de Liquidação das Diferenças
PROINFA: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
SCL: Sistema de Contabilização e Liquidação
SIN: Sistema Interligado Nacional
GEE: Gases de Efeito Estufa
ONG: Organização Não-Governamental
BEN: Balanço Energético Nacional
PNDB: Programa Nacional de Biodiesel
PAC: Programa de Aceleração de Crescimento
BIG: Banco de Informações de Geração
GNL: Gás Natural Liquefeito
IEA: *International Energy Agency*
TUSD: Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição
WEC: *World Energy Council*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

O Setor Elétrico Brasileiro apresenta características, tanto do ponto de vista físico – considerando suas diferentes fontes de geração e a organização do Sistema Interligado Nacional (SIN), quanto do ponto de vista financeiro – com a criação do agente de consumo livre no mercado. A energia torna-se cada vez mais um bem especulativo, sujeito a mudanças em seu comportamento, agora influenciado por diversas variáveis de mercado, como, p.ex., o comportamento do consumidor quanto à escolha de seu fornecedor.

Vislumbrando este cenário, uma análise interligada destes dois aspectos torna-se conveniente. Ao mesmo tempo em que analisa-se a topologia do Sistema Interligado Nacional (SIN), verifica-se a evolução dos indicadores financeiros sinalizados no mercado. À medida que novas fontes de geração ganham destaque no país, a oferta de energia passa por alterações que devem ser analisadas. Por outro lado, caso o preço praticado pelos grandes fornecedores sofra alguma alteração, seja de origem tributária ou mesmo de comportamento de mercado, novos empreendimentos no setor podem ficar comprometidos, atrasando ou mesmo estagnando o setor energético no país.

1.2. Colocação do problema e objetivos

Com sua complexidade topológica e econômica, o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) merece uma análise detalhada de sua composição geral. Bibliografias que tratam, simultaneamente, da evolução física e dos aspectos econômico são escassas no país. Resta aos órgãos governamentais competentes a confecção periódica de relatórios de balanço energético e memoriais de compra e venda de energia, muitas vezes confusos, sem cruzar informações importantes que merecem ser analisadas em conjunto.

O objetivo deste trabalho, considerando o problema descrito no parágrafo anterior, é composto por três itens. A saber:

- Realizar uma pesquisa documental e analítica sobre o perfil da matriz energética brasileira: qual a representatividade de cada fonte de geração no Brasil, qual a importância de cada uma dessas fontes, como consumo nacional se divide em consumidor industriais, comerciais e residenciais, e demais fatores que caracterizam o sistema;
- Realizar uma pesquisa documental e analítica sobre o preço da energia elétrica no país: como a energia elétrica nacional é comercializada, quais fatores influenciam nas oscilações de preço do mercado e como o preço da energia evolui desde o agente de geração, responsável pela venda da energia, até o consumidor final;
- Definir tendências de evolução do SEB, através do cruzamento dos dados obtidos, proporcionando uma visão abrangente do setor.

Para atingir estes objetivos, os assuntos são estruturados de maneira dinâmica e simples assimilação, conforme descrito a seguir.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é dividido em quatro capítulos. Inicialmente, o problema e a metodologia são apresentados. No Capítulo 3, a primeira variável a ser analisada é apresentada: a organização física do Sistema Interligado Nacional, sua evolução detalhada e aspectos mais importantes. No Capítulo 4, discute-se o comportamento do preço da energia no mercado brasileiro de energia, tanto do ponto de vista do consumidor final, quanto do ponto de vista dos agentes geradores, transmissores e distribuidores.

No quinto capítulo deste trabalho, traça-se um possível cenário do Setor Elétrico Brasileiro, indicando tendências do setor que podem ser observadas através das informações apresentadas nos capítulos anteriores.

1.4. Considerações

Após a definição do problema a ser analisado, dos objetivos propostos e da estrutura do trabalho, é de importante que a metodologia a ser aplicada seja detalhada. Uma análise qualitativa, onde o pesquisador avalia uma série de dados agrupados em um pesquisa documental, é realizada de forma sistemática. A estrutura metodológica é detalhada no Capítulo 2.

2. METODOLOGIA

2.1. Introdução

Neste capítulo é descrita a estrutura metodológica utilizada neste trabalho. Inicialmente são definidos alguns conceitos, que visam auxiliar o entendimento do leitor.

2.1.1. Pesquisa qualitativa

Segundo Miles e Huberman (1984), *“No que consiste uma pesquisa qualitativa? Primeiro, os dados de interesse aparecem em palavras em vez de em números. Eles podem ter sido coletados em uma variedade de formas (observação, entrevistas, extratos de documentos, registros gravados). Segundo, os dados são usualmente “processados” um pouco antes que estejam prontos para seu uso, mas permanecem palavras, usualmente organizadas em textos estendidos”*.

Sobre as abordagens da pesquisa, Godoy (1995), descreve o seguinte:

“Embora nas duas abordagens – quantitativa e qualitativa – a pesquisa se caracterize como um esforço cuidadoso para a descoberta de novas informações ou relações e para a verificação e ampliação do conhecimento existente, o caminho seguido nesta busca pode possuir contornos diferentes”.

O autor ainda detalha, *“A pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesse amplos, que vão se definindo na medida em que o estudo se desenvolve. Envolve a obtenção de dados descritivos sobre as pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo”*. (Godoy, 1995)

Importante ressaltar que a pesquisa qualitativa tem cunho descritivo. O processo de obtenção e apresentação dos dados depende da palavra. Visando a compreensão plena do fenômeno a ser estudado, considera-se que todos os dados são importantes e dignos de análise.

Godoy (1995) também descreve, “Quando se trabalha com problemas poucos conhecidos e a pesquisa é de cunho exploratório, este tipo de investigação parece ser o mais adequado. Quando o estudo é de caráter descritivo e o que se busca é o entendimento do fenômeno como um todo, na sua complexidade, é possível que um análise qualitativa seja a mais indicada. Ainda quando a preocupação for a compreensão da teia de relações que se estabelecem no interior das organizações, o trabalho qualitativo pode oferecer interessantes e relevantes dados. Nesse sentido, a opção pela metodologia qualitativa se faz após a definição do problema e do estabelecimento dos objetivos da pesquisa que se quer realizar”. (Godoy, 1995)

Neste trabalho, utiliza-se a metodologia de pesquisa qualitativa, a fim de se agregar dados considerados relevantes e interligá-los entre si de forma racional e proveitosa. O modelo interativo a ser utilizado é ilustrado na Figura 1.

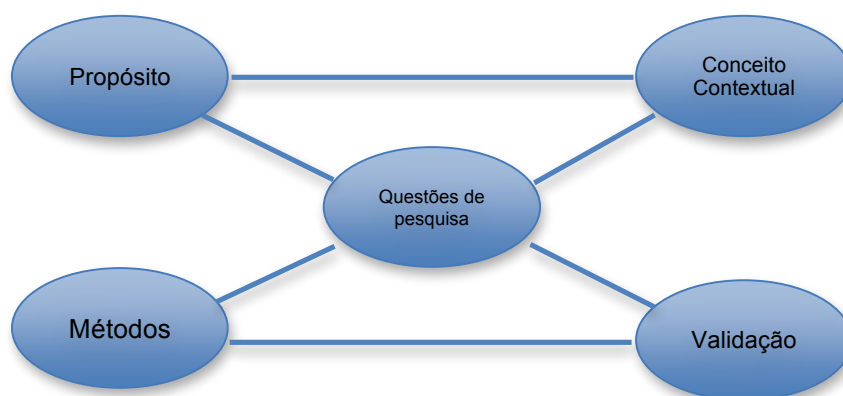


Figura 1 – Diagrama ilustrando a metodologia de análise utilizada.

Fonte: Godoy (1995).

O modelo da Figura 1 parte de um propósito, uma meta final, um objetivo para o estudo proposto. Aqui é explicada a motivação do pesquisador, e os motivos que o impelem a conduzir o projeto. O contexto conceitual é basicamente a opinião do pesquisador, como ele imagina que as informações levantadas estão relacionadas entre si.

A motivação principal e as questões levantadas, por sua vez, levam a questões de pesquisa, que detalham o que o pesquisador quer entender ao realizador o estudo, ou ,ainda, quais novas questões que o pesquisador gostaria de levantar. O método explica o caminho que o pesquisador trilhará para a finalização do estudo, assim como quais serão as técnicas utilizadas no trabalho.

Por fim, a validação é o auto-questionamento do pesquisador. São ponderadas quais seriam as explicações alternativas plausíveis e os motivos pelos quais os dados apresentados sustentam as conclusões do autor.

2.1.2. Pesquisa documental

De acordo com o Godoy (1995): *“A palavra “documentos”, neste caso, deve ser entendida de uma forma ampla, incluindo os materiais escritos (como, por exemplo, jornais, revistas, diários, obras literárias, científicas e técnicas, cartas, memorandos, relatórios) as estatísticas (que produzem um registro ordenado e regular de vários aspectos da vida de determinada sociedade) e os elementos iconográficos (como, por exemplo, sinais, grafismos, imagens, fotografias, filmes). Estes documentos são considerados “primários” quando produzidos por pessoas que vivenciaram diretamente o evento que está sendo estudado, ou “secundários, quando coletados por pessoas que não estavam presentes por ocasião de sua ocorrência”.* (Godoy,1995)

“Os documentos constituem uma fonte não-reativa: as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo. Podem ser consideradas uma fonte natural de informações à medida que, por terem origem em um determinado contexto histórico, econômico e social, retratam e fornecem dados sobre esse contexto. Também é apropriada para estudar longos períodos de tempo, buscando identificar uma ou mais tendências no comportamento de um fenômeno”. (Godoy, 1995)

2.1.3. Estrutura metodológica utilizada

Utilizando os preceitos dos dois tipos de pesquisa comentadas anteriormente (Qualitativa e Documental), define-se a estrutura metodológica deste trabalho.

Na primeira etapa, serão agrupados dados sobre o Sistema Interligado Nacional, sob o ponto de vista físico. Tais dados são documentados através dos anos, e explicam detalhadamente o comportamento da malha física de energia do país. Através da pesquisa documental, as descrições e estatísticas servirão de base para o argumento do pesquisador. Ademais o modelo interativo de pesquisa

qualitativa, descrito anteriormente neste capítulo, é utilizado para criar-se métodos de análise e validação que culminarão em uma base argumentativa consistente.

O mesmo acontece no capítulo seguinte, onde são consolidados dados sobre a evolução do preço de energia no país.

2.2. Considerações

Com a metodologia de estudo definida, é possível começar a análise do problema sob investigação. Nos Capítulos 3 e 4, informações relevantes para o estudo são compiladas e postas à análise do pesquisador, que detalha sua conclusão no Capítulo 4. A seguir, é mostrada a topologia do Sistema Interligado Nacional - SIN, através de dados históricos e recursos estatísticos.

3. A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

3.1. Introdução

Este capítulo versa sobre a topologia do Sistema Interligado Nacional, apresentando as características das diferentes fontes de geração e como estas fontes influenciam a ordem de mérito de despacho energético.

3.2. O setor energético brasileiro

Com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, mais de 7 mil quilômetros de litoral e condições edafo-climáticas extremamente favoráveis, o Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo. Se, por um lado, as reservas de combustíveis fósseis são relativamente reduzidas, por outro, os potenciais hidráulicos, da irradiação solar, da biomassa e da força dos ventos são suficientemente abundantes para garantir a auto-suficiência energética do país.

Contudo, apenas duas fontes energéticas – hidráulica e petróleo – têm sido extensivamente aproveitadas. De acordo com o Operador Nacional do Sistema (ONS), cerca de 90% do suprimento de energia elétrica do país provém de geração hidráulica, e o petróleo representa mais de 30% da matriz energética nacional. Apesar da importância dessas fontes, a conjuntura atual do setor elétrico brasileiro – crescimento da demanda, escassez de oferta e restrições financeiras, socioeconômicas e ambientais à expansão do sistema – indica que o suprimento futuro de energia elétrica exigirá maior aproveitamento de fontes alternativas.

Se do lado da oferta de energia as condições são relativamente confortáveis, do lado da demanda há enormes descompassos e desafios para a sociedade brasileira. Tanto na periferia de grandes centros urbanos quanto em regiões remotas e pouco desenvolvidas, as formas convencionais de suprimento energético não atendem às condições socioeconômicas da maior parte da população.

Portanto, o planejamento e a regulação da oferta de energia devem buscar formas de suprimento energético compatíveis com as potencialidades energéticas e as necessidades socioeconômicas nacionais e regionais. É preciso que cada fonte

ou recurso energético seja estrategicamente aproveitado, visando à maximização dos benefícios proporcionados e à minimização dos impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade.

No modelo atual do setor elétrico brasileiro, além das políticas e diretrizes nacionais, são elementos fundamentais para o bom funcionamento do mercado as regras de atuação e os mecanismos de regulação, entre os quais a disponibilização de informações consistentes e atualizadas a todos os agentes do setor.

Grande parte dos recursos energéticos do país se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e com fortes restrições ambientais. Promover o desenvolvimento econômico dessas regiões, preservar a sua diversidade biológica e garantir o suprimento energético de regiões mais desenvolvidas são alguns dos desafios da sociedade brasileira. Torna-se, portanto, fundamental o conhecimento sistematizado da disponibilidade de recursos energéticos, das tecnologias e sistemas de aproveitamento e das necessidades energéticas setoriais e regionais do país.

Do ponto de vista operacional, o mercado de energia elétrica brasileiro começou a apresentar mais versatilidade a partir da criação do Ambiente Livre de Contratação, onde o consumidor final pode escolher com quem firmar contratos de compra e venda de energia. Este modelo foi adequado de alguns casos europeus, aonde os segmentos industrial, comercial e residencial podem adquirir contratos de energia com o fornecedor de sua escolha.

