

# **ANÁLISE E PROJEÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**

**RODSON M. HERINGER**

**ANÁLISE E PROJEÇÃO DO  
MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA  
NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo  
Curso de Engenharia Elétrica ênfase em Eletrônica

ORIENTADOR: Daisy A. N. Rebelatto

São Carlos, 2010

# Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

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

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Heringer, Rodson Masikiv

H546a

Análise e projeção do mercado de energia elétrica no  
Brasil / Rodson Masikiv Heringer ; orientadora Daisy A.  
N. Rebelatto. -- São Carlos, 2010.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com  
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São  
Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a meus pais, Edson e Rose, e a meu irmão Thiago.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço o tempo e a paciência da professora Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto que tornou possível a realização deste trabalho no tempo proposto. Suas sugestões de melhoria foram de suma importância para maior clareza e objetividade do trabalho.

Aos amigos Lucas Hanusch, Renato Scott Filho e Rafael Cipriano pelo apoio e paciência e pelos *insights* que proporcionaram a este trabalho e a Wagner Ciarelli, cujas fontes de informação foram de grande proveito.

Agradeço também a todos os meus amigos da graduação, em especial Rodolfo P. Maciel, Amós F. da Costa, Débora Aumiller, Matheus Souza, Mateus Gomez, Felipe Gomes, Gabriel Ferrarezi, Rodrigo Morales, Bruno Bosquê, Alex Watanabe e Larissa Zeid e aos amigos de minha cidade natal, Renan Hilário e Tiago Takeo.

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	13
2. Histórico do Consumo de Energia Elétrica .....	16
2.1. Evolução do Consumo por Setor da Economia .....	16
2.2. Evolução do Consumo por Região .....	18
2.2.1. Região Sudeste .....	21
2.2.2. Região Centro-Oeste .....	22
2.2.3. Região Nordeste .....	22
2.2.4. Região Norte .....	23
2.2.5. Região Sul .....	24
3. Histórico da Oferta de Energia Elétrica .....	26
3.1. Evolução da Geração de Energia Elétrica por Fonte de Energia .....	29
4. Projeções .....	32
4.1. Demanda .....	32
4.1.1. Crescimento da Economia .....	32
4.1.2. Crescimento Demográfico .....	37
4.1.3. Análise Estatística .....	38
4.2. Oferta .....	44
4.2.1. Usina de Jirau .....	45
4.2.2. Usina de Santo Antônio .....	46
4.2.3. Usina de Belo Monte .....	46
4.2.4. Usina de São Luiz dos Tapajós .....	47
4.2.5. Usina de Jatobá .....	47
4.2.6. Usina de Teles Pires .....	48
4.2.7. Usina de Angra 3 .....	48
5. Considerações Finais .....	52
6. Referências .....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução do consumo de energia elétrica por setor da economia (fonte: ONS).....	16
Gráfico 2: Evolução da participação dos setores da economia no consumo de energia elétrica (fonte: ONS) .....	17
Gráfico 3: Participação da setores da economia no consumo de energia em 2009.....	18
Gráfico 4: Evolução do consumo de energia elétrica por região (fonte: ONS).....	19
Gráfico 5: Evolução da participação das regiões do Brasil no consumo de energia elétrica (fonte: ONS).....	19
Gráfico 6: Participação das regiões do Brasil no consumo de energia elétrica em 2009 (fonte: ONS).....	20
Gráfico 7: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Sudeste (fonte: ONS).....	21
Gráfico 8: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Centro Oeste (fonte: ONS)....	22
Gráfico 9: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Nordeste (fonte: ONS).....	23
Gráfico 10: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Norte (fonte: ONS). ....	24
Gráfico 11: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Sul (fonte: ONS).....	25
Gráfico 12: Capacidade de geração de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas (fonte: IPEA-Data).....	26
Gráfico 13: Geração de energia elétrica em MW médio.....	27
Gráfico 14: Evolução do volume dos principais reservatórios (fonte: ONS).....	28
Gráfico 15: Volume útil médio dos principais reservatórios para geração das hidrelétricas (fonte: ONS).....	28
Gráfico 16: Evolução da geração de energia elétrica por fonte geradora (fonte: ONS). .....	29
Gráfico 17: Evolução da participação das fontes de energia na geração de energia elétrica (fonte: ONS) .....	29
Gráfico 18: Participação das fontes de energia na geração de energia elétrica em 2009 (fonte: ONS).....	30
Gráfico 19: Evolução da geração e consumo de energia elétrica no Brasil.....	31
Gráfico 20: Evolução da elasticidade-renda em países desenvolvidos nas últimas duas décadas (fonte: EPE).....	33
Gráfico 21: Relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e do PIB na década de 2000 (fonte: IBGE/ONS).....	34
Gráfico 22: Evolução do consumo específico de energia elétrica (KWh/ton) (fonte: EPE).....	35
Gráfico 23: Evolução das importações e exportações ao longo da última década (Fonte: SECEX/MDIC).....	36
Gráfico 24: Evolução do PIB de 2005 a 2020 (fonte: IBGE/IEA). .....	37
Gráfico 25: Evolução do número de habitantes no Brasil e estimativa de crescimento até 2020 (fonte IBGE).....	38

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

Gráfico 26: Comparação entre consumo estimado e consumo real trimestrais no período de 2002 a 2009.....	42
Gráfico 27: Previsão da evolução do consumo de energia elétrica na década de 2010. ....	44
Gráfico 28:Previsão de expansão da matriz energética (projetos já aprovados e em construção).....	49
Gráfico 29: Previsão de expansão da matriz energética (considerando usinas em projeto). .....	50
Gráfico 30: Comparação entre previsão da capacidade instalada (usinas em construção e já aprovadas) e de necessidade de geração de energia para a década de 2010. ....	50
Gráfico 31: Comparação entre previsão da capacidade instalada (incluindo usinas em projeto) e de necessidade de geração de energia para a década de 2010. ....	51

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

BEN – Balanço Energético Nacional.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento.

CGE – Gestão da Crise de Energia.

DNAEE – Departamento Nacional de Água e Energia (atual ANEEL).

EGTD – Energia Garantida por Tempo Determinado.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

MWh – Mega-watt-hora.

MWméd – Mega-watt-médio.

ONS – Operador Nacional de Energia.

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento.

PIB – Produto Interno Bruto.

PND – Programa Nacional de Desenvolvimento.

SECEX – Secretaria de Comércio Exterior.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática.

## RESUMO

A matriz energética brasileira passou por uma transformação na década de 2000 causada, principalmente, pelo apagão de 2001. Desde então, o Governo tem dedicado-se com afinco a garantir o não desabastecimento de eletricidade.

Nesse contexto, verifica-se se os esforços do Governo durante essa década serão suficientes para garantir o suprimento da futura demanda por eletricidade.

Para tal, foram levantados pontos chaves – análise do histórico do consumo na década de 2000, estimativa do consumo para a década de 2010 e projeção da oferta para a década de 2010 – pelos quais avalia-se a possibilidade de desabastecimento da matriz energética no decorrer da década de 2010.

Como consequência, observa-se que, ao final dessa década, a matriz energética do Brasil estará mais sujeito a fatores naturais do que durante a década de 2000.

Palavras Chave: Cenário energético, mercado de energia, consumo de energia, geração de energia, fator de capacidade.

## **ABSTRACT**

The Brazilian energy matrix has undergone a transformation in the decade 2000, primarily caused by the blackout of 2001. Since then, the Government have devoted themselves diligently to ensure no shortage of electricity.

In this context, will be verified if the Government's efforts during this decade will be sufficient – or not - to guarantee the supply of future demand for electricity.

To this end, key points were raised - analysis of history consumption in the 2000s, estimates of consumption for the decade 2010 to projection of supply for the decade 2010 - by which the possibility of shortage of the energy during the decade 2010 is evaluated.

As a result, it is observed that at the end of this decade, the Brazilian energy matrix will be more susceptible to natural factors than in the 2000s.

Key words: electricity demand, electricity supply, energy market electricity.

## 1. Introdução

A década de 2000 foi marcada por turbulências no setor energético brasileiro.

Em 2001, o Brasil foi surpreendido por um desabastecimento de energia elétrica que provocou o maior racionamento de eletricidade de sua história. Dentre as causas desse acontecimento, a forte estiagem ocorrida no ano anterior pode ser considerada uma das mais importantes. Nesse período, o nível médio dos reservatórios brasileiros (responsáveis pelo funcionamento das usinas hidrelétricas) caiu abaixo dos 40%, chegando em algumas regiões a menos do que 20%.

As principais consequências desse fenômeno foram, de imediato, o estabelecimento de cotas de consumo de eletricidade, cujo não cumprimento resultava em sobretaxa, multa e corte no suprimento e, a médio e longo prazo, a mudança no padrão de consumo de eletricidade dos brasileiros, que passaram a consumi-la eletricidade mais moderadamente.