A versatilidade no setor elétrico também acontece do ponto de vista topológico: usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas e nucleares compõem a malha de geração do Sistema Interligado Nacional, assim como empreendimentos de bio-massa, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e usinas movidas a gás natural. Também é importante observar que a ordem de despacho de energia dessas diferentes fontes depende amplamente das condições meteorológicas do país. Basicamente, em épocas de vazão alta (chuva intensa), os níveis dos reservatórios de usinas hidrelétricas aumenta, tornando assim o despacho deste tipo de fonte mais conveniente. Isto implica em um custo marginal de operação menor, visto que a utilização de usinas termelétricas será menos necessária neste momento.

Como pode-se observar na Figura 2, a fonte hidráulica de energia representa a fatia dominante do despacho nacional de energia. As fontes térmicas, por atuarem como agentes de energia de reserva, assumem o segundo lugar. O restante das usinas representam as fontes alternativas (em sua maioria, de origem renovável), como energia eólica, biomassa e nuclear.

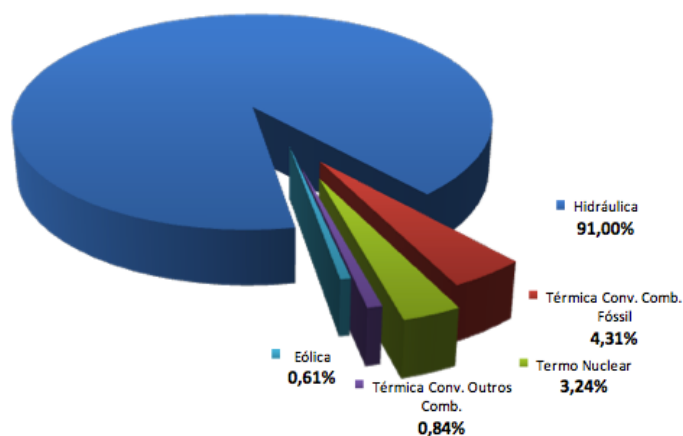


Figura 2 - Participação percentual por fonte no total da geração no mês de janeiro de 2012.

Fonte: GV ENERGY (2012).

A Figura 3, por sua vez, apresenta um histórico do despacho mensal na matriz de geração brasileira. Novamente, é possível observar a predominância da fonte hidráulica de energia.

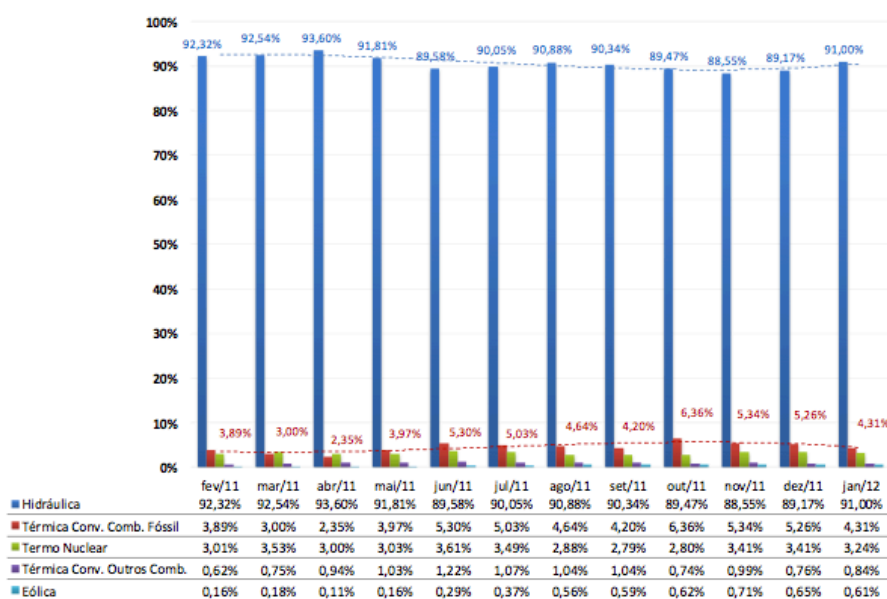


Figura 3 - Histórico de participação percentual por fonte no total de geração (fev/11 a jan/12).

Fonte: GV ENERGY (2012).

A fim de compreender a importância de cada fonte de geração na matriz energética nacional, é necessário inicialmente que se entenda seu funcionamento e sua disponibilidade. A seguir, discute-se detalhadamente cada uma dessas fontes.

3.2.1. Fontes renováveis

- **Energia hidráulica**

O uso da energia hidráulica foi uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico, particularmente para bombeamento de água e moagem de grãos. Entre as características energéticas mais importantes, destacam-se: disponibilidade de recursos, facilidade de aproveitamento e, principalmente, seu caráter renovável.

A energia hidráulica é proveniente da irradiação solar e da energia potencial gravitacional, através da evaporação, condensação e precipitação da água sobre a superfície terrestre. Ao contrário das demais fontes renováveis, já representa uma parcela significativa da matriz energética mundial e possui tecnologias devidamente

consolidadas. Atualmente, é a principal fonte geradora de energia elétrica para mais de 30 países e representa cerca de 20% de toda a eletricidade gerada no mundo, segundo o ONS.

No Brasil, água e energia têm uma forte e histórica interdependência, de forma que a contribuição da energia hidráulica ao desenvolvimento econômico do país tem sido expressiva. Seja no atendimento das diversas demandas da economia – atividades industriais, agrícolas, comerciais e de serviços –, ou da própria sociedade, melhorando o conforto das habitações e a qualidade de vida das pessoas. Também desempenha papel importante na integração e desenvolvimento de regiões distantes dos grandes centros urbanos e industriais.

A participação da energia hidráulica na matriz energética nacional, de acordo com o ONS, é da ordem de 42%, gerando cerca de 90% de toda a eletricidade produzida no país. Apesar da tendência de aumento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e os avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não-convencionais, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e distantes dos principais centros consumidores, estima-se que, nos próximos anos, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica.

O potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em cerca de 260 GW, Segundo estudos periódicos publicados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), dos quais 40,5% estão localizados na Bacia Hidrográfica do Amazonas. Entre as demais bacias, destacam-se a do Paraná, com 23% desse potencial, a do Tocantins (10,6%) e a do São Francisco (10%). As bacias do Uruguai e do Atlântico Leste representam cerca de 5% cada uma e as demais (Atlântico Sudeste e Atlântico Norte/Nordeste) somam juntas apenas 5% do referido potencial. Contudo, apenas 63% desse potencial foi inventariado, de modo que essas proporções mudam significativamente em termos de potencial conhecido. A Bacia do Amazonas representa apenas 19,4% do potencial inventariado, subindo substancialmente os índices relativos às bacias do Paraná, São Francisco e Tocantins, conforme podemos observar na Tabela 1.

Fonte: EPE(2011).

Bacia	Código	Estimado		Inventariado		Total (MW)	
		(MW)	% em relação ao total	(MW)	% em relação ao total	(MW)	% em relação ao total
Bacia do Rio Amazonas	1	64.164,49	78,8	40.883,07	23,0	105.047,56	40,6
Bacia do Rio Tocantins	2	2.018,80	2,5	24.620,65	13,9	26.639,45	10,3
Bacia do Atlântico Norte/Nordeste	3	1.070,50	1,3	2.127,85	1,2	3.198,35	1,2
Bacia do Rio São Francisco	4	1.917,28	2,4	24.299,84	13,7	26.217,12	10,1
Bacia do Atlântico Leste	5	1.779,20	2,2	12.759,81	7,2	14.539,01	5,6
Bacia do Rio Paraná	6	7.119,29	8,7	53.783,42	30,3	60.902,71	23,5
Bacia do Rio Uruguai	7	1.151,70	1,4	11.664,16	6,6	12.815,86	5,0
Bacia do Atlântico Sudeste	8	2.169,16	2,7	7.296,77	4,1	9.465,93	3,7
Total	-	81.390,42	100	177.435,57	100	258.825,99	100

Fonte: CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – ELETROBRAS. Sistema de informação do potencial hidrelétrico brasileiro – SIPOT. Rio de Janeiro, abr. 2003.

Tabela 1 - Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica.

A energia hidráulica é a segunda maior fonte de geração de energia elétrica no mundo, com uma participação de aproximadamente 18%. Em vários países, entre os quais o Brasil, sua participação é superior a 90%.

Em termos de esgotamento dos potenciais, verifica-se que as bacias mais saturadas são a do Paraná e a do São Francisco, com índices de aproveitamento (razão entre potencial aproveitado e potencial existente) de 64% e 40%, respectivamente. As menores taxas de aproveitamento são verificadas nas bacias do Amazonas, Uruguai e Atlântico Norte/Nordeste, respectivamente. Em nível nacional, cerca de 23% do potencial hidrelétrico estimado já foram aproveitados. Em relação ao potencial inventariado, essa proporção aumenta para 37%, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Índices de aproveitamento por bacia hidrográfica.

Bacia	Código	Inventariado (MW) [a]	Inventariado + Estimado (MW) [b]	Capacidade Instalada (MW) [c]	Índices de aproveitamento [c/a]	Índices de aproveitamento [c/b]
Bacia do Rio Amazonas	1	40.883,07	105.047,56	667,30	1,6%	0,6%
Bacia do Rio Tocantins	2	24.620,65	26.639,45	7.729,65	31,4%	29,0%
Bacia do Atlântico Norte/Nordeste	3	2.127,85	3.198,35	300,92	14,1%	9,4%
Bacia do Rio São Francisco	4	24.299,84	26.217,12	10.289,64	42,3%	39,2%
Bacia do Atlântico Leste	5	12.759,81	14.539,01	2.589,00	20,3%	17,8%
Bacia do Rio Paraná	6	53.783,42	60.902,71	39.262,81	73,0%	64,5%
Bacia do Rio Uruguai	7	11.664,16	12.815,86	2.859,59	24,5%	22,3%
Bacia do Atlântico Sudeste	8	7.296,77	9.465,93	2.519,32	34,5%	26,6%
Brasil	-	177.435,57	258.825,99	66.218,23	37,3%	25,6%

Fonte: EPE (2010).

O setor elétrico brasileiro possui uma matriz energética bem mais “limpa”, com forte participação de fontes renováveis já que o parque instalado é concentrado em usinas hidrelétricas que não se caracterizam pela emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE). Mais de 70% das emissões de GEE do país estão relacionadas ao desmatamento e às queimadas. Tanto que a maior contribuição ao Plano Nacional de Mudanças Climáticas tende a ser a intensificação de projetos de eficiência energética – que, ao proporcionar a redução do consumo, diminuem a necessidade de novas usinas.

Os maiores entraves à expansão hidrelétrica do país são de natureza ambiental e jurídica. No final de 2007 e início de 2008 uma polêmica ocorreu entre os formadores de opinião quando veio a público que a maior parte das obras estava atrasada em função da dificuldade para obtenção do licenciamento ambiental provocada por questionamentos na justiça, ações e liminares. Os opositores argumentam que as construções, principalmente na região da Amazônia, provocam impacto na vida da população, na flora e fauna locais, por interferirem no traçado natural e no volume de água dos rios. No entanto, é necessário construir novas usinas com impacto socioambiental mínimo para produzir a energia suficiente para o crescimento econômico e ampliação da oferta de empregos.

Por conta das dificuldades de aceitação existentes nas comunidades e da pressão de grupos organizados – particularmente Organizações Não-Governamentais (ONGs) ambientalistas – os empreendedores têm alocado recursos para projetos de mitigação do impacto, tanto de caráter ambiental quanto social.

Desenvolver os projetos de maneira sustentável – buscando os resultados econômicos e, simultaneamente, compensando os impactos socioambientais provocados pelas usinas – tem sido uma tendência na construção das hidrelétricas. Ao contrário do que aconteceu nas décadas de 50 e 70, é crescente o número de empreendimentos que procura desenvolver uma relação mais integrada e de longo prazo com as comunidades afetadas.

O entendimento entre as partes é dificultado também por indefinições de caráter legal. Apenas como exemplo, uma dessas indefinições relacionava-se, no segundo semestre de 2008, ao uso das terras indígenas para os aproveitamentos energéticos. Outra, ao tratamento a ser dado aos potenciais hidrelétricos e as respectivas linhas de transmissão frente à proposta do Plano Nacional de Áreas Protegidas, em elaboração no segundo semestre de 2008, em concordância com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que pretendia transformar, por lei, 64% do território do país em área de preservação ambiental.

Em termos absolutos, os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo são Canadá, Estados Unidos, Brasil, China e Rússia. Em 1998, esses países foram responsáveis por mais de 50% de toda a produção mundial de energia hidrelétrica. A Figura 4 ilustra a representatividade do potencial hidrelétrico em diferentes países.

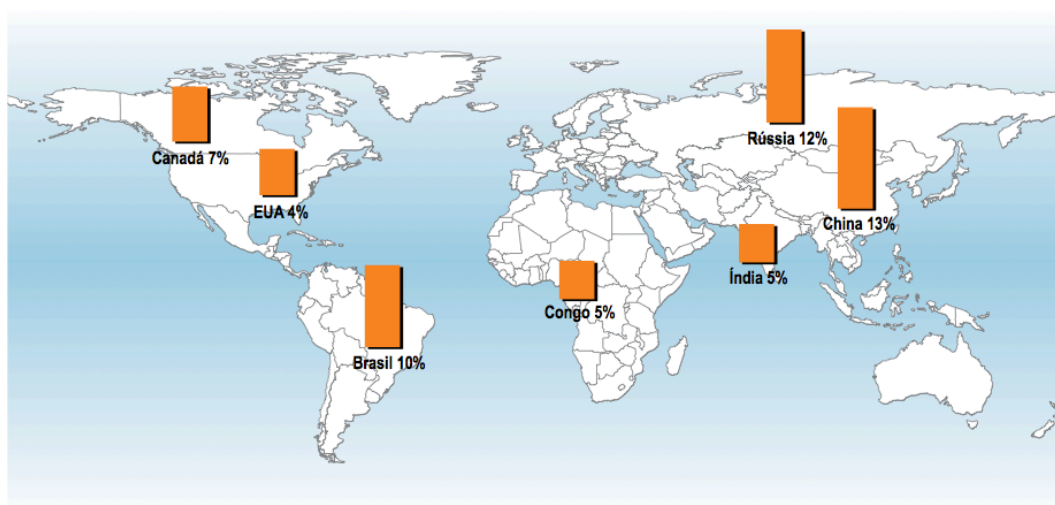


Figura 4 - Principais potenciais hidrelétricos tecnicamente aproveitáveis no mundo.