Como fruto do racionamento de 2001, o Brasil passou a preocupar-se mais com a possibilidade de desabastecimentos, o que proporcionou maiores investimentos na matriz energética.

No início de 2010, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aprovou o maior financiamento de sua história para a usina de Jirau, como mostrado no trecho do artigo em destaque.

*O BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) aprovou nesta quarta-feira o maior financiamento dado a um único projeto em sua história. O banco deu sinal verde para um crédito de R\$ 7,2 bilhões para a usina hidrelétrica Jirau, que será erguida no rio Madeira (RO).*

(Folha Online – 18.02.2010)

Também em 2010, após grande polêmica envolvendo a aprovação do projeto da usina de Belo Monte, o Governo deixou claro que não mediria esforços para garantir o fornecimento de energia, como mostra o trecho do artigo publicado pela Gazeta do Povo.

*O presidente Luiz Inácio Lula da Silva defendeu a importância da construção da usina de Belo Monte, no Rio Xingu (PA) (...)*

*(...) Para Lula, o apagão de 2001 foi "incompetência, e nós não vamos ter atos de incompetência".*

*(Gazeta do Povo – 26.04.2010)*

Ainda nesse ano, o ministro da Fazenda, Guido Mantega, afirmou que o crescimento da economia superou suas expectativas e que a economia brasileira estava no auge da retomada do crescimento (em menção à crise financeira de 2009), como mostra trecho do artigo publicado no site do ministério da Fazenda.

*(...)“O resultado foi mais do que eu esperava e mostra que a economia brasileira teve uma das melhores recuperações do mundo. Eu diria que o primeiro trimestre foi o auge da retomada do crescimento”(...).*

*(Ministério da Fazenda – 08/06/2010)*

Esses últimos acontecimentos - recorde histórico de financiamento para a usina de Jirau, urgência na aprovação do projeto da usina de Belo Monte e crescimento econômico acima das expectativas, no contexto da afirmação do Governo de que não mediria esforços para garantir o suprimento de energia elétrica - levantam dúvidas sobre a capacidade da matriz energética brasileira de suprir a demanda futura por eletricidade.

Nesse contexto, por meio da análise de três pontos chave – histórico do consumo de eletricidade nos últimos 15 anos, estimativa do consumo de eletricidade para a década de 2010 e projeção da oferta de energia elétrica baseada nos planos atuais de expansão da matriz energética – pretende-se verificar a possibilidade de ocorrência de novos desabastecimentos energéticos na década de 2010.

O histórico do consumo faz-se importante para verificar a existência de padrões bem definidos e, dessa forma, a possibilidade - ou não - de explicar tendências por meio do passado. A análise do histórico baseia-se na evolução do consumo de eletricidade por setor da economia, na evolução por região e na evolução da geração de energia elétrica por fonte.

A estimativa do consumo é realizada por meio de uma regressão de suas variáveis explicativas, fornecidas pelo estudo de seu histórico. Para traçar essa estimativa, verifica-se primeiro a correlação entre tais variáveis e sua similaridade.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

Finalmente, por meio dos planos de expansão da matriz energética brasileira fornecido pelo Governo, avalia-se a oferta de eletricidade ao longo da década de 2010 e traça-se dois cenários: um conservador, considerando apenas as usinas já aprovadas para construção, e outro otimista, que leva em consideração também as usinas ainda em planejamento.

## 2. Histórico do Consumo de Energia Elétrica

Esta seção abrange a evolução do consumo de energia elétrica no Brasil nos últimos 15 anos. Nela são observados os dados de consumo por setor da economia e regiões do Brasil a fim de verificar padrões e identificar fatores que o possam ter modificado como, por exemplo, movimentações na concentração industrial e populacional.

Os dados estão apresentados em dois tópicos: a evolução do consumo por setor da economia – que apresenta a evolução da participação de cada setor no consumo total e o cenário mais recente observado – e a evolução por região do Brasil.

As principais fontes de informação foram bancos de dados dos institutos governamentais: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

### 2.1. Evolução do Consumo por Setor da Economia

O Gráfico 1 apresenta a evolução do consumo de eletricidade por setor da economia no período de 1995 a 2009.

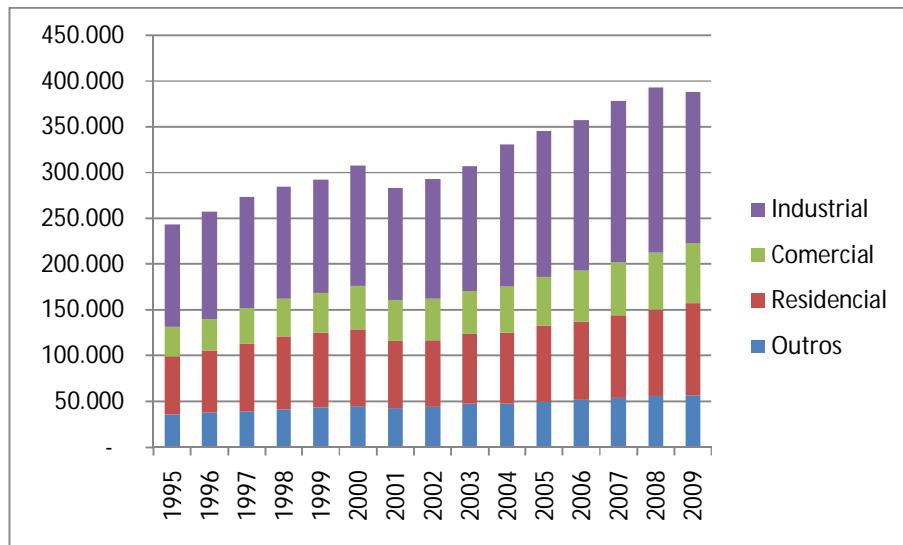


Gráfico 1: Evolução do consumo de energia elétrica por setor da economia (fonte: ONS).

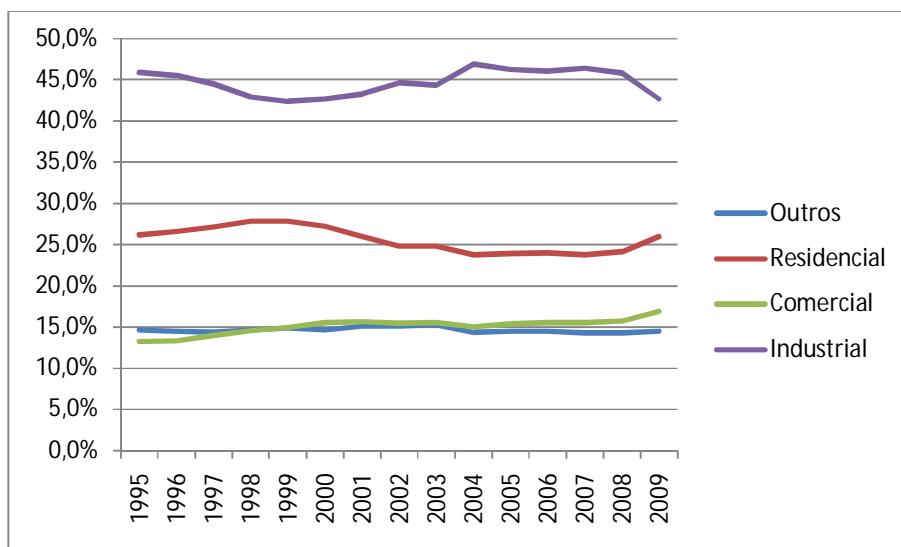
Observa-se que, a exceção dos anos de 2001, no qual ocorreu a crise energética e de 2009, ano da recessão da economia, o consumo de energia tem

evoluído de forma linear uma vez que crescimentos populacional e industrial (fatores que mais contribuem para o consumo) apresentaram crescimento regular.

Os níveis de consumo de energia elétrica passaram de cerca de 250.000 MWh em 1995 para aproximadamente 390.000 MWh em 2009, um aumento de 56% na demanda.

O setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica, com um histórico de cerca de 45% da demanda total, seguido pelo setor residencial com 25% e o comercial com 15%, conforme mostra o Gráfico 2. Os demais setores abordados englobam o setor público – iluminação, transportes, prédios públicos – e as operadoras de energia.

O Gráfico 2 apresenta a evolução da participação de cada setor da economia no consumo de eletricidade.

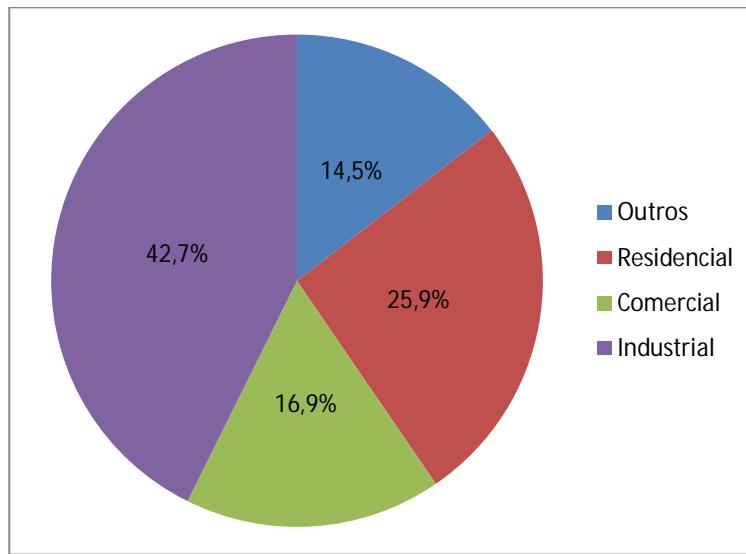


**Gráfico 2: Evolução da participação dos setores da economia no consumo de energia elétrica (fonte: ONS).**

Observa-se uma diminuição na participação do setor residencial em meados de 2000 e 2001, consequência do racionamento energético e uma retomada de seu crescimento – em detrimento do setor industrial – em 2009, ano da recessão econômica.

Atualmente, observa-se que o setor industrial responde pela maior parte do consumo de energia no Brasil, absorvendo quase a metade de tudo o que é gerado. Esse dado ajuda a entender porque o crescimento econômico está tão intimamente relacionado com o consumo de energia.

O Gráfico 3 apresenta a distribuição do consumo de energia elétrica por setor da economia elétrica no ano de 2009.



**Gráfico 3: Participação da setores da economia no consumo de energia em 2009.**

Vê-se do Gráfico 3 que o consumo do setor industrial foi equivalente ao dos setores residencial e comercial, estes, por sua vez, os segundo e terceiro maiores consumidores.

## 2.2. Evolução do Consumo por Região

A seguir, será analisado o histórico dos últimos 15 anos do consumo de energia por região do Brasil, a evolução de suas participações no cenário nacional e suas representatividades atuais.

O Gráfico 4 mostra o consumo total de energia elétrica no Brasil dividido por regiões.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

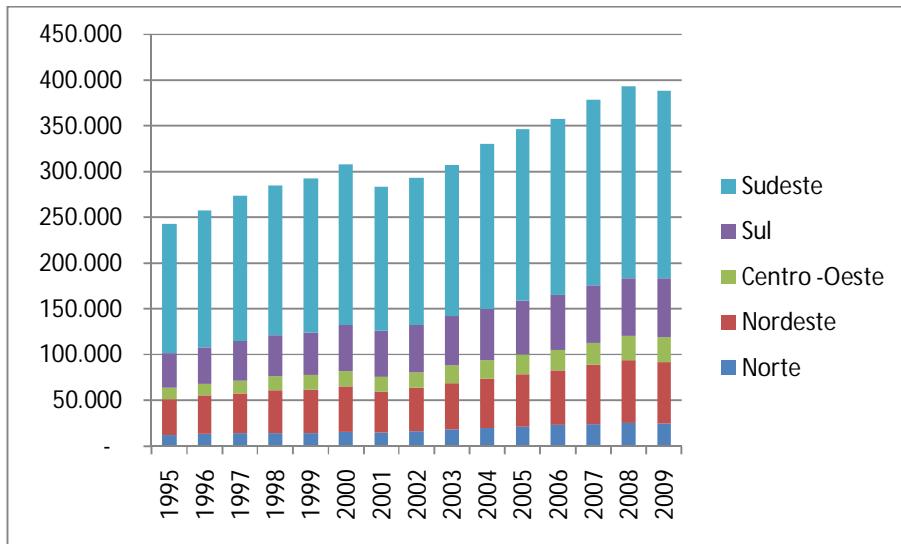


Gráfico 4: Evolução do consumo de energia elétrica por região (fonte: ONS).

Observa-se, de imediato, que a região sudeste é o maior consumidor no cenário nacional, contribuindo com cerca de 55% do consumo total. As regiões sul e nordeste estão em segunda posição, contribuindo com cerca de 34% do consumo total. As regiões norte e centro-oeste são as que menos consomem, representando cerca de 16% do consumo total.

O Gráfico 5 mostra a evolução da participação das regiões do Brasil no consumo total ao longo de 15 anos.

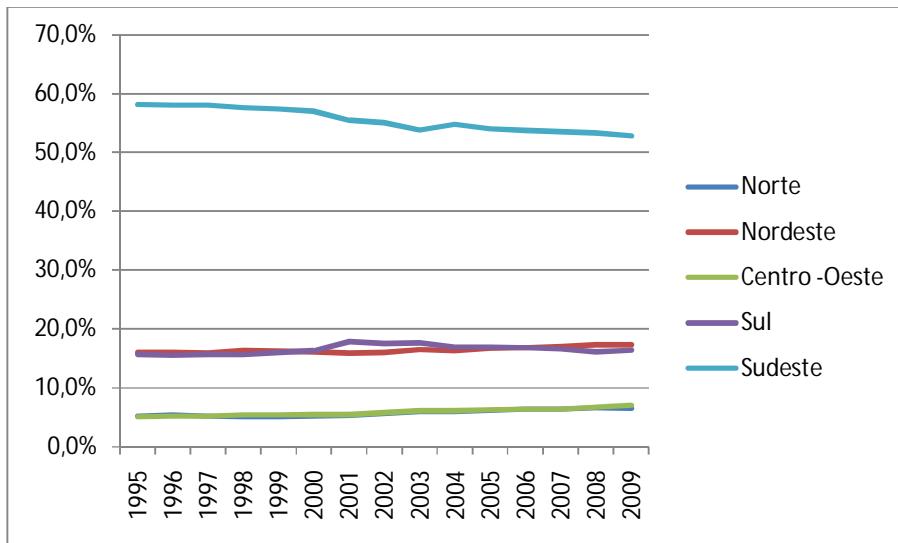


Gráfico 5: Evolução da participação das regiões do Brasil no consumo de energia elétrica (fonte: ONS).

Observa-se claramente uma diminuição na participação da região sudeste nesse período ao mesmo tempo em que ocorre uma ascensão no consumo das

demais regiões. Tais dados insinuam uma descentralização das indústrias, uma vez que a população nestas regiões vêm crescendo a uma taxa constante.

Segundo os dados apresentados nas seções específicas de cada região, a produção industrial das regiões sul, nordeste, centro-oeste e norte cresceram respectivamente 26%, 43%, 85% e 49% a mais do que a da região sudeste neste mesmo período de tempo, o que verifica a variação observada no consumo de energia.

O Gráfico 6 apresenta o consumo de energia elétrica por região no ano de 2009.

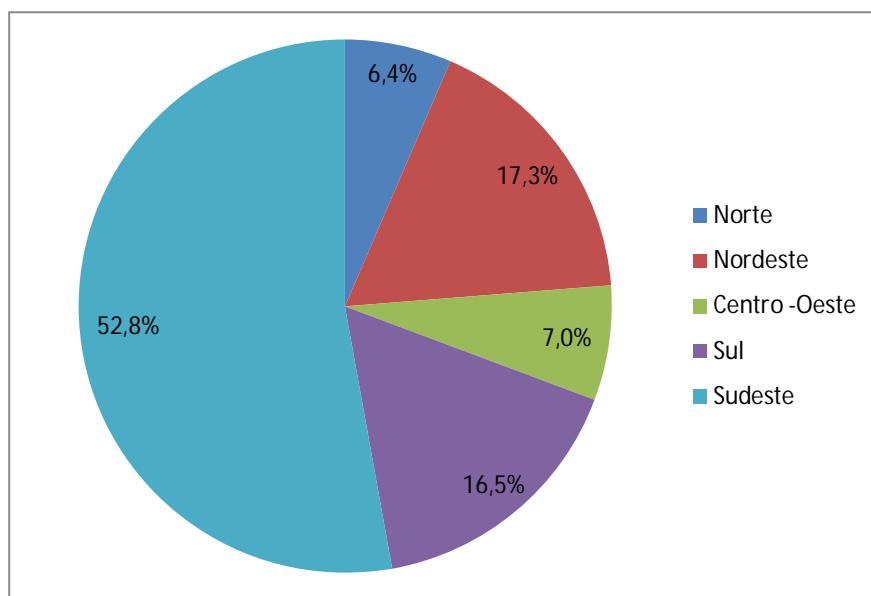


Gráfico 6: Participação das regiões do Brasil no consumo de energia elétrica em 2009 (fonte: ONS).