Fonte: EPE (2011).

- **Biomassa**

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina.

Atualmente a biomassa é uma alternativa energética de vanguarda, mas historicamente tem sido pouco expressiva na matriz energética mundial. Ao contrário do que ocorre com outras fontes, como carvão, energia hidráulica ou petróleo, não tem sido contabilizada com precisão. As estimativas mais aceitas indicam que representa cerca de 13% do consumo mundial de energia primária.

Segundo a *World Energy Council* (WEC), quanto a geração de energia elétrica a partir da biomassa, o líder mundial foi os Estados Unidos, que em 2005 produziu 56,3 TWh (terawatts-hora), respondendo por 30,7% do total mundial. Na sequência estão Alemanha e Brasil, ambos com 13,4 TWh no ano e participação de 7,3% na produção total.

No Brasil, em 2007, a biomassa, com participação de 31,1% na matriz energética, foi a segunda principal fonte de energia, superada apenas por petróleo e derivados. Ela ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder por 3,7% da oferta. Só foi superada pela hidreletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008.

Além disso, no mercado internacional, o Brasil se destaca como o segundo maior produtor de etanol que, obtido a partir da cana-de-açúcar, apresenta potencial energético similar e custos muito menores que o etanol de países como Estados Unidos e regiões como a União Européia. Segundo o BEN, em 2007 a produção brasileira alcançou 8.612 mil tep (toneladas equivalentes de petróleo) em 2007 contra 6.395 mil tep em 2006, o que representa um aumento de 34,7%.

Desde 2004, a atividade é beneficiada pelo estímulo proveniente do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), implantado em dezembro de 2003 pelo Governo Federal. Já a expansão do etanol provém tanto da crescente atividade da agroindústria canvieira quanto da tecnologia e experiência adquiridas com o Pró-Álcool – programa federal lançado na década de 70, com o objetivo de estimular a substituição da gasolina pelo álcool em função da crise do petróleo, mas que foi desativado anos depois. Outro fator de estímulo foi a inclusão, no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado pelo Governo Federal em 2007, de obras cujos investimentos superam R\$ 17 bilhões. No período que vai de 2007 a 2010, segundo o PAC, deverão ser investidos R\$ 13,3 bilhões na construção de mais de 100 usinas de etanol e biodiesel e outros R\$ 4,1 bilhões na construção de dois alcooldutos: um entre Senador Canedo (GO) e São Sebastião (SP) e outro entre Cuiabá (MT) e Paranaguá (PR).

Tabela 3 - Produtores de bionenergia 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.

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 e elétrica) dos setores industrial e de serviços. Em 2007, ela foi responsável pela oferta de 18 TWh (terawatts-hora), segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008. Este volume foi 21% superior ao de 2006 e, ao corresponder a 3,7% da oferta total de energia elétrica, obteve a segunda posição na matriz da eletricidade nacional. Na relação das fontes internas, a biomassa só foi superada

pela hidreletricidade, com participação de 85,4% (incluindo importação).

- **Energia eólica**

A energia eólica é, basicamente, aquela obtida da energia cinética (do movimento) gerada pela migração das massas de ar provocada pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta. Não existem informações precisas sobre o período em que ela começou a ser aplicada, visto que desde a Antiguidade dá origem à energia mecânica utilizada na movimentação dos barcos e em atividades econômicas básicas como bombeamento de água e moagem de grãos.

A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás da turbina, elementos integrantes da usina. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade. A quantidade de energia mecânica transferida – e, portanto, o potencial de energia elétrica a ser produzida – está diretamente relacionada à densidade do ar, à área coberta pela rotação das pás e à velocidade do vento.

O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Sua operação permitiria, portanto, a “estocagem” da energia elétrica. Finalmente, estimativas constantes do Atlas do Potencial Eólico de 2001 (último estudo realizado) apontam para um potencial de geração de energia eólica de 143 mil MW no Brasil, volume superior à potência instalada total no país, de 105 mil MW em novembro de 2008.

A Figura 5 ilustra o potencial ainda não explorado, em diferentes regiões brasileiras.

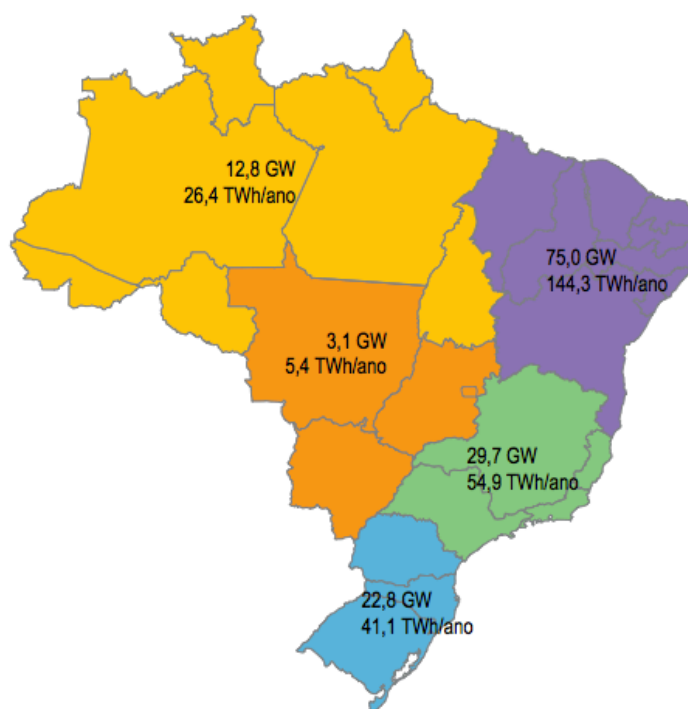


Figura 5 - Potencial eólico brasileiro.

Fonte: EPE (2010).

Os Parques eólicos Osório, Sangradouro e dos Índios, que compõem o empreendimento de Osório, possuem, individualmente, 25 turbinas com potência de 2 MW (o que totaliza a potência de 50 MW por parque), 70 metros de diâmetro e 100 de altura. Os projetos construídos anteriormente foram, no entanto, todos de pequeno porte e experimentais.

A Figura 5 mostra que as regiões com maior potencial medido são Nordeste, principalmente no litoral (75 GW); 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 150 MW de potência. Porém, no país, o vento é utilizado principalmente para produzir energia mecânica utilizada no bombeamento de água na irrigação. De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG), da ANEEL, as 17 usinas eólicas em operação em novembro de 2008 apresentavam capacidade instalada de 273 MW. Este quadro é resultado tanto da forma como esses parques se desenvolveram quanto da adesão do país à tendência de expansão das eólicas. Até a construção das três plantas de Osório, todos os projetos implementados foram de pequeno porte. No entanto, nos

últimos anos, tem sido crescente o interesse pelas usinas, conforme pode ser observado a partir das informações registradas no BIG da Aneel.

- **Outras fontes**

Existem ainda fontes renováveis que merecem destaque pelo aumento no número de empreendimentos, no decorrer dos últimos anos. Apesar do crescimento, essas fontes ainda não ocupam uma fatia relevante na matriz de geração nacional. Daremos destaque a duas dessas fontes: solar e biogás.

A energia solar, apesar de ainda pouco expressível no mercado nacional, aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. Em 2007, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW, conforme estudo do “*Photovoltaic Power Systems Programme*”, da IEA. Para se ter uma idéia, ela corresponde a pouco mais de 50% da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW. A Figura 6 ilustra a evolução mundial deste tipo de fonte de geração.

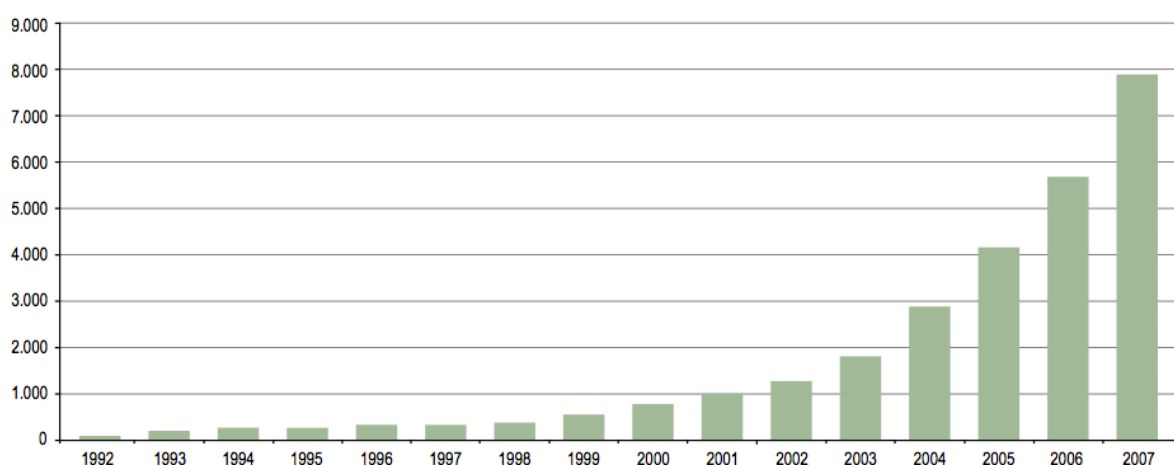


Figura 6 - Evolução da matriz fotovoltaica no mundo.

Fonte: EPE (2010).

Segundo a *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21), durante muito tempo Israel foi o único país a exigir uma participação mínima de aquecimento de água a partir da energia solar. Mas, em 2006, a Espanha assumiu postura semelhante e passou a exigir níveis mínimos de energia solar tanto para o aquecimento de água quanto para a geração de eletricidade em novas construções como prédios residenciais, hotéis e hospitais. Em 2007, a iniciativa foi acompanhada

por países como Índia, Coréia, China e Alemanha. Os percentuais exigidos variam de 30% a 70%, dependendo do clima, nível de consumo e disponibilidade de outras fontes de energia. No Brasil, também, embora não haja nenhuma compulsoriedade, a tendência começa a se disseminar nos grandes centros urbanos como a cidade de São Paulo.

A expectativa é que a expansão do número de usinas solares ocorra exatamente na zona rural, como integrante de projetos de universalização do atendimento focados em comunidades mais pobres e localizadas a grande distância das redes de distribuição. O Programa Luz para Todos, lançado em 2003 pelo Ministério de Minas e Energia, instalou diversos sistemas fotovoltaicos no Estado da Bahia. Com o objetivo de levar energia elétrica a uma população superior a 10 milhões de pessoas que residem no interior do país, ele contempla o atendimento das demandas do meio rural através de três tipos de iniciativas: extensão da rede das distribuidoras, sistemas de geração descentralizada com redes isoladas e sistemas de geração individuais.

Das fontes para produção de energia, o biogás é uma das mais favoráveis ao meio ambiente. Sua aplicação permite a redução dos gases causadores do efeito estufa e contribui com o combate à poluição do solo e dos lençóis freáticos. Isto porque o biogás é obtido da biomassa contida em dejetos (urbanos, industriais e agropecuários) e em esgotos.

Essa biomassa passa naturalmente do estado sólido para o gasoso por meio da ação de microorganismos que decompõem a matéria orgânica em um ambiente anaeróbico (sem ar). Neste caso, o biogás também é lançado à atmosfera e passa a contribuir para o aquecimento global, uma vez que é composto por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂), hidrogênio (H₂), oxigênio (O₂) e gás sulfídrico (H₂S). A utilização do lixo para produção de energia permite o direcionamento e utilização deste gás e a redução do volume dos dejetos em estado sólido.

3.2.2. Fontes não-renováveis

- **Gás natural**

No século XIX, nos Estados Unidos, o gás natural era considerado um estorvo ao ser encontrado junto com o petróleo, pois exigia uma série de procedimentos de segurança que encareciam e complicavam as atividades de prospecção. No século XX, a partir dos anos 80, o consumo entrou em franca expansão e o gás natural transformou-se na fonte de energia de origem fóssil a registrar maior crescimento no mundo. Uma posição que detém até hoje e que deverá manter no médio prazo. Sua representatividade atual no Brasil é mostrada na Figura 7.

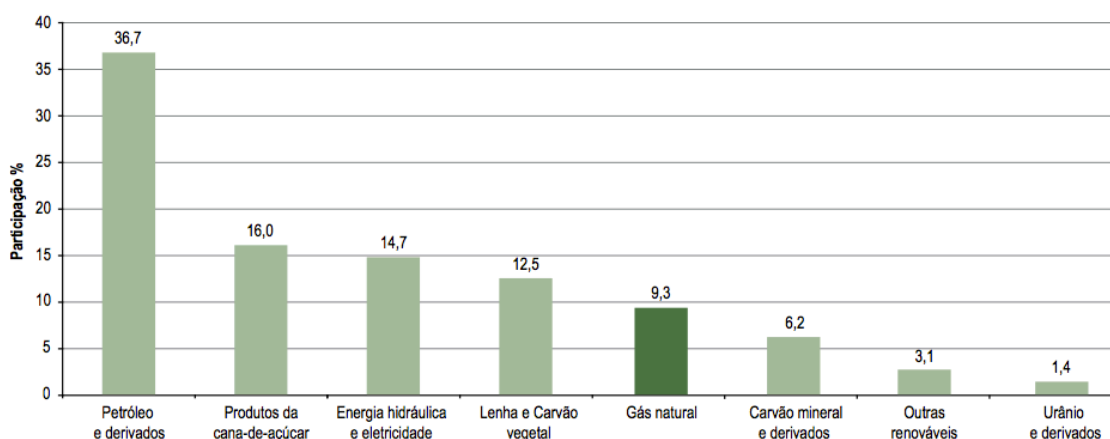


Figura 7 - Participação do gás natural na oferta primária de energia no Brasil.