Observa-se que a região sudeste é responsável por mais de metade do consumo nacional de energia elétrica, fato que pode ser explicado pela alta concentração populacional e, principalmente, industrial.

A região nordeste, apesar de duas vezes mais populosa que a região sul, apresenta praticamente a mesma participação no consumo de energia elétrica, uma vez que conta com menor concentração industrial.

### 2.2.1. Região Sudeste

Para essas análises, considerou-se a produção industrial em reais e o consumo de energia elétrica em MWh.

O Gráfico 7 mostra a comparação entre a evolução da produção industrial, do crescimento populacional e do consumo de energia elétrica na região sudeste no período de 1997 a 2007.

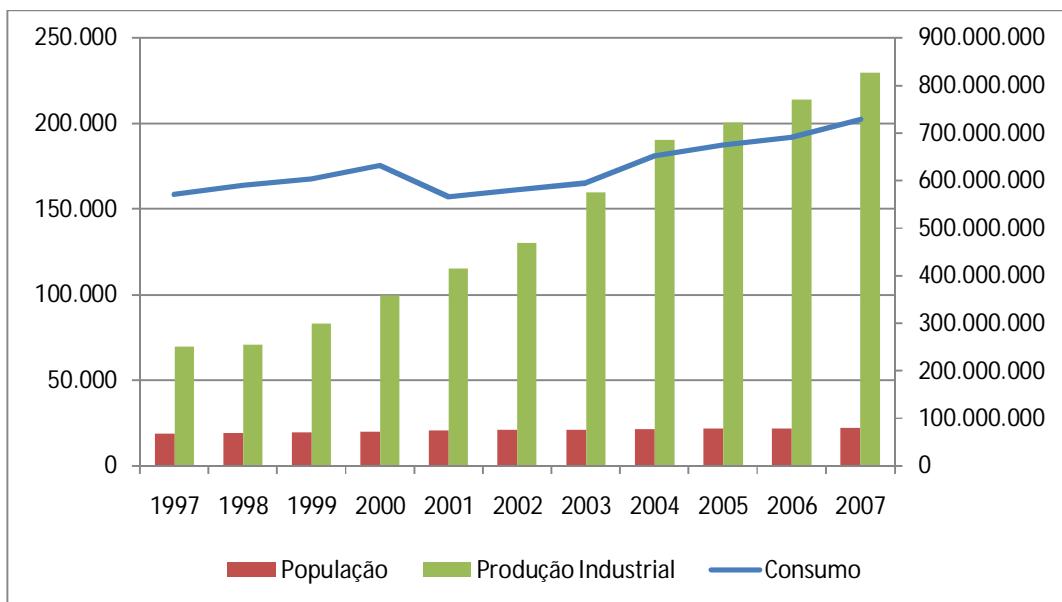


Gráfico 7: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Sudeste (fonte: ONS).

Nota-se que a população cresceu a uma taxa constante ao longo do período observado enquanto que a produção industrial passou por período de estagnação entre 1997 e 1998 e por um período de crescimento acelerado entre 2000 e 2007. O consumo de energia elétrica, à exceção do período de 2000 a 2001, em que houve o racionamento de energia, cresceu a uma taxa constante, acompanhando a evolução da indústria.

### 2.2.2. Região Centro-Oeste

No Gráfico 8 pode-se observar a evolução do consumo de energia elétrica de 1997 a 2007, bem como o crescimento populacional e industrial.

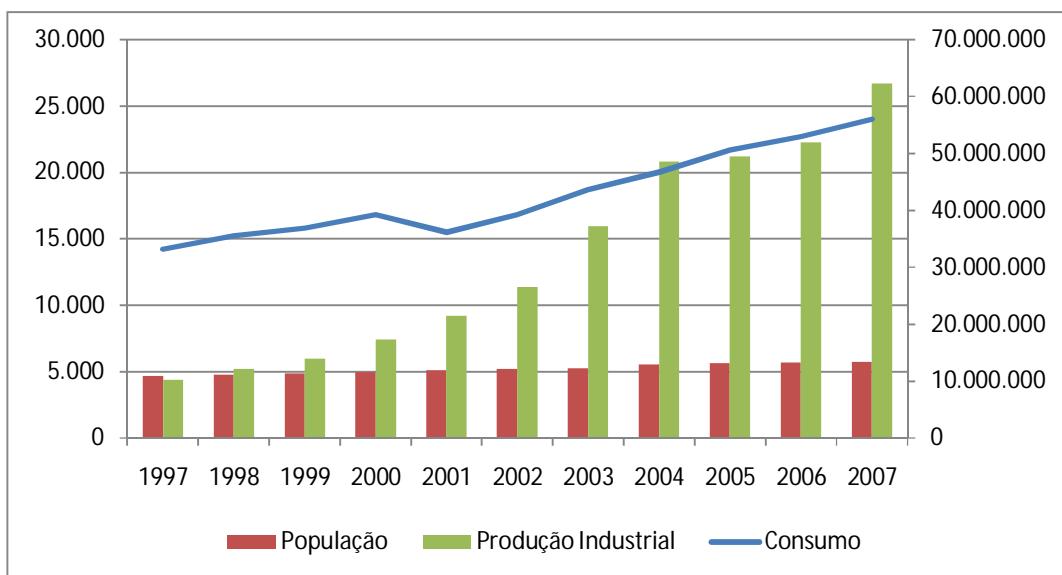
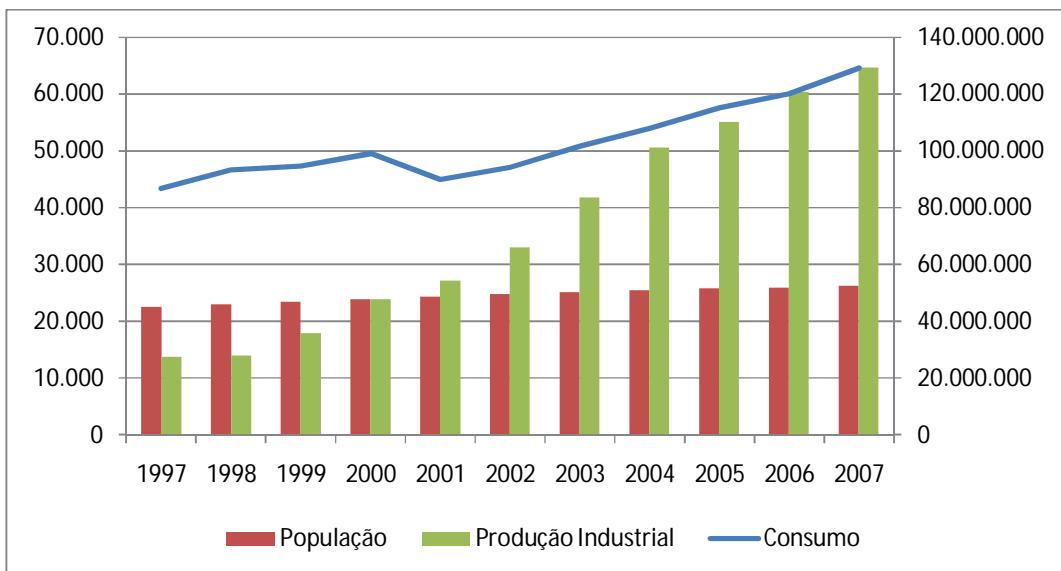


Gráfico 8: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Centro Oeste (fonte: ONS).

Observa-se um rápido crescimento da produção industrial no período de 2000 a 2004 que contrasta com a fraca expansão vista nos períodos de 1997 a 1999 e de 2004 a 2006. Nesse mesmo período a população cresceu lentamente e o consumo de energia cresceu de forma acelerada, especialmente no período de 2001 a 2007, resultado da forte expansão industrial desse período.

### 2.2.3. Região Nordeste

O Gráfico 9 verifica, como os demais gráficos apresentados, o crescimento do consumo de eletricidade através dos anos e o compara com a evolução da população e do crescimento industrial.