Fonte: MME (2008).

O interesse pelo gás natural está diretamente relacionado à busca de alternativas ao petróleo e de fontes menos agressivas ao meio ambiente. Este comportamento resultou na intensificação das atividades de prospecção e exploração, particularmente entre os países em desenvolvimento. O resultado foi não só o aumento do volume, mas também a expansão geográfica das reservas provadas (são reservas cujos reservatórios estão em produção ou os fluídos nele contidos têm sua existência e capacidade de produzir comprovadas por testes). Até a década de 70, essas reservas concentravam-se em poucas regiões, como América do Norte e antiga União Soviética.

O Brasil, cuja expansão acelerada do consumo está diretamente relacionada

às importações da Bolívia – que, desde os anos 80, está entre os países com maiores reservas da América Latina, junto à Argentina e Venezuela. Essa importação foi proporcionada pelo início de operação do gasoduto Bolívia/Brasil em 1999.

Um caso de aumento da comercialização com base no GNL é o Oriente Médio, particularmente o Irã, conforme ilustrado na Tabela 4. A região possui uma das maiores reservas mundiais, mas encontra-se distante dos centros consumidores. Assim, apenas a partir do desenvolvimento da tecnologia do GNL passou a exportar para América do Norte, Europa e Ásia, transformando-se em um dos maiores fornecedores mundiais.

Tabela 4 - Reservas de gás natural no mundo.

	Países	Trilhões m³	%
1	Rússia	44,65	25,20
2	Irã	27,8	15,70
3	Catar	25,6	14,40
4	Arábia Saudita	7,17	4,00
5	Emirados Árabes	6,09	3,40
6	Estados Unidos	5,98	3,40
7	Nigéria	5,3	3,00
8	Venezuela	5,15	2,90
9	Argélia	4,52	2,50
10	Iraque	3,17	1,80
40	Brasil	0,36	0,20
	Outros	41,57	23,50
	Total	177,36	100

Fonte: EPE (2008).

No Brasil, o gás natural é encontrado, em geral, associado ao petróleo. Tanto que a maior parte das reservas localiza-se no mar e não em terra, principalmente no litoral do Rio de Janeiro e Espírito Santo. No total, em 2007, as reservas nacionais corresponderam a 360 bilhões de metros cúbicos, menos de 0,2% do total mundial e, de acordo com a *British Petroleum*, suficientes para abastecer o país durante 32,3 anos considerando o volume produzido no período, de 11,3 bilhões de metros cúbicos. Segundo estudo sobre gás natural constante do Plano Nacional de Energia

2030, as perspectivas de maior oferta futura de gás natural no Brasil localizam-se no Espírito Santo, Bacia de Campos e, principalmente, na Bacia de Santos.

Estima-se que a demanda por gás natural para produção de energia elétrica irá manter-se em expansão mundial até 2020, particularmente em regiões como Ásia e África. O movimento será estimulado, principalmente, pela substituição de outros combustíveis fósseis, como carvão e derivados de petróleo. Após a crise do petróleo dos anos 70, vários países menos desenvolvidos passaram a avaliar a aplicação do gás natural para a produção de energia elétrica, a exemplo do que ocorria com os países industrializados. Simultaneamente, as tecnologias de geração termelétrica avançaram, embora as empresas de eletricidade ainda estivessem concentradas no carvão e na energia nuclear. No Brasil, a matriz da energia elétrica é predominantemente hidráulica e esta característica não deverá se alterar no médio prazo. No entanto, de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 produzido pela EPE, a participação das termelétricas movidas a gás natural deverá aumentar, no curto e médio prazos. Essas usinas operariam de maneira complementar às hidrelétricas. Em outras palavras, seriam colocadas em operação em momentos de acentuado aumento de demanda ou redução da oferta hidráulica – por exemplo, nos períodos de estiagem, onde é necessário preservar os reservatórios.

O gás natural apresenta uma vantagem ambiental significativa em relação a outros combustíveis fósseis, em função da menor emissão de gases poluentes que contribuem para o efeito estufa. Quantitativa e qualitativamente, o maior ou menor impacto ambiental da atividade está relacionado à composição do gás natural, ao processo utilizado na geração de energia elétrica e remoção pós-combustão e às condições de dispersão dos poluentes, como altura da chaminé, relevo e meteorologia. No entanto, uma restrição feita a essas usinas é a necessidade de captação de água para o resfriamento do vapor, característica que tem sido um dos entraves ao licenciamento ambiental.

- **Derivados de petróleo**

O processo de produção de energia elétrica é similar em todas as usinas que utilizam como matéria-prima os combustíveis fósseis em estado sólido ou líquido – o que inclui a maioria dos derivados de petróleo. De forma bastante simplificada, esse

material é transportado até a usina, estocado e, posteriormente, queimado em uma câmara de combustão. O calor obtido nesse processo é usado para aquecer e aumentar a pressão da água, que se transforma em vapor. Este vapor movimenta as turbinas que transformam a energia térmica em energia mecânica. O gerador transforma a energia mecânica em energia elétrica.

No primeiro semestre de 2008, a Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras), controlada pelo Governo Federal, anunciou a descoberta de um campo de petróleo na camada pré-sal (abaixo da camada de sal) na Bacia de Santos, litoral brasileiro. O campo de Júpiter foi a segunda grande descoberta anunciada pela empresa e a estimativa de suas reservas ainda está em fase de cálculo. A primeira foi o Poço de Tupi, também na Bacia de Santos, com reservas estimadas entre 5 e 8 bilhões de barris. A expectativa é de que todo o pré-sal tenha mais de 30 bilhões de barris.

Como é possível observar na Figura 8, os derivados de petróleo compõem a principal fonte primária de energia na matriz energética mundial.

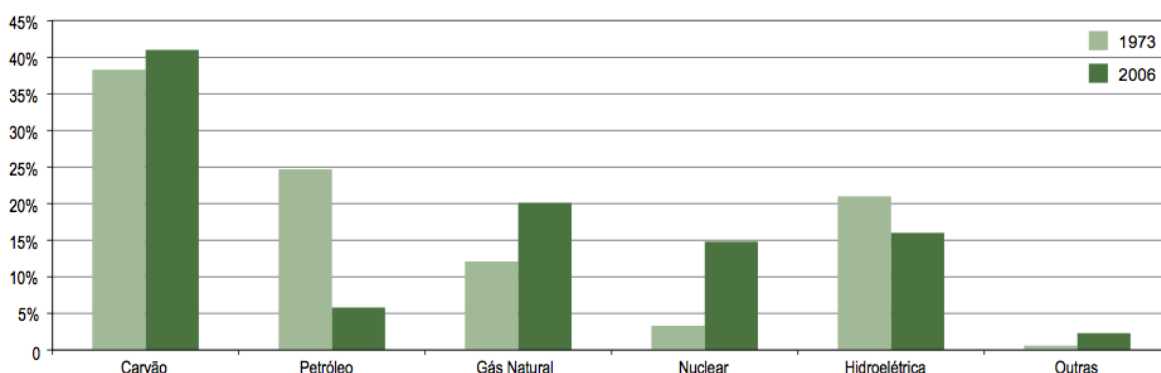


Figura 8 - Geração de energia elétrica no mundo por tipo de combustível nos anos de 1973 e 2006.

Fonte: IEA(2008).

A participação do petróleo na produção mundial de energia elétrica é pouco expressiva e tem recuado nos últimos anos, em decorrência dos investimentos realizados na utilização de outras fontes – menos agressivas ao meio ambiente e com preços menores e mais estáveis. Os derivados mais utilizados são óleo diesel, óleo combustível, gás de refinaria e, com menor frequência, o óleo ultraviscoso, cuja combustão produz o vapor necessário à movimentação das turbinas.

- **Energia nuclear**

A energia nuclear, produzida a partir do átomo de urânio, voltou à agenda internacional da produção de eletricidade como alternativa importante aos combustíveis fósseis. Conhecida desde a década de 40, nos últimos anos passou a ser considerada uma fonte limpa, uma vez que sua operação acarreta a emissão de baixos volumes de gás carbônico, principal responsável pelo efeito estufa e, em consequência, pelo aquecimento global. Além da característica ambiental, contribui para a tendência à expansão da existência de abundantes reservas de urânio no planeta – o que, a médio e longo prazos, garante a segurança no suprimento.

O urânio figura como fonte primária da matriz energética mundial desde meados dos anos 60. Entre este período e o final dos anos 70, o mercado das usinas nucleares viveu um vigoroso ciclo de crescimento. A interrupção ocorreu em função de elementos negativos que coincidiram no tempo: a ocorrência de dois acidentes (*Three Mile Island* e Chernobyl) e os elevados investimentos necessários à instalação de uma central. Durante quase trinta anos, os novos investimentos foram praticamente paralisados e a produção de energia nuclear passou por forte oposição, principalmente por parte dos ambientalistas.

Recentemente, em 2011, o incidente nuclear em Fukushima, no Japão, provocou polemica no setor. Um terremoto de 8,9 graus na escala Richter causou uma vazamento radioativo com proporções similares ao ocorrido em Chernobyl. Além de causar um forte impacto financeiro no país, outras nações, como Índia, Alemanha, Suíça e Áustria anunciaram mudanças em seus programas nucleares. A chanceler alemã, Angela Merkel, suspendeu um acordo para aumentar o tempo de vida de usinas nucleares. O acidente provocou também inúmeras reações contra o uso da energia nuclear através da sociedade civil, segundo o Ministério do Planejamento (MP).

Além da ocorrência dos acidentes, outro fator que motivou a oposição às nucleares foi o fato de que o processo de fissão do átomo de urânio é o mesmo que dá origem à bomba atômica. Assim, o país que domina a tecnologia de processamento e transformação do minério pode utilizá-la tanto para a produção de energia elétrica quanto para fins bélicos.

A geração nuclear de energia elétrica vive um novo ciclo de expansão. Além de novas unidades em construção, aumenta o número de países que buscam aderir a essa tecnologia ou expandir o parque já instalado.

Em 2007, um total de 439 reatores nucleares, distribuídos por 31 países, estava em operação em todo o mundo, segundo dados da IEA reproduzidos no trabalho Panorama da Energia Nuclear da Eletronuclear, empresa de economia mista subsidiária da Eletrobrás e responsável pela construção de usinas e geração de energia nuclear no Brasil. Os Estados Unidos concentravam o maior número de unidades (104), mas foi a França, com 59 reatores, que demonstrou maior dependência da produção nuclear, com 76,85% da energia total produzida, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - As maiores potências instaladas em geração nuclear, no mundo.

	País	Unidades	MW
1 ^ª	Estados Unidos	104	100.582
2 ^ª	França	59	63.260
2 ^ª	Japão	55	47.587
4 ^ª	Rússia	31	21.743
5 ^ª	Alemanha	17	20.470
6 ^ª	Coréia	20	17.451
7 ^ª	Ucrânia	15	13.107
8 ^ª	Canadá	18	12.621
9 ^ª	Reino Unido	19	10.222
10 ^ª	Suécia	10	9.014
23 ^ª	Brasil	2	2.007
	Total	439	372.100

Fonte: IEA (2010).

No Brasil, a expansão do parque nuclear faz parte do Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica (2006/2015). O país apresenta duas vantagens competitivas nesse segmento: as boas reservas do mineral e o domínio da tecnologia de enriquecimento do urânio – que, no entanto, ainda não é aplicada em escala comercial.

A instalação de usinas nucleares em território nacional foi decidida no final da década de 60. Com essas usinas, o Governo Federal pretendia adquirir conhecimento sobre a nova tecnologia que se expandia rapidamente pelo mundo e, ao mesmo tempo, resolver um problema localizado: a necessidade de complementação térmica para o suprimento de eletricidade ao Rio de Janeiro.

- **Carvão mineral**

Atualmente, a principal aplicação do carvão mineral no mundo é a geração de energia elétrica por meio de usinas termelétricas. Em segundo lugar vem a aplicação industrial para a geração de calor (energia térmica) necessário aos processos de produção, como secagem de produtos, cerâmicas e fabricação de vidros. Um desdobramento natural dessa atividade – e que também tem se expandido – é a co-geração ou utilização do vapor aplicado no processo industrial também para a produção de energia elétrica.

De acordo com dados da *International Energy Agency* (IEA), o carvão é a fonte mais utilizada para geração de energia elétrica no mundo, respondendo por 41% da produção total. Sua participação na produção global de energia primária, que considera outros usos além da produção de energia elétrica, é de 26%. A IEA também projeta que o minério manterá posição semelhante nos próximos 30 anos.

A principal restrição à utilização do carvão é o forte impacto socioambiental provocado em todas as etapas do processo de produção e também no consumo. A extração, por exemplo, provoca a degradação das áreas de mineração. A combustão é responsável por emissões de gás carbônico. Projetos de mitigação e investimentos em tecnologia (*clean coal technologies*) estão sendo desenvolvidos para atenuar este quadro.

No Brasil, o minério representa pouco mais de 1,5% da matriz da energia elétrica. Em 2007, ano em que 435,68 TWh foram produzidos no país, o carvão foi responsável pela geração de 7,9 TWh, a partir da operação de usinas termelétricas que estão localizadas na região Sul, nas proximidades das áreas de mineração.

Tabela 6 - Centrais termelétricas a carvão no Brasil.

Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Município	Proprietário
Charqueadas	72.000	PIE	Charqueadas - RS	Tractebel Energia S/A.
Figueira	160.250	SP	Figueira - PR	Copel Geração S/A.
Jorge Lacerda I e II	232.000	PIE	Capivari de Baixo - SC	Tractebel Energia S/A.
Jorge Lacerda III	262.000	PIE	Capivari de Baixo - SC	Tractebel Energia S/A.
Jorge Lacerda IV	363.000	PIE	Capivari de Baixo - SC	Tractebel Energia S/A.
Presidente Médici A, B e C	796.000	SP	Candiota - RS	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
São Jerônimo	20.000	SP	São Jerônimo - RS	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica

Fonte: ANEEL (2011).

Ao projetar a diversificação da matriz nacional, o Plano Decenal de Expansão de Energia de 2011 prevê a expansão da utilização do carvão, de modo que o Governo Federal destinou R\$ 58 milhões do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) a essas usinas.

3.3. Consumo na matriz energética nacional

A expansão acentuada do consumo de energia, embora possa refletir o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida, tem aspectos negativos, como: a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia, o impacto ao meio ambiente produzido por essa atividade, e um terceiro são os elevados investimentos exigidos na pesquisa de novas fontes e construção de novas usinas.

Uma das formas mais modernas e utilizadas no mundo para conter a expansão do consumo sem comprometer qualidade de vida e desenvolvimento econômico tem sido o estímulo ao uso eficiente. No Brasil, no que concerne à energia elétrica, esse estímulo tem sido aplicado de maneira sistemática desde 1985, quando o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), de âmbito nacional e coordenado pela Eletrobrás.

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis (que demandam combustíveis), eletrodomésticos e eletroeletrônicos (que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica).

Tabela 7 - Consumo nacional mensal, por classe, em janeiro de 2012.

REGIÃO/CLASSE	EM JANEIRO			EM 12 MESES		
	2012	2011	%	2012	2011	%
BRASIL	36.224	35.644	1,6	430.703	417.564	3,1
RESIDENCIAL	9.798	9.833	-0,3	112.064	107.812	3,9
INDUSTRIAL	14.481	14.471	0,1	183.637	180.525	1,7
COMERCIAL	6.480	6.255	3,6	73.761	69.574	6,0
OUTROS	5.464	5.086	7,4	61.241	59.653	2,7

Fonte: EPE (2011).

Por setores, o industrial lidera o ranking dos maiores consumidores de energia elétrica. Este setor se caracteriza, também, por ser o principal abrigo de uma tendência que tem evoluído nos últimos anos: a autoprodução de energia, ou investimentos realizados por consumidores de grande porte em usinas geradoras para suprimento próprio e venda do excedente em mercado.

Uma expansão considerável deste setor aconteceu nos últimos cinco anos da década de 90, quando os investidores foram estimulados pela constituição do mercado livre de energia elétrica, no qual poderiam negociar os excedentes – ou eletricidade produzida, mas não consumida. Em 1995, a quantidade produzida foi de 14.923 GWh, volume 14,6% superior ao de 1992. Em 1998, ano de constituição do mercado livre, atingia 20.583 GWh, volume 37,9% superior ao de 1995.

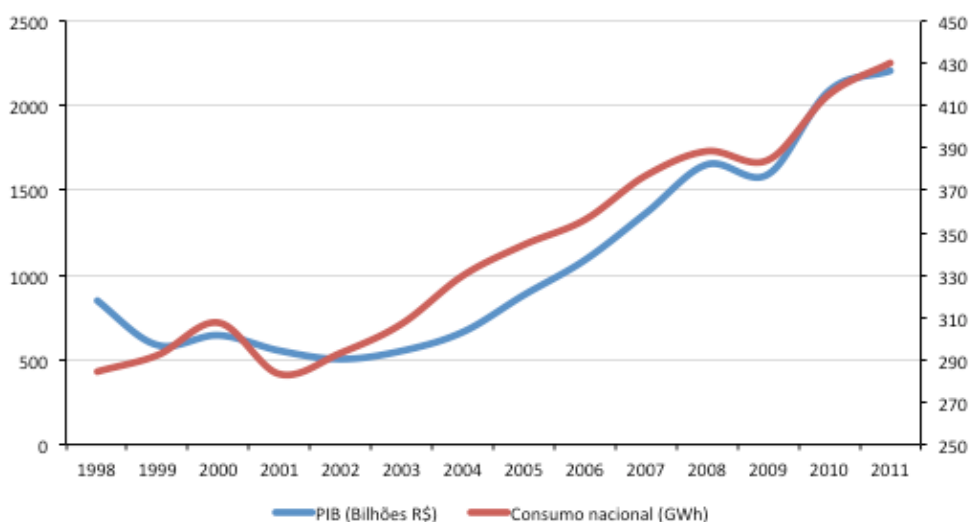


Figura 9 - PIB Nacional vs. Consumo.

Fonte: ANEEL (2011).

3.4. Efeitos meteorológicos

Com características únicas, o Sistema Interligado Nacional (SIN) tem boa parte de seu funcionamento dependente de usinas hidrelétricas. A operação dessas usinas depende, por sua vez, do nível de seus reservatórios. O ONS, com os dados fornecidos pelo EPE, determina uma ordem de mérito para despacho, e isso influencia diretamente o preço final da energia. Basicamente, quando tem-se elevados níveis de energia natural afluente, o despacho de energia gerada em fontes hidrelétricas é conveniente; Quando o oposto acontece, isto é, tem-se baixos

níveis de Energia Natural Afluyente (ENA), o despacho de outras fontes de geração é necessário.

Nota-se que a geração hidrelétrica depende intrinsecamente do níveis dos reservatórios que, por sua vez, variam de acordo a previsão climática do país. A análise dos efeitos climáticos que influem no SIN se faz imprescindível pois, quando analisar-se um cenário futuro, tais grandezas influenciarão significativamente os resultados finais.

No que se segue descrevem-se os fenômenos meteorológicos El Niño e La Niña e seus efeitos.

O *El Niño* é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e que pode afetar o clima regional e global, alterando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes medias.

O *La Niña* representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao EL Niño, e que caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Alguns dos impactos de La Niña tendem a ser opostos aos de El Niño, mas nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à La Niña.

Para uma análise breve, adota-se que o efeito El Niño produz chuva, o que diminui o custo marginal de operação do SIN. O contrario ocorre quando há períodos de La Niña, ou seja, a seca diminui da Energia Natural Afluyente (ENA) nacional, o que impacto negativamente no preço de geração.

3.5. Considerações

O conhecimento da matriz energética é de suma de importância, caso se queira traçar tendências para o futuro. As fontes renováveis assumem cada vez mais importância no país, e influenciam diretamente o escoamento de energia para os diferentes submercados. Estas informações devem ser relacionadas a um estudo do preço da energia por fonte de geração, o que é feito no próximo capítulo, a fim de que se possa prever o novo perfil de geração brasileiro, assim como as suas futuras características do ponto de vista econômico.

4. O PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA

4.1. Introdução

Este capítulo versa sobre a evolução do preço de energia no mercado brasileiro. São discutidos os aspectos que influenciam a formação do preço, assim como a evolução do mesmo, por fonte de geração. Inicialmente, é apresentada a evolução dos preços que afetam o consumidor final. Na sequência, é analisado o histórico de preços médios oferecidos nos leilões de energia. São estes valores que devem ser analisado, caso se queria prever um cenário do Setor Energético Brasileiro, alguns anos à frente.

4.2. O Preço da energia para o consumidor final

O Setor Elétrico Brasileiro possui quatro preços de energia aplicados ao consumidor, conhecidos como preço de energia de curto prazo, preço de energia nos mercados livres “convencional” e “incentivado” e tarifa de energia da distribuidora. Estes preços influenciam as decisões de contratação, comercialização e de gerência de riscos de geradores, consumidores e comercializadores de energia elétrica operando nos mercados regulado e livre.

Os preços de energia elétrica no Brasil possuem processo de formação, características e fontes de incerteza distintas, que influenciam as oportunidades negociais e propiciam oportunidades e riscos nos ambientes de negociação de energia do SEB. Adicionalmente, existem influências cruzadas entre os mesmos: por exemplo, o preço de curto prazo influencia os preços de contrato no mercado livre convencional no horizonte de médio prazo. A tarifa de energia da distribuidora define um custo de oportunidade natural para o consumidor e esta, quando composta a tarifa de uso do sistema de distribuição, define as oportunidades existentes no mercado “incentivado”. Os leilões de energia, tratados no fim deste capítulo, representam o preço básico da energia. Sua análise será importante, pois o mesmo é um importante sinalizador de mercado.

4.2.1. O Preço de curto prazo

Chama-se Preço de Liquidação de Diferenças, PLD, o valor proveniente do Custo Marginal de Operação, usado para quantificar as transações de energia elétrica no mercado de curto prazo.

O Custo Marginal de Operação, CMO, é calculado pelo Operador Nacional do Sistema, ONS, através de simulações que consideram o escoamento de energia elétrica entre os diferentes submercados.

Como discutido anteriormente, a matriz energética brasileira possui grande parte de seu perfil de geração constituído por usinas hidrelétricas. Por este motivo, os modelos matemáticos utilizados no cálculo do PLD devem levar em consideração, além das interações entre subsistemas de diferentes regiões, as afluências nacionais. O despacho ótimo da matriz evita que usinas termelétricas sejam utilizadas, reduzindo assim o custo de operação.

A máxima utilização da energia hidrelétrica disponível em cada período é a premissa mais econômica, do ponto de vista imediato, pois minimiza os custos de combustível. No entanto, essa premissa resulta em maiores riscos de déficits futuros. Por sua vez, a máxima confiabilidade de fornecimento é obtida conservando o nível dos reservatórios o mais elevado possível, o que significa utilizar mais geração térmica e, portanto, aumento dos custos de operação.

Com base nas condições hidrológicas, na demanda de energia, nos preços de combustível, no custo de déficit, na entrada de novos projetos e na disponibilidade de equipamentos de geração e transmissão, o modelo de precificação obtém o despacho (geração) ótimo para o período em estudo, definindo a geração hidráulica e a geração térmica para cada submercado. Como resultado desse processo são obtidos os Custos Marginais de Operação (CMO) para o período estudado, para cada patamar de carga e para cada submercado.

O PLD é um valor determinado semanalmente para cada patamar de carga com base no Custo Marginal de Operação, limitado por um preço máximo e mínimo vigentes para cada período de apuração e para cada Submercado. Os intervalos de duração de cada patamar são determinados para cada mês de apuração pelo ONS e informados à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), para que sejam considerados no Sistema de Contabilização e Liquidação (SCL). Na Figura

10, podemos observar a evolução dos preços praticados no mercado de curto prazo brasileiro.

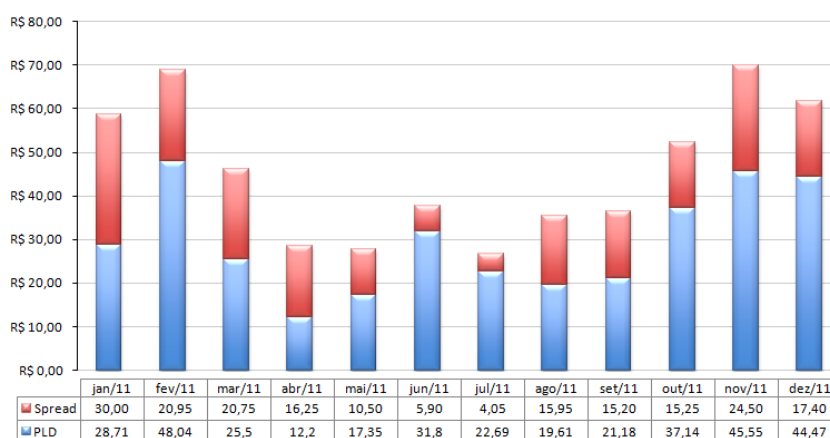


Figura 10 - Histórico do PLD no ano de 2011.

Fonte: CCEE (2011).

4.2.2. O preço de longo prazo

No mercado de energia também encontram-se produtos que suprem a necessidade de energia do consumidor por períodos mais longos. Os contratos de longo prazo, como são conhecidos, apresentam uma opção ao consumidor que deseja se proteger das variações de curto prazo do mercado. Este produto é comercializado de duas formas, a seguir comentadas.

- **Contratos de energia convencional e incentivada**

Há dois tipos de contratos de energia usualmente comercializados: os de fonte convencional e os de fonte incentivada.

Os contratos de energia convencional são oriundos de empreendimentos de origem hídrica, termelétrica, nuclear, ou quaisquer outros tipos de fontes não-renováveis de geração que componham a matriz energética nacional. Os agentes do setor que contratam este tipo de energia compõem o ramo de eletro-intensivos e representam uma parte notável da carga nacional industrial nacional. Usualmente, estes consumidores compõem os setores de automotivos, alimentos, siderurgia, químicos, entre outros.

Na Figura 11, pode-se observar a evolução do preço médio, para aquisição de um contrato de longo prazo de fonte convencional, para o período de 2012, considerando um volume contratado equivalente ao consumo médio de um cliente industrial. É possível perceber que estas sinalizações de preço não necessariamente acompanham a tendência de preço do mercado de curto prazo, cujo principal sinalizador é o Custo Marginal de Operação (CMO). No mês de agosto, por exemplo, as cotações alcançaram 50,96 R\$/MWh, mostrando que há fatores externos influenciando o mercado, principalmente especulativos.

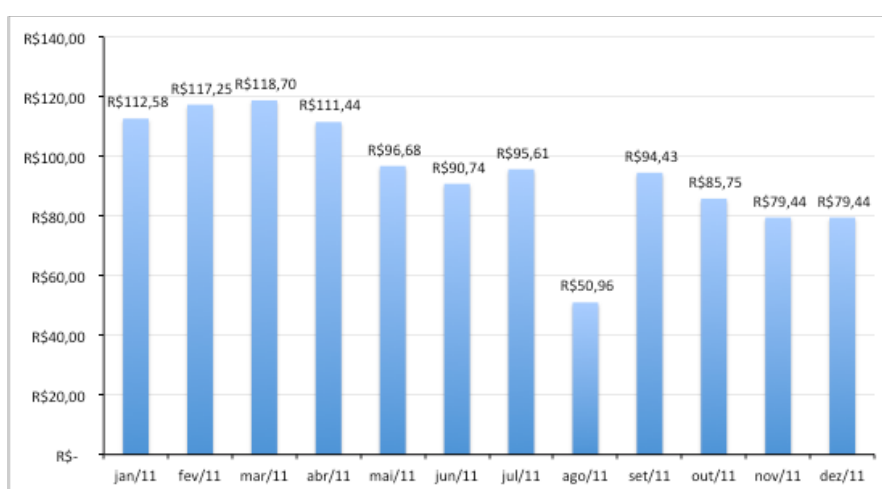


Figura 11 - Evolução do preço médio para contratos de longo prazo de um cliente industrial médio.