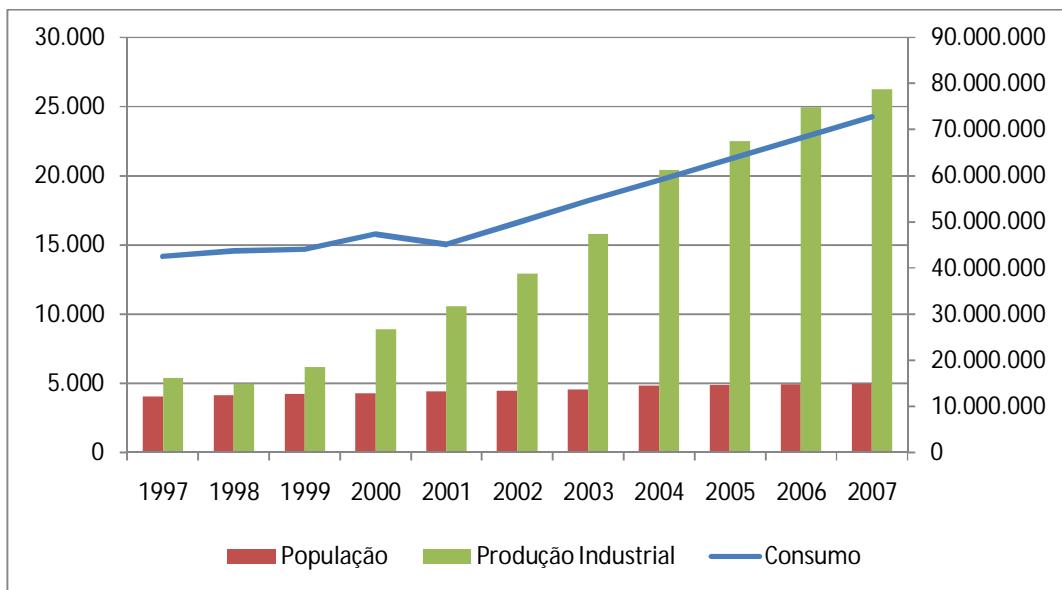
**Gráfico 9: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Nordeste (fonte: ONS).**

O comportamento do consumo de energia elétrica e da produção industrial na região nordeste assemelha-se com o da região centro-oeste. Observa-se expansão acelerada da indústria a partir de 2000, evolução lenta do número de habitantes e crescimento constante do consumo de energia elétrica nos períodos pré e pós crise energética.

#### 2.2.4. Região Norte

O Gráfico 10 mostra a comparação entre a evolução da produção industrial, do crescimento populacional e do consumo de energia elétrica na região norte no período de 1997 a 2007.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil



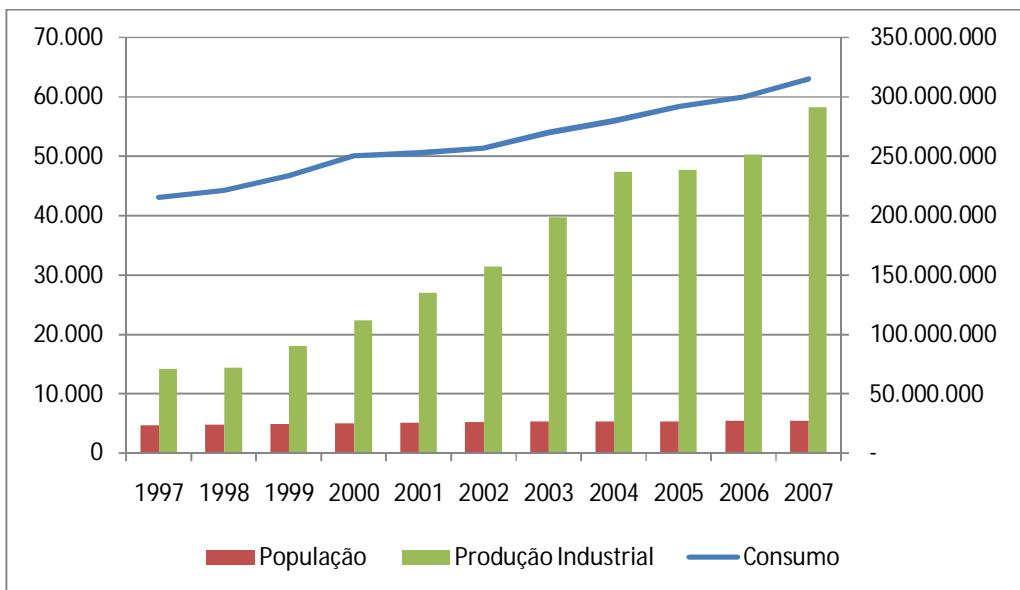
**Gráfico 10: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Norte (fonte: ONS).**

A forte expansão da indústria a partir do início da década de 2000 estimula o crescimento acelerado do consumo de energia elétrica no período de 2000 a 2007 enquanto o crescimento populacional evolui lentamente.

### 2.2.5. Região Sul

O Gráfico 11 compara o crescimento da produção industrial e o crescimento populacional ao crescimento do consumo de energia elétrica na região sul no período de 1997 a 2007.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil



**Gráfico 11: Comparação entre a evolução do consumo de energia elétrica [MWh], do crescimento da população e da produção industrial no Sul (fonte: ONS).**

A região sul apresenta comportamento atípico quando comparada com as demais regiões do Brasil no período de 1997 a 2007. Observa-se que o crescimento do consumo de energia elétrica não sofreu grande alteração durante a crise energética, mantendo a suavidade da curva de crescimento.

Nota-se crescimento acelerado da indústria no período de 2000 a 2004 e evolução lenta no crescimento populacional durante todo o período observado.

### 3. Histórico da Oferta de Energia Elétrica

A oferta de energia elétrica no cenário atual depende principalmente da capacidade de geração instalada - representada pelas usinas geradoras -, e do nível dos reservatórios das hidrelétricas, uma vez que a maior parte da energia útil é fornecida por essa modalidade de geração.

A capacidade instalada representa o potencial total de geração de energia elétrica no país, limitado apenas pelo volume dos reservatórios, cuja geração hidrelétrica depende.

O Gráfico 12 apresenta a evolução da capacidade instalada para geração de eletricidade por hidrelétricas de 1995 a 2007.

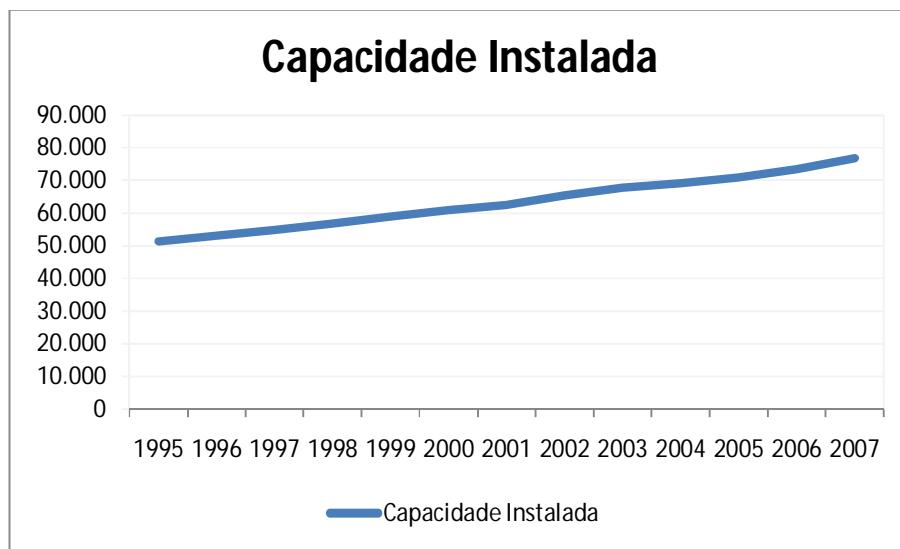


Gráfico 12: Capacidade de geração de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas (fonte: IPEA-Data).

A capacidade instalada das demais fontes geradoras de energia elétrica representam 15% da matriz elétrica atualmente. Essas fontes apesar de mais caras e poluentes que a hidráulica são estratégicas, uma vez que não dependem do nível dos reservatórios e podem, portanto, auxiliar na geração em períodos de estiagem como em 2001 quando as hidrelétricas não foram capazes de suprir a demanda total.

A relação entre a produção efetiva de energia de uma geradora e sua capacidade máxima é conhecida como *fator de capacidade*. Historicamente, o Brasil apresenta um fator de capacidade perto de 58%, ou seja, o parque gerador brasileiro fornece em média 58% de sua capacidade total.

Quanto mais próximo da unidade o fator de capacidade estiver, mais vulnerável a matriz energética estará, uma vez que a unidade significa que o sistema elétrico opera no máximo, ou seja, não há margem de segurança para paradas emergenciais.

Para fins de comparação, levantou-se o histórico de geração de energia elétrica em mega-watt médio – Gráfico 13 -, que é a geração (em MWh) dividido pelo tempo de observação (em horas).

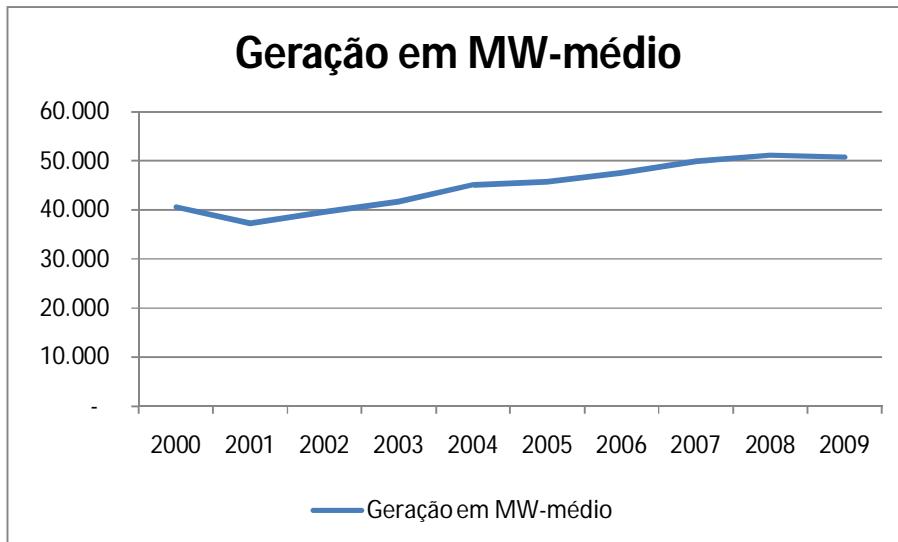


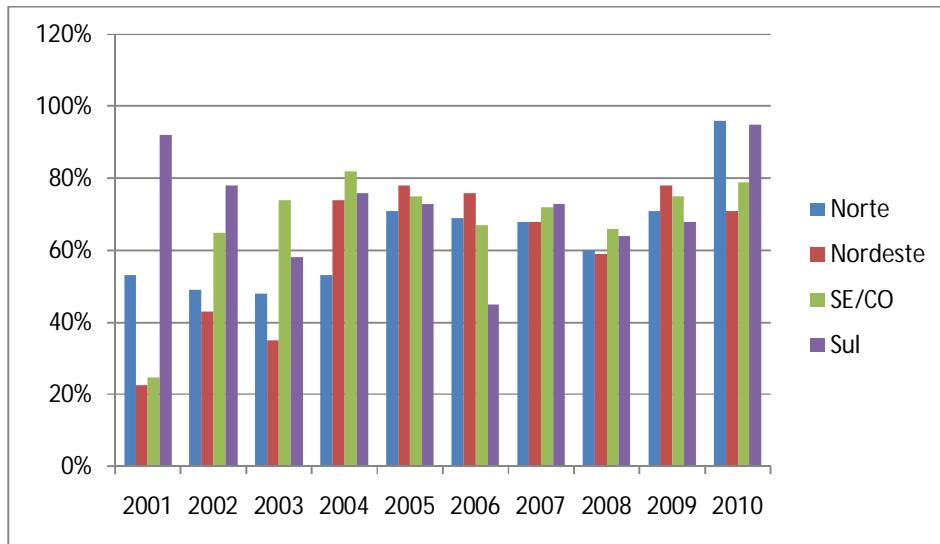
Gráfico 13: Geração de energia elétrica em MW médio.

A observação desse dado permite analisar a geração de energia média por ano e fazer uma comparação com a necessidade de aumento na capacidade geradora para os próximos anos.

O Gráfico 14 apresenta a variação do volume dos principais reservatórios de cada região. Foram levados em consideração os reservatórios de Furnas, Emborcação e Ilha Solteira, na região sudeste e centro-oeste, Três Marias e Sobradinho na região nordeste, Salto Santiago na região sul e Serra da Mesa e Tucuruí na região norte.

O volume dos reservatórios é responsável pelo abastecimento das usinas hidrelétricas, cuja capacidade instalada é calculada levando-o em consideração.

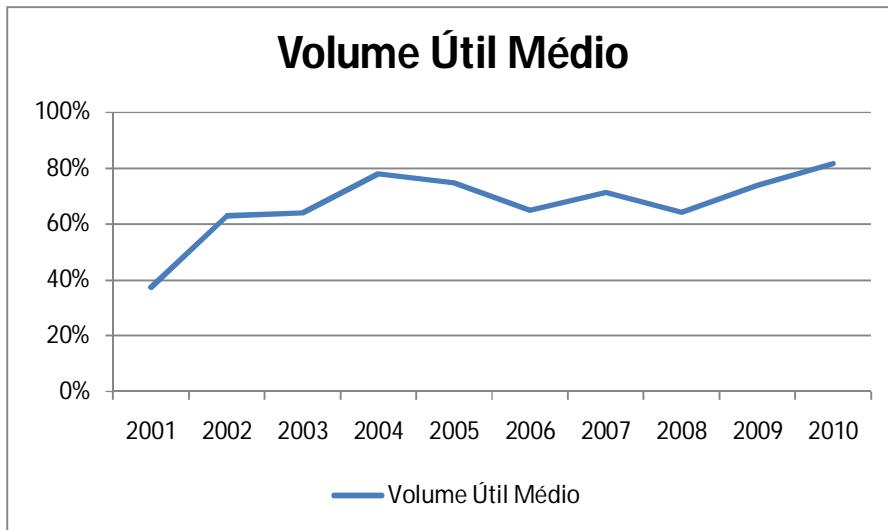
## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil



**Gráfico 14: Evolução do volume dos principais reservatórios (fonte: ONS).**

Observa-se que em 2001 – ano da crise energética –, os reservatórios do sudeste, centro-oeste e nordeste apresentavam um volume bem abaixo da média dos demais anos, sendo esta uma das principais causas do racionamento.

A média do volume útil foi calculada levando em consideração o peso de cada região na geração total de energia elétrica, apresentado no Gráfico 15.



**Gráfico 15: Volume útil médio dos principais reservatórios para geração das hidrelétricas (fonte: ONS).**

Verifica-se que em 2001 – ano da crise energética – o nível médio dos reservatórios estava bem abaixo da média de 70% observada ao longo da década de 2000, o que evidencia a dependência dos reservatórios na matriz energética brasileira.

### 3.1. Evolução da Geração de Energia Elétrica por Fonte de Energia

O Gráfico 16 mostra a evolução da energia elétrica gerada de 2000 a 2009 por fonte geradora.

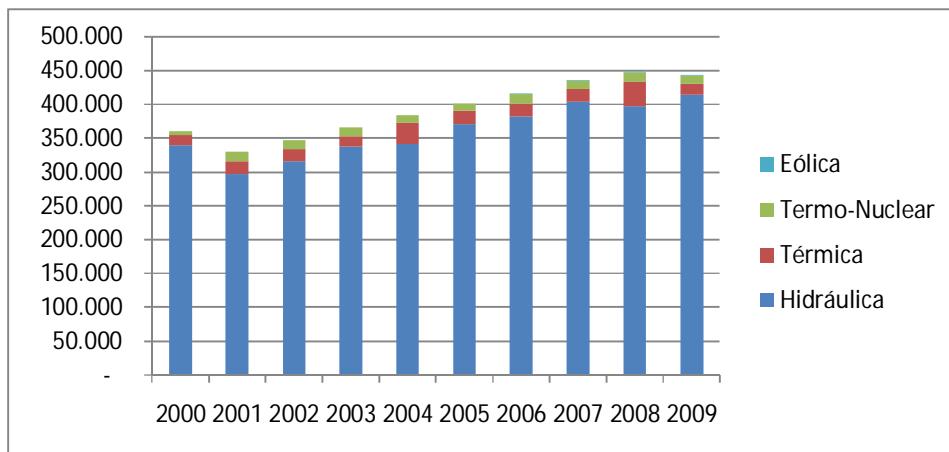


Gráfico 16: Evolução da geração de energia elétrica por fonte geradora (fonte: ONS).

Verifica-se que, após a brusca queda em 2001, a geração de energia elétrica apenas voltou ao patamar do início da década em meados de 2003, reflexo das políticas adotadas para contenção do consumo durante a crise.

A partir de 2003, a oferta de energia seguiu uma crescente até meados de 2009, quando a recessão global freou o consumo das indústrias.

O Gráfico 17 mostra a evolução da participação das fontes geradoras na matriz energética brasileira.

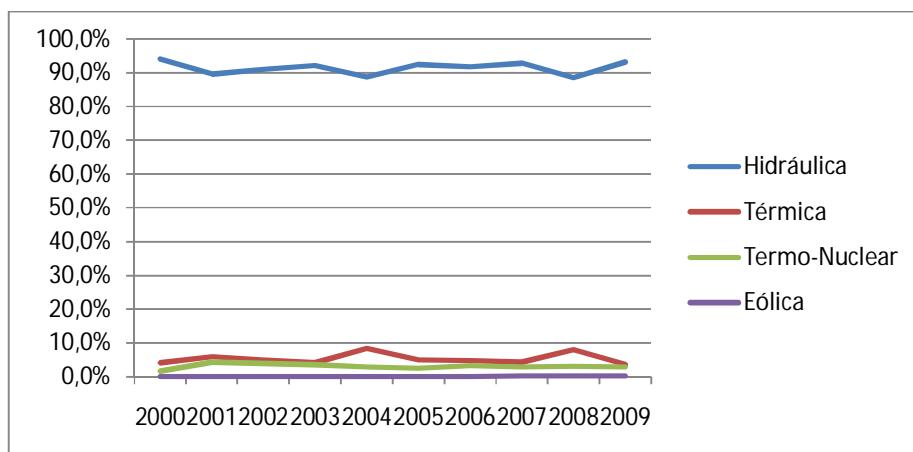


Gráfico 17: Evolução da participação das fontes de energia na geração de energia elétrica (fonte: ONS).