Fonte: CCEE (2012).

A energia incentivada, que foi regulamentada pela Lei 11.488, datada de 15 de junho de 1998, é proveniente de fontes alternativas de medição. Usinas eólicas, solares, de biomassa ou pequenas centrais hidrelétricas (PCH) vendem a energia gerada a agentes comercializadores, produtores independentes e autoprodutores que, por sua vez, repassam-na ao consumidor final. No Mercado Livre de Energia, estes contratos são normalmente adquiridos por consumidores especiais, que não possuem demandas contratadas suficiente para aquisição de energia convencional. Estes consumidores são qualificados como especiais quando a demanda contratada, nos horários de Ponta (compreendido em três horas consecutivas entre as 18:00h e 21:00h) ou Fora-Ponta, é igual ou superior a 500 kW.

Comumente, os preços de mercado da energia incentivada são superiores aos da energia convencional. Este cenário não apresentaria competitividade caso

um desconto não fosse oferecido a usuários do insumo incentivado. Uma redução na Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) é oferecida a contratantes de energia incentivada. Esta redução varia de acordo com o produto oferecido, assim, 50 ou 100%, dependendo do contrato adquirido.

4.2.3. Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição

Em ambos os ambientes Livre e Regulado de contratação, uma quantia referente ao uso do sistema de distribuição e transmissão é calculada e cobrada dos consumidores. No Brasil, os ativos de distribuição, salvo raras exceções, aparecem nas classes de tensão abaixo de 138kV. Existem cinco níveis de tensão no ambiente industrial: A2 (88 a 138 kV), A3 (69 kV); A3a (30 a 44 kV) e A4 (2,3 a 25 kV). As duas primeiras também são conhecidas como níveis de sub-transmissão.

A Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) não é discriminatória em relação à localização exata do consumidor final. Há diferentes áreas de concessão, com diferentes agentes de distribuição. Na Figura 12 são destacadas as tarifas vigentes para agentes distribuidores de diferentes submercados. Como o interesse é em um consumidor médio industrial, logo, ilustraremos tarifas para classe de tensão A2 (88 a 138 kV).

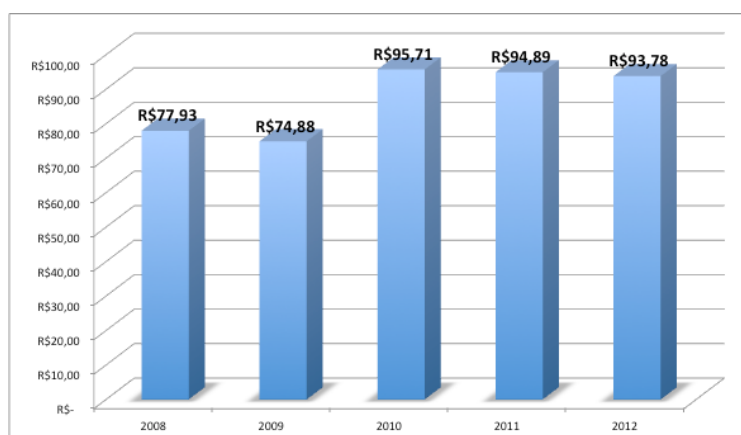


Figura 12 - Evolução do preço médio de distribuição para cliente A2.

Fonte: GV ENERGY (2012).

4.3. Leilões de energia

O novo modelo institucional do Setor Elétrico Brasileiro que passou a vigorar em 2004, disciplinado pela Lei no 10.848/2004 e pelo Decreto no 5.163/2004, estabeleceu que as concessionárias, as permissionárias, e as autorizadas do serviço público de distribuição de energia do SIN devem garantir, por meio de licitação na modalidade de leilões, o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). À ANEEL cabe a regulação das licitações para contratação de energia elétrica e a realização do leilão diretamente ou por intermédio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Os leilões de energia ocorrem com periodicidade anual e são subdivididos em duas categorias principais: os leilões de energia existente e os leilões de energia nova.

Os leilões de energia existente têm por objetivo a venda de energia de empreendimentos existentes cujo investimento inicial em sua construção já tenha sido plenamente amortizado. Estes leilões são usualmente classificados como leilões do tipo “A-1”. Isto é, são leilões organizados no ano anterior ao ano de entrega física de energia (“A”), e esta, por sua vez, deverá ser inicialmente fornecida sempre a partir do primeiro dia do ano contratado. O prazo destes contratos de energia existente é, usualmente, estabelecido em oito anos de duração.

Os leilões de energia nova, por sua vez, se destinam ao atendimento das necessidades de mercado das distribuidoras mediante a venda de energia elétrica proveniente de empreendimentos que, em geral, ainda não iniciaram sua etapa de construção. Estes leilões são organizados sob a formatação do tipo “A-5” e “A-3”, também ocorrem com periodicidade anual, e os contratos têm vigência de 15 anos para a energia advinda de empreendimentos termelétricos e de 30 anos para os empreendimentos hidrelétricos.

O objetivo de tais leilões é propiciar a possibilidade, por parte das distribuidoras, de contratação antecipada de energia para o atendimento pleno de sua demanda estimada três a cinco anos à frente. Devido ao fato de a energia existente total do país ser insuficiente para atender ao total de carga demandada pelas distribuidoras, a estimação precisa da quantidade de energia nova necessária para atender ao crescimento de sua demanda ao longo destes cinco anos é de vital importância para o desempenho operacional da distribuidora.

No novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro, as distribuidoras estão autorizadas pela ANEEL a repassarem para as tarifas de energia os montantes contratados até o limite máximo de 103% de sua carga futura efetiva. Este limite aumenta a segurança do sistema, pois reconhece a impossibilidade de uma previsão perfeita da demanda e estabelece um limite de tolerância para o erro da previsão dos agentes distribuidores. Este sistema também assegura, com alta probabilidade, que o montante contratado de energia seja no mínimo igual à carga futura efetiva, pois dado o repasse automático às tarifas, os agentes distribuidores preferirão estritamente errar a contratação de energia para mais do que para menos, já que se contratarem menos energia que o necessário para o pleno atendimento da carga efetiva, os distribuidores terão de arcar com os custos da aquisição de energia no mercado de curto prazo.

A Figura 13 ilustra ao histórico de preços médios de energia verificados em leilões que aconteceram desde 2005.

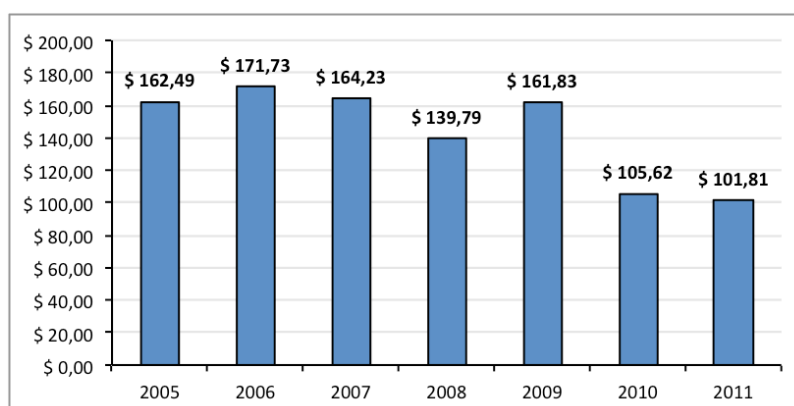


Figura 13 - Histórico de preços médios em leilões de energia nova (em R\$), no Brasil.

Fonte: GV ENERGY (2012).

Antes da realização dos leilões, as distribuidoras registram inicialmente a quantidade de energia que necessitam contratar. As demandas individuais são agregadas constituindo-se o *pool* comprador de energia elétrica. Desta forma, todas as distribuidoras são representadas por esse *pool* de energia que irá, por sua vez, adquirir em leilão o somatório das quantidades solicitadas de energia por cada distribuidora. Os custos advindos da compra de energia elétrica em leilão são representados por um único custo médio ponderado de aquisição que é único para cada participante do *pool*.

Desta maneira, as distribuidoras desembolsarão uma quantia equivalente à quantidade de energia solicitada, multiplicada pelo preço médio de aquisição do *pool* de energia. Este mecanismo socializa os ganhos de comercialização entre as distribuidoras garantindo, por exemplo, que todas as distribuidoras, independentemente da região de atuação ou da escala de produção, se deparem exatamente com os mesmos custos de contratação por unidade de energia.

Sendo assim, todo o processo competitivo do leilão é transferido para o lado da oferta. Os empreendedores com seus respectivos projetos de geração térmica ou hídrica são classificados em ordem crescente de acordo com o preço a que estão dispostos a fornecer energia no futuro. Cabe ressaltar, que este procedimento é feito separadamente de acordo com o tipo de empreendimento, ou seja, se termelétrico ou hidrelétrico.

O fator que distingue a quantidade de energia a ser demandada de fonte termelétrica ou hidrelétrica não é aquele ditado pelos preços relativos de mercado entre estas duas fontes, mas sim, um parâmetro estabelecido pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que fixa uma fração de energia elétrica mínima a ser demandada de fontes de geração termelétrica, com o intuito de diversificar a matriz energética nacional no longo prazo de tal forma a atingir os objetivos de diversificação estabelecidos no Plano Decenal de Expansão de Energia, elaborado pelo ONS. Sendo assim, dentro de cada categoria de geração, são selecionados aqueles projetos cujas propostas de preço de venda de energia elétrica futura sejam as menores possíveis, mas sempre respeitando o percentual mínimo de energia advinda de fonte termelétrica estabelecido pelo MME. Estes projetos vão sendo gradativamente selecionados até que o montante de oferta agregada de energia seja exatamente suficiente para atender à demanda do *pool* comprador.

Para os geradores, os leilões de energia nova representam uma oportunidade de venda garantida de energia – assegurada pelos contratos futuros de longo prazo – antes mesmo que o empreendimento tenha saído do papel. Isto implica em uma redução dos riscos e incertezas associadas ao projeto e, contribui, conseqüentemente, para a redução dos custos de geração de energia elétrica, uma vez que os investidores exigirão uma taxa interna de retorno proporcionalmente mais baixa para a construção do projeto. É exatamente por este motivo que os leilões de energia nova são organizados com bastante antecedência. Como mencionado, os leilões seguem a formatação “A-5” e “A-3”, ou seja, são realizados cinco ou três

anos antes do primeiro ano de entrega física de energia. Essa escolha de formatação não se dá por acaso. Estes são os prazos médios de construção de usinas hidrelétricas de grande porte (5 anos) e de usinas termelétricas (3 anos).

Desta forma, as distribuidoras, via o *pool* comprador, podem cobrir a maior parte de suas necessidades de contratação de energia nova com 5 anos de antecedência, adquirindo energia em um leilão cujo preço é teoricamente inferior, uma vez que espera-se uma maior concentração de energia hidrelétrica em leilões do tipo “A-5”. Posteriormente, nos leilões “A-3”, as distribuidoras podem realizar um ajuste mais fino de suas necessidades contratuais, dado que as informações disponíveis em “A-3” contribuirão para uma estimativa mais precisa da demanda das distribuidoras, se comparada com aquelas estimativas realizadas em “A-5”. Este mecanismo coloca as distribuidoras diante de um *trade-off* entre os custos de aquisição mais baixos em leilões “A-5” (controlando-se para os demais fatores) e o maior nível de previsibilidade da demanda em “A-3” com seu conseqüente benefício, que se dá via a redução do risco de perdas econômicas advindas de um nível de contratação ineficiente. Desta forma, a decisão ótima das distribuidoras no que diz respeito aos níveis de contratação em cada leilão afetam, em última instância, a maneira como se dá a expansão física do sistema. A sinalização advinda da demanda das distribuidoras é a responsável no SIN pela decisão da alocação de capital gerador de energia elétrica entre os distintos períodos de tempo, além é claro, dos parâmetros estabelecidos pelo MME que determinam a quantidade mínima de investimento em fontes termelétricas de geração e em fontes advindas de energia alternativa (solar, eólica, dentre outras).

A Figura 14 apresenta o histórico de preços verificados em leilões para diferentes tipos de fonte de geração, desde 2005.

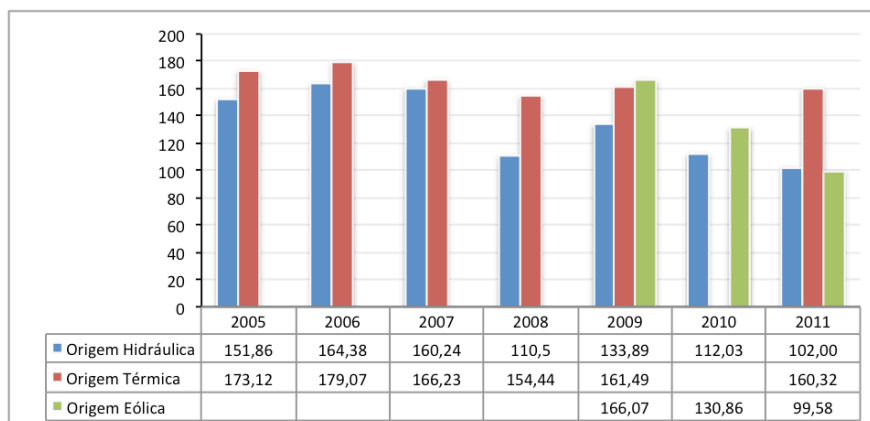


Figura 14 - Histórico de preços (em R\$) médios dos últimos leilões brasileiros de energia.

Fonte: GV ENERGY (2012).