A geração hidráulica apresenta-se como a fonte predominante de energia elétrica, sendo responsável por cerca de 90% de toda a energia elétrica produzida.

A pequena participação das fontes de energia térmica e termo-nuclear, representadas por usinas termoelétricas e nucleares (como Angra I e II), pode ser explicada em parte por tratarem-se de fontes de energia mais caras e em parte por apresentarem maiores riscos ambientais que a gerada pelas hidrelétricas.

A energia eólica apesar de pouco poluente (considerada apenas poluidora sonora) passou a ter participação mais significativa em 2006, mas ainda não é largamente utilizada tanto por não possuir capacidade de geração comparável à hidráulica, quanto por seu alto custo, além de a eficiência de seus geradores depender de condições climáticas propícias. Atualmente, apenas 0,2% de toda a energia elétrica produzida no país é de origem eólica, contra 3,4% de origem térmica e 92,8% de origem hidráulica.

O Gráfico 18 apresenta a participação de cada fonte de energia no cenário atual.

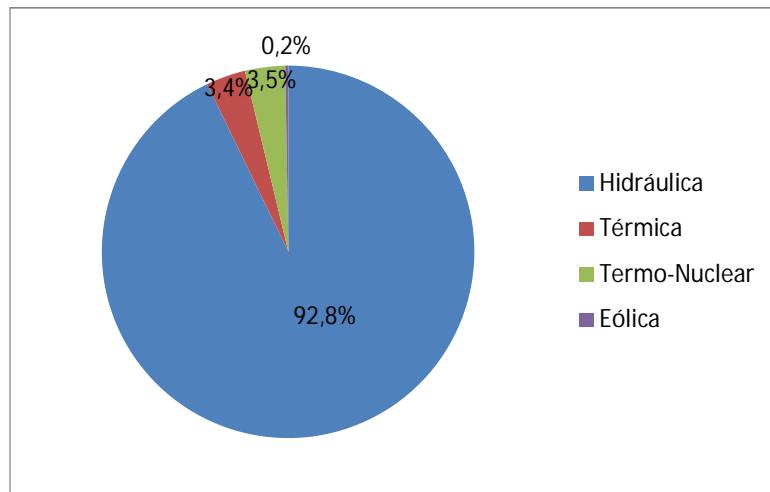


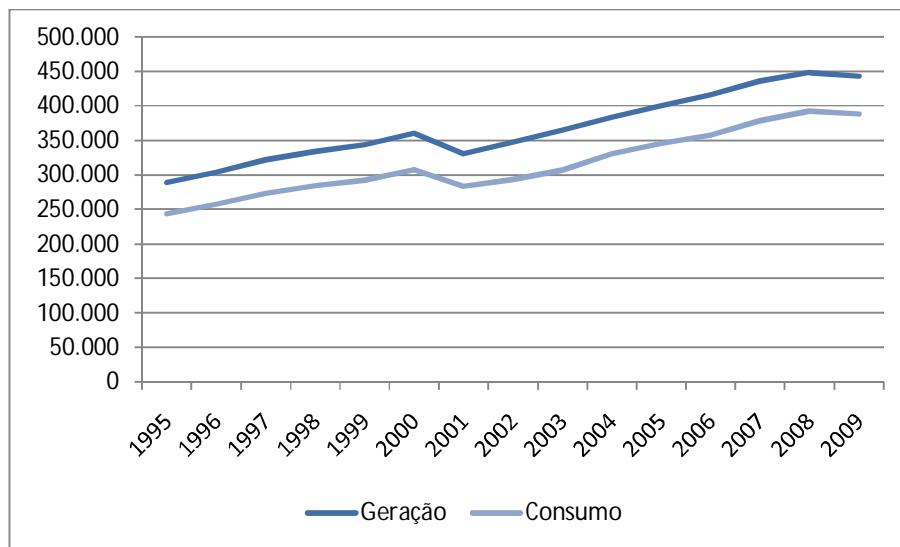
Gráfico 18: Participação das fontes de energia na geração de energia elétrica em 2009 (fonte: ONS).

Observa-se que não houve mudanças na estratégia energética, que prioriza a geração hidráulica em detrimento das demais. Apesar da dependência de fatores externos, a estratégia justifica-se pelo baixo custo e pelas características naturais favoráveis da geografia brasileira.

A geração eólica continua com sua tímida participação de 0,2% observada desde sua implementação em larga escala em 2006.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

O Gráfico 19 compara a evolução da geração e do consumo de energia elétrica no período de 1995 a 2009.



**Gráfico 19: Evolução da geração e consumo de energia elétrica no Brasil.**

A comparação entre geração de energia elétrica e do consumo ao longo do tempo deixa claro o nível de perdas entre geração na fonte e consumo final.

As perdas - historicamente da ordem de 16% - ocorrem principalmente na transmissão de energia da fonte até o consumidor final e devido a instalações ilegais, que captam energia da rede sem serem contabilizadas no balanço final.

## 4. Projeções

### 4.1. Demanda

A projeção da demanda de energia elétrica baseou-se em dados do IBGE, da ONS, do Banco Central e do EPE, através do Balanço Energético Nacional (BEN).

Foram tomadas como premissas para o crescimento da demanda os seguintes fatores: crescimento da economia e crescimento demográfico.

Economia, representada pela demanda industrial e demografia, representada pela demanda populacional, correspondem somadas a mais de dois terços do consumo de energia elétrica total, sendo os dois fatores com maior representatividade dentro da demanda por energia no Brasil.

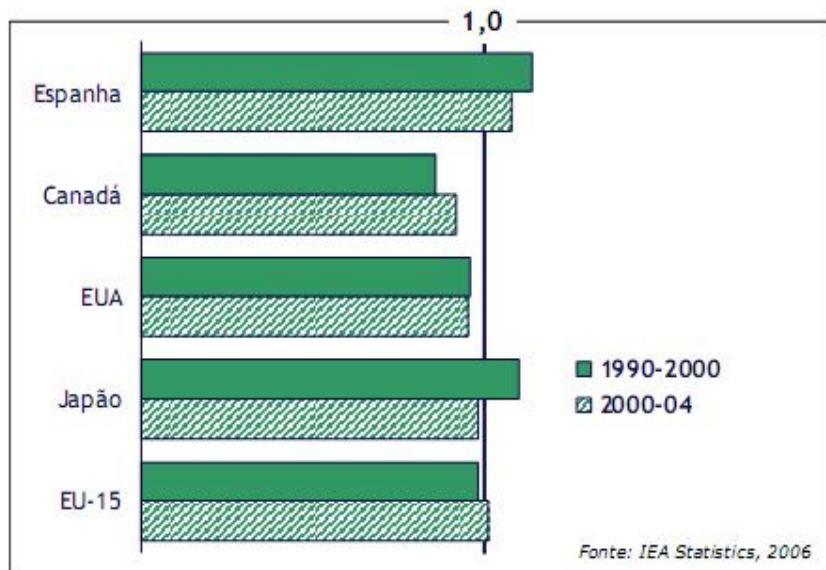
Pretende-se analisar o comportamento histórico dessas variáveis e sua influência no consumo de eletricidade de forma a melhor prever o consumo na próxima década.

#### 4.1.1. Crescimento da Economia

A relação entre crescimento do consumo de energia elétrica e o crescimento da economia costuma-se denominar *elasticidade-renda* da demanda por eletricidade (EPE, 2008).

Do ponto de vista conceitual, a elasticidade renda da demanda de energia elétrica mostra, grosso modo, qual o crescimento de energia elétrica necessário para suportar cada 1% a mais de PIB. Isto porque a oferta de energia elétrica é uma variável dependente, função do PIB, ou seja, é o crescimento do PIB que determina uma maior ou menor demanda de energia elétrica. Assim, quanto maior o crescimento do PIB, mais energia elétrica é consumida e, consequentemente, maior será a necessidade de capacidade instalada para atender a demanda (CARVALHO).

O Gráfico 20 mostra a elasticidade-renda de países desenvolvidos nas últimas duas décadas.