Na Figura 14, nota-se que o preço médio da energia negociado varia de acordo com a sua fonte. Usualmente, tem-se que as usinas termelétricas de base que utilizam gás natural, bagaço de cana, ou carvão mineral apresentam um custo marginal de operação que varia entre R\$ 10,00/MWh e R\$ 200,00/MWh. Por outro lado, as usinas termelétricas complementares possuem custos marginais médios de operação muito mais elevados, custos estes que normalmente situam-se entre R\$ 200,00/MWh e R\$ 850,00/MWh. Isto impacta diretamente custo médio da energia de origem termelétrica leiloadada.

A energia eólica, a partir de 2009, passou a representar uma grande fatia da energia comercializada em leilões e, atualmente apresenta um dos preços médios mais baixos verificados. Esta tendência se deve aos investimentos na área, que são muitos, e também dos incentivos do governo, a fim de tornar a matriz energética nacional menos dependente de fontes não-renováveis de energia.

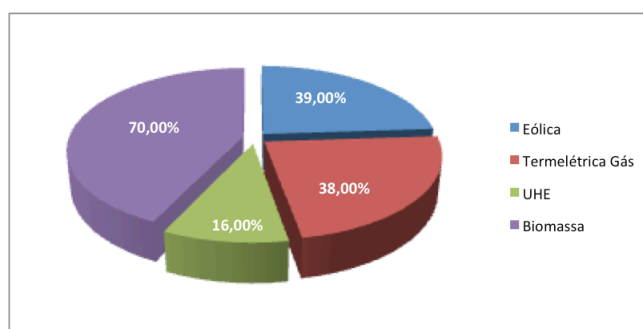


Figura 15 - Representatividade das fontes de geração no último leilão de energia nova realizado, em 2011.

Fonte: GV ENERGY (2012).

Como observou-se na Figura 15, a energia eólica representa 39% de toda a energia nacional comercializada. As fontes de biomassa também alcançaram um percentual notável, 70%, provando que as fontes não-renováveis estão ganhando mais espaço no mercado.

4.4. Considerações

O preço da energia, no Setor Elétrico Brasileiro, é influenciado por diversos fatores, e aparece de diferentes formas para o consumidor final, para os agentes distribuidores e transmissores. Além de um acompanhamento destes sinalizadores de mercado, uma análise histórica dos preços oferecidos em leilões de energia é relevante, pois a partir destes números podem-se traçar tendências de preço e lastreamento energético para todo o Sistema Interligado Nacional. As informações aqui contidas, juntamente do histórico físico do SIN, apresentado no Capítulo 1, auxiliam a compor o cenário a ser previsto no próximo.

5. TENDÊNCIAS DO MERCADO DE ENERGIA BRASILEIRO

5.1. Introdução

Este capítulo apresenta os resultados obtidos neste estudo. A pesquisa documental qualitativa proposta nos capítulos anteriores é aqui ilustrada e validada, conforme a metodologia detalhada no Capítulo 2.

5.2. O futuro da energia no país

Na atualidade, o cenário energético mundial é marcado por uma busca contínua de segurança energética e de medidas para conter o aquecimento global. Com um potencial energético vasto e diversificado, o Brasil pode contribuir de maneira construtiva para ambos estes processos. Além disso, o setor energético tem um papel-chave no desenvolvimento econômico nacional. A dependência externa de energia do Brasil é inferior a 5%. O país conquistou a autossuficiência em petróleo e dispõe de um setor grande de energias renováveis, de forma que mais de 47% da matriz energética brasileiro constitui-se de recursos renováveis. Pode-se dizer que a realização do potencial energético do Brasil é fundamental para o crescimento econômico, a segurança energética e a redução mundial de emissões de carbono.

Quando analisado o progresso do mercado de petróleo no Brasil, onde este insumo nunca desempenhara papel relevante, nota-se uma mudança abrupta de cenário. Importante pela grandeza de seu consumo, o Brasil vem assumindo papel de crescente relevância no setor, em razão do sucesso da exploração e produção submarina, em água profundas, e na camada de pré-sal, cuja exploração começou recentemente.

O país conquistou a autossuficiência em petróleo e tem mantido nível de reservas suficientes para sustenar a produção nacional por 30 anos. As perspectivas são de reservas adicionais de mais de 50 bilhões de barris, equivalentes a 4% das reservas mundias provadas. Quanto ao gás, os dados oficiais sobre reservas, produção e consumo no Brasil não conferem ainda ao país destaque no mercado internacional. A descoberta de gás na camada pré-sal pode inverter este quadro,

disseminando ainda mais o insumo nacionalmente, e reduzindo seu custo. De qualquer maneira, a fim de que este cenário se confirme, o Brasil necessita de uma melhor regulamentação no que concerne a extração de suas riquezas estratégicas, de modo a rateá-las igualmente entre os diferentes governos.

5.3. A importância das fontes renováveis de energia

As fontes não renováveis de energia, principalmente as classificadas como de origem alternativa, serão de grande importância para o Brasil nos próximos anos. A representatividade de cada uma dessas fontes na matriz de geração deve mudar, como indicam as informações obtidas no Capítulo 2. A seguir, discute-se a possível influência de algumas fontes renováveis de energia que merecem destaque.

- **A Biomassa**

Grande parte do território brasileiro se insere na região do planeta mais propensa à produção do insumo de biomassa. A dimensão continental do país e sua diversidade geográfica, evidenciada pela variedade climática e exuberante biodiversidade, além da presença de um quarto das reservas superficiais e subterrâneas de água doce do mundo, explicam por que o país tem uma importante produção agrícola.

Parte desse potencial já é aproveitado na produção de eletricidade. São exemplos o bagaço da cana e a lixo. Um aproveitamento mais intenso deste potencial requer investimentos em tecnologia e em equipamentos para recuperar a biomassa hoje subutilizada ou descartada no campo. Há ainda uma preocupação recorrente: os possíveis impactos sobre a redução de alimentos e os ecossistemas sensíveis ou de grande interesse socioambiental.

Estas ameaças inexistem no caso brasileiro. A cana-de-açúcar é um exemplo emblemático. Atualmente, a área dedicada à produção de cana não chega a 6 milhões de hectares, menos de 0,7% de todo o território nacional menos de 7% da área disponível para atividades agrícolas, já incluídos os ecossistemas de grande interesse, como a Floresta Amazônica. Há espaço para expansão da área plantada sem ameaça à produção de alimentos ou às regiões de alto interesse

socioambiental. Na bioenergia, a cana se destaca também pelos avanços tecnológicos que fizeram do etanol e da bioeletricidade produtos competitivos.

A evolução da utilização do insumo da biomassa como fonte de energia nos veículos flex, por exemplo. Seus motores funcionam como qualquer proporção de etanol e gasolina, e já estão amplamente consolidados no mercado brasileiro. Hoje em dia, 35% da frota nacional já é composta por veículos deste gênero.

- **A Energia hidrelétrica**

Como comentado anteriormente, o Brasil detém 10% do potencial hidráulico mundial tecnicamente aproveitável. É o terceiro maior potencial do planeta, inferior apenas aos da China e Rússia. É de suma importância para o país que este potencial seja explorado de forma estratégica. Entre todas as formas de geração de eletricidade, a hidráulica é a única que reúne simultaneamente quatro atributos absolutamente relevantes: é renovável, não emite gases do efeito estufa, é extremamente competitiva e pode ter sua implementação subsidiada 100% pelo governo, culminando em geração de emprego e renda no país.

Como pode-se observar na Figura 16, o potencial hidrelétrico ainda não explorado é grande. É possível prever um aumento de investimentos em fontes hidrelétricas, o que reduziria significativamente o preço ofertado pela mesma. Como discutido no Capítulo 2, o Brasil ainda precisa lidar com as questões ambientais, frequentemente levantadas ao discutir-se a construção de uma nova usina.

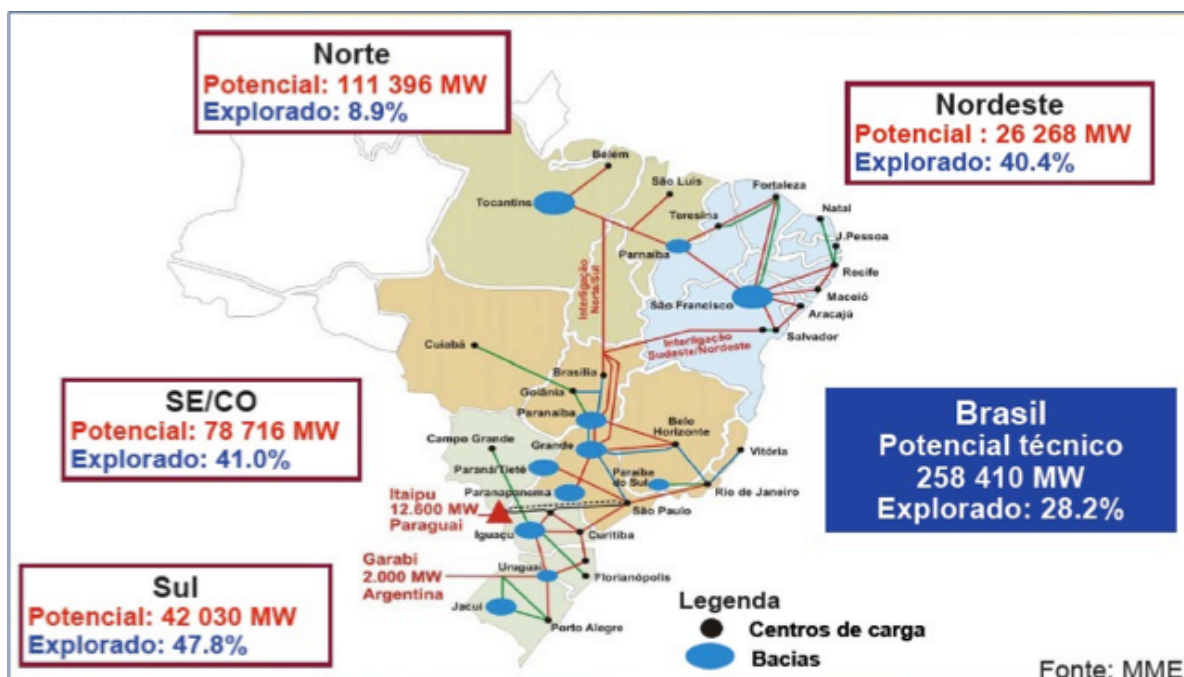


Figura 16 - Potencial hidráulico ainda a ser explorado, no Brasil.

Fonte: MME (2011).

O gráfico da Figura 17 projeta um decréscimo de, aproximadamente, 4,5% no preço ofertado, em leilões nacionais, de energia hidrelétrica. Tal redução deve-se aos investimentos futuros nesta fonte, que podem duplicar na próxima década, e à redução tributária no setor (que deve afetar o cenário como um todo).

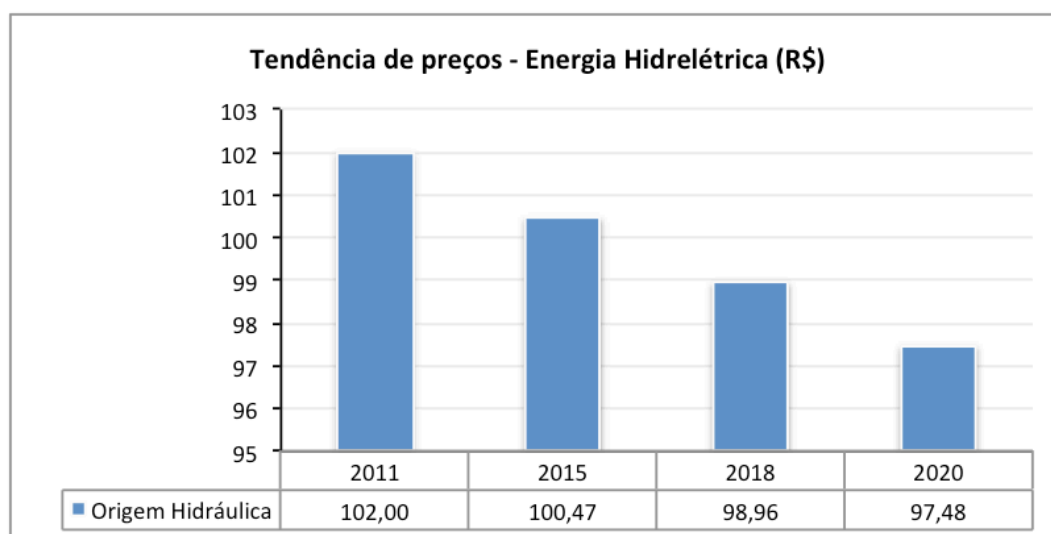


Figura 17 - Tendência do preço nacional de energia hidrelétrica.

Vários desafios se colocam para a expansão da hidroeletricidade no Brasil. Quando se tem em conta que dois terços do território nacional estão cobertos por dois biomas de alto interesse do ponto de vista ambiental, a Amazônia e o Cerrado, e que 70% do potencial hidroelétrico brasileiro a ser aproveitado se localizam neste biomas, pode-se avaliar que tais desafios não são tão pequenos nem triviais. O desenvolvimento de qualquer potencial hidráulico deve cuidar para que os impactos ambientais provocados sejam mitigados ou compensados.

Pode-se afirmar que usinas hidrelétricas são mais que uma fábrica de eletricidade. Constituem, na verdade, vetores do desenvolvimento regional e de preservação ambiental.

• A Energia eólica

Sem dúvida, um dos maiores crescimentos no setor está na geração eólica. Há apenas 7 anos, operavam apenas 10 centrais e menos de 30MW. Atualmente temos uma matriz eólica com mais de 830MW operantes. Em 2012, 1.806 MW entraram em operação. Em 2013, este volume será de 2.050 MW. Em três anos, a potencia eólica instalada e funcional terá subido 530%.

De modo a gerar atratividade e competitividade neste segmento, desenvolvimento de mão de obra é necessário, a fim de ampliar o quadro de fornecedores. A perspectiva é de redução do custo de produção da energia eólica. Assegurar a competição é o estímulo correto para acelerar a expansão de energia eólica no país, conforme a tendência de preços mostrada na Figura 18.

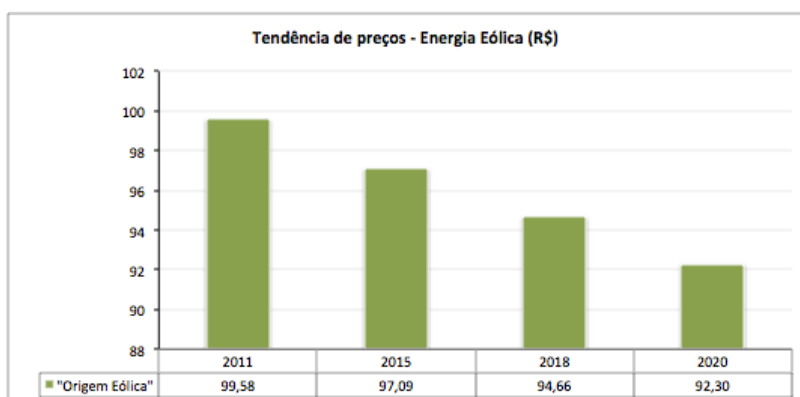


Figura 18 – Tendência do preço nacional de energia eólica.

Programas de incentivo, como o PROINFA, não devem continuar por muito tempo ajudando o crescimento da energia eólica no país, tendo em vista a consolidação da mesma como elemento básica da matriz energética, e a vertiginosa queda em seu custo de operação, levando a um baixo preço de venda. Pode-se antever uma mudança significativa na ordem de mérito de despacho energético nacional nos próximos anos, onde a energia eólica assume uma participação tão grande ou maior do que as fontes termelétricas (fornecendo mais versatilidade ao Sistema Interligado Nacional).

A Figura 19 projeta uma representatividade de 4,5% da geração eólica brasileira até 2020.

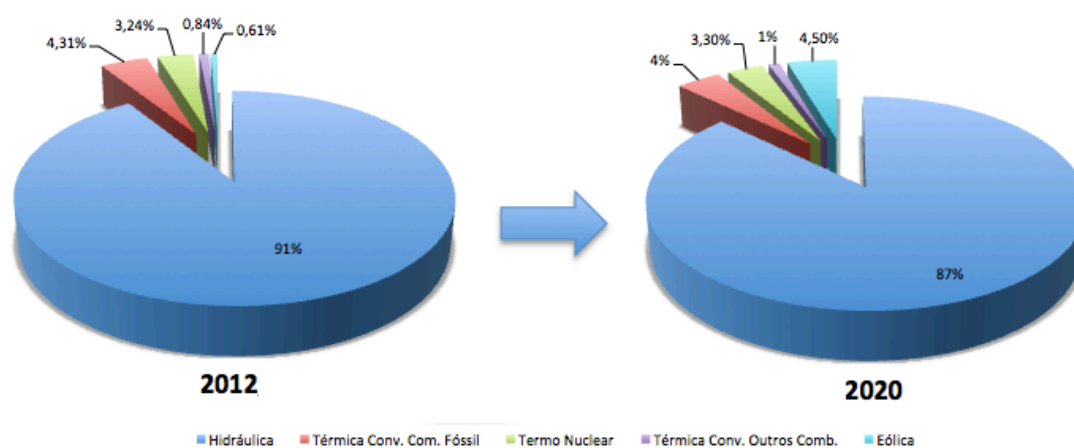


Figura 19 – Evolução prevista da matriz de despacho energética brasileiro.

Considerando também os valores de preço apresentados na figura, a energia eólica pode vir a assumir parte importante no setor energético nacional.

- **A Energia solar**

Dentre as novas fontes que estão surgindo no mercado, a energia solar merece destaque especial. No começo deste ano, a ANEEL aprovou 18 propostas, que totalizam cerca de R\$ 400 milhões e têm como objetivo buscar e desenvolver

tecnologias capazes de reduzir o preço da energia fotovoltaica a até 30% do encontrado atualmente no mercado.

Atualmente, o custo unitário da energia de origem solar é aproximado em R\$ 300,00/MWh, claramente superior ao custo de operação de qualquer outra fonte. Os esforços do governo concentram-se em reduzir o custo da energia solar à mesma razão do custo energia eólica que, nos últimos oito anos, diminuiu 66%.

O Brasil, por outro lado, não sofre a mesma pressão que a Europa, por exemplo, no que concerne a inclusão de fontes alternativas em sua matriz energética. Países como a Alemanha, por exemplo, dependem de insumos importados, o que aumenta significativamente o custo da energia.

Em suma, a pequena fatia que a energia solar ocupa, hoje em dia, na matriz energética brasileira, pode aumentar nos próximos anos. Dois fatores pesam nesta previsão: a quantidade de investimentos no desenvolvimento de células fotovoltaicas mais eficientes (tornando-as assim mais atrativas ao mercado) e os incentivos do governo para a disseminação desta ideia.

5.4. Projeção de consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica no Brasil, segundo estudos da EPE, Empresa de Pesquisa Energética, pode chegar a mais de 514.000 GWh, conforme ilustra a Tabela 8.

O segmento comercial deve ser o que apresenta maior aumento até 2015, na ordem de 6,5%, seguido pelo residencial, 5,2%. Nos submercados, a região norte deve apresentar um crescimento notável, de 9,9%, consequência da urbanização e construção de novos pólos industriais. Em segundo lugar, o nordeste apresentaria um crescimento de 4,9%, região esta que apresenta o maior nacional, atualmente.

Tabela 8 – Evolução prevista no consumo energético brasileiro.

Ano	1ª Revisão 2011 [A]	Δ%	2ª Revisão 2011 [B]	Δ%	Diferença [B] - [A]
2012	455.214	5,5	443.914	4,9	-11.299
2013	483.735	6,3	468.615	5,6	-15.120
2014	505.316	4,5	493.467	5,3	-11.849
2015	527.059	4,3	514.886	4,3	-12.173

Fonte: EPE (2011).

Quanto à participação no consumo na rede do SIN, o subsistema norte novamente sobressai, passando de 7,0% em 2010, para 8,5% em 2015, como pode-se observar na Figura 20.

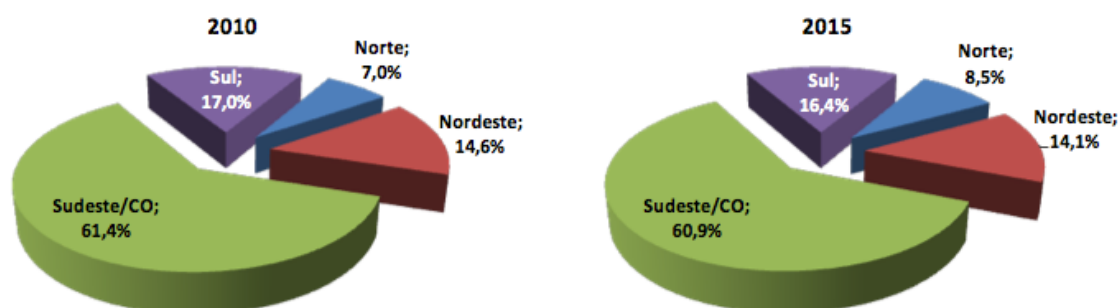


Figura 20 – Representatividade do submercados brasileiros no consumo nacional, 2010-2015.

Fonte: EPE (2011).

5.5. Tendências do preço para o consumidor final

Do ponto de vista do consumidor, o custo de energia também deve diminuir nos próximos anos. O primeiro ponto a ser analisado é a redução dos tributos aplicados ao insumo energético, na atualidade. O Brasil ocupa a quarta posição no ranking de energia industrial mais cara do mundo. Em média, as indústrias brasileiras pagam R\$ 329 por megawatt-hora (MW/h), valor que representa quase 50% a mais que a média mundial. A média nacional de tributos e encargos na conta

de luz do brasileiro (considerando consumidores industriais, residenciais e comerciais) é de aproximadamente 45%. O restante é dividido em 26% que são destinados para as empresas geradoras de energia, 24% para a atividade de distribuição e 5% para a transmissão. Encargos como a Reserva Global de Reversão (RGR), já cumpriram seu papel e deviam já ter sido extintos, porém ainda contribuem negativamente no custo da energia.

O Brasil mudou o setor de regulação e a estrutura do setor elétrico, justamente para tornar a tarifa mais módica, buscando diferentes agentes para operar a geração, distribuição e comercialização. Os ambientes Regulado e Livre de contratação compõem esta mudança. Recentemente o governo demonstrou grande iniciativa ao planejar a redução e simplificação dos impostos no insumo energético, trazendo uma redução na tarifa de 3% a 10%.

Os contratos negociados em leilões devem apresentar sinalizações pouco flutuantes dos preços de energia oriunda de fontes não renováveis. O investimento em usinas termelétricas, que operam a carvão e derivados de petróleo, será significativo nos próximos anos. Apesar da provável ascensão das fontes renováveis no cenário de energia brasileiro, o Sistema Interligado Nacional ainda deve depender de fontes caras e poluentes de energia por um longo tempo.

O Mercado de energia brasileiro também deve se tornar cada vez mais dinâmico, com a energia assumindo cada vez mais a imagem de bem especulativo. O Mercado Livre de Energia trouxe esta ideia ao Brasil em 2003, se firmou ao longo dos anos, e promete uma forte adesão na próxima década, nas camadas industriais e comerciais. A liberdade de escolha no ato de adquirir a energia ainda deve demorar a chegar no consumidor residencial. A fim de que este cenário se consolide, uma atualização massiva no sistema de aferição de dados atual dos lares do Brasil precisaria ser coordenada.

5.6. Síntese de resultados

Com base no estudo realizado ao longo deste projeto de diplomação, os resultados principais são resumidos a seguir:

- Fontes renováveis de energia passarão a representar uma parcela

maior na matriz de geração brasileira. Inclusive, a *Energia Hidrelétrica* continuará com participação significativa;

- A *Energia Eólica* deve apresentar uma redução considerável em sua oferta de preço a longo prazo, e poderá assumir papel importante na ordem de despacho energético, alcançando a matriz termelétrica em capacidade de geração;
- A *Energia de Biomassa* deverá continuar recebendo incentivos do governo para sua expansão, e continuará a compor a matriz de energia de reserva nacional, com preços cada vez mais competitivos;
- A *Energia Solar*, embora, atualmente, apresente um alto custo de implementação, deverá ganhar popularidades nos próximos anos, apresentando-se como uma forma renovável e limpa de energia, fatores pelo quais a energia solar merece destaque;
- O submercado Norte deve aumentar sua matriz industrial significativamente nos próximos anos, conferindo mais destaque à região, no que concerne a matriz energética nacional; e
- O preço da energia elétrica para o consumidor final deve passar por curtos períodos de aumento. Porém, no longo prazo, uma redução significativa será notada, devido à diversificação da matriz energética e da redução dos tributos inseridos nas tarifas de energia.

Ademais, o trabalho realizado neste projeto de diplomação poderá auxiliar estudos futuros na área de comercialização de energia elétrica ou dar continuidade ao tema aqui investigado.

5.7. Considerações finais

A política energética brasileira norteia-se por objetivos que visam garantir o acesso de toda a população a serviços de qualidade a preços justos, mantendo rigorosos compromissos com a preservação do meio ambiente e o manejo sustentável dos recursos naturais. Esta política contribui simultaneamente para o

progresso econômico e social da população e para a manutenção de uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo.

A preocupação com a dependência externa dos combustíveis fósseis tem levado à maior diversificação das fontes de energia, com preferência por fontes renováveis e de baixo impacto ambiental. Nos tempos atuais, o Brasil é reconhecido internacionalmente por seu pioneirismo no desenvolvimento de alternativas energéticas eficientes e ambientalmente sustentáveis, entre as quais se destaca o etanol.

A continuidade do aproveitamento do potencial hidroelétrico nacional e a expansão de outras fontes renováveis de produção de eletricidade, como as centrais eólicas e a bioenergia. Tanto para a produção de energia elétrica quando para a oferta de combustíveis líquidos, são elementos presentes na estratégia brasileira de preservar limpa sua matriz. Além disso, a expansão da produção doméstica de petróleo e gás natural, com perspectivas concretas de exportação de volumes expressivos de óleo, permitirá que o país se consolide com importante participação no cenário energético mundial.

Ainda, como base no estudo aqui realizado, a tendência de preço e de mudança de ordem de mérito de despacho na matriz energética brasileira é um problema dinâmico que merece atenção de pesquisadores, do agente regulador e dos demais agentes setoriais para sua completa compreensão.

REFERÊNCIAS

ANEEL. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3ª ed. Brasília: Aneel, 2008.

BEN. *Balanço Energético Nacional. 2011 - Ano Base 2010*. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

CUSTO MARGINAL DE OPERAÇÃO. Porto Alegre: GV ENERGY, maio de 2011. Mensal. Relatório interno.

MATRIZ ENERGÉTICA. Porto Alegre: GV ENERGY, fevereiro de 2011. Mensal. Relatório interno.

PREÇO DE LIQUIDAÇÃO DE DIFERENÇAS. Porto Alegre: GV ENERGY, maio de 2011. Semanal. Relatório interno.

REGO, Erik E. **Aspectos Regulatórios e Financeiros nos Leilões de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Synergia, 2009. 208 p. ISBN 978-85-61325-08-4.

SOARES CORREIRA, Salatiel P. **Tarifas e a Demanda de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Synergia, 2010. 90 p. ISBN 978-85-61325-31-2.

TOLMASQUIM, Maurício T. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Synergia, 2011. 320 p. ISBN 978-85-61325-59-6.

VIEIRA, José P. Antivalor – **Um Estudo da Energia Elétrica: Construída como Antimercadoria e Reformada pelo Mercado nos anos 1990**. São Paulo: Paz e Terra, 2007. 312 p. ISBN 978-85-7753-008-3.