**Gráfico 20: Evolução da elasticidade-renda em países desenvolvidos nas últimas duas décadas (fonte: EPE).**

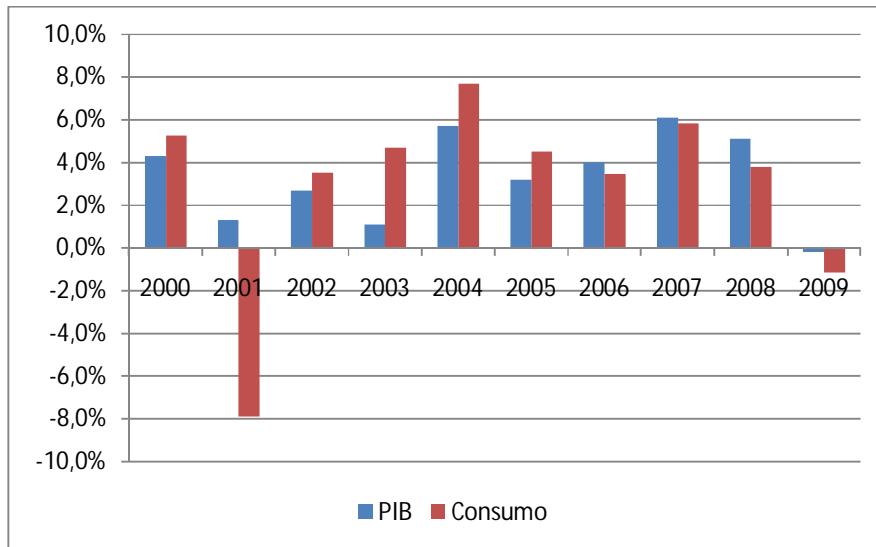
Observa-se que a elasticidade renda da demanda por eletricidade aproximou-se da unidade nos países analisados ao longo das últimas décadas. Isso ocorre principalmente devido ao uso mais eficiente de energia elétrica na indústria, ocasionado pela evolução dos métodos de produção.

Apesar de a elasticidade-renda no Brasil não ter se mostrado constante ao longo das últimas quatro décadas, é possível observar padrões de crescimento bem definidos ao longo de períodos mais curtos de tempo.

Na década de 70 e 80 o Brasil passou por fortes transformações na matriz energética, com elevados investimentos em geração e distribuição de energia elétrica, o que explica uma elasticidade-renda superior a 2, com pico de 3,75 nos anos 80.

Já no início da década de 2000, pode-se observar uma elasticidade-renda de 1,03 de 2000 a 2005 e de 1,11 de 2005 a 2009.

O Gráfico 21 compara o crescimento do consumo de energia e do PIB do Brasil ao longo da década de 2000.



**Gráfico 21: Relação entre o crescimento do consumo de energia elétrica e do PIB na década de 2000 (fonte: IBGE/ONS).**

Observa-se que os crescimentos médios do consumo de eletricidade e do PIB foram, respectivamente, 4,2% e 3,6%. O ano de 2001, em que ocorreu a crise energética, foi desconsiderado da análise para evitar distorção nos dados.

Para verificar em que tendência econômica o Brasil encontra-se atualmente, leva-se em consideração três fatores base: efeito atividade, efeito conteúdo e efeito mercado externo.

O efeito atividade diz respeito à influência do consumo de energia elétrica no crescimento econômico.

Por um lado ele sustenta o crescimento da demanda por energia elétrica em períodos de recessão e expansão econômica modesta e por outro, inibe o crescimento em períodos de expansão acelerada.

Em outras palavras, em períodos de crescimento econômico moderado a oferta de energia elétrica é abundante, consistindo um incentivo às indústrias que desejam crescer. Por outro lado, em períodos de crescimento acelerado, a concorrência pela energia elétrica disponível limita o crescimento industrial.

O efeito conteúdo representa a eficiência do uso de energia elétrica baseado na evolução da tecnologia de produção.

A porção de energia que uma determinada indústria utiliza na produção de uma mesma quantidade de bens é denominada consumo específico de energia. Quanto

menor o consumo específico por determinada indústria, melhor sua eficiência energética.

O Gráfico 22 mostra a evolução do consumo específico de três setores industriais.

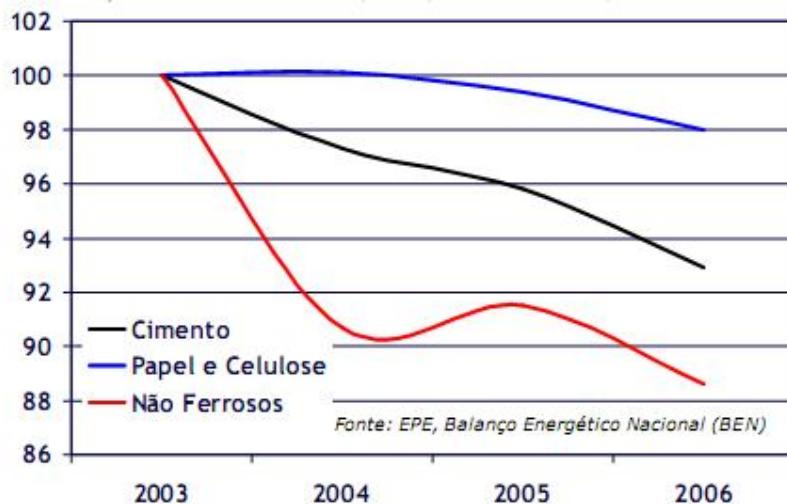


Gráfico 22: Evolução do consumo específico de energia elétrica (KWh/ton) (fonte: EPE).

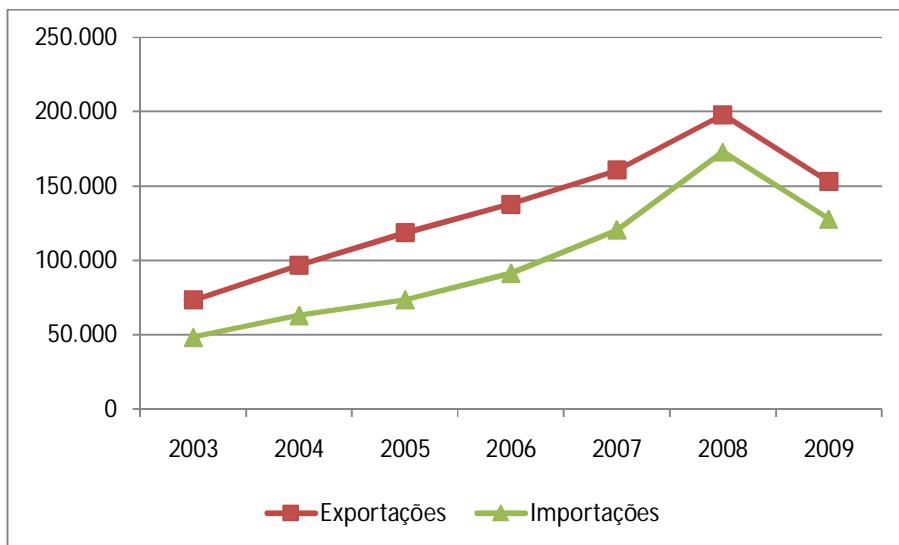
A observação deste gráfico leva à conclusão que as indústrias brasileiras dos setores analisados apresentam melhoria na eficiência energética ao longo do tempo.

No efeito mercado externo um aumento nas exportações significa maior produção interna de bens e, consequentemente, maior demanda interna por energia. Por outro lado, produtos importados agregam em si a energia utilizada para produzi-los, o que, em outras palavras, significa diminuição no consumo de energia.

A Tabela 1 mostra o total das importações e exportações em milhares de reais no Brasil no período de 2003 a 2009.

Ano	Exportação	Importação
2003	73.203	48.291
2004	96.677	62.835
2005	118.529	73.606
2006	137.807	91.351
2007	160.649	120.617
2008	197.942	172.985
2009	152.995	127.700

Tabela 1: Evolução das importações e exportações durante a década (Fonte: SECEX/MDIC).



**Gráfico 23: Evolução das importações e exportações ao longo da última década (Fonte: SECEX/MDIC).**

Verifica-se pelo Gráfico 23 que a relação entre exportações e importações no período da última década apresentou leve queda. Por outro lado, verifica-se que o montante de importações e exportações diminuiu consideravelmente em 2009, principalmente devido à recessão econômica mundial experimentada nesse período.

Conclui-se, portanto, que o Brasil está em tendência de manter a elasticidade-renda observada a partir de 2003, uma vez que segundo os fatores observados - efeito atividade, efeito conteúdo e efeito comércio exterior - não houve mudança que a contradiga: não foram observadas acelerações ou desacelerações causadas pela matriz energética, as indústrias mostraram progresso no consumo específico de energia e a balança comercial pouco variou.

Para realizar as projeções do PIB brasileiro para a década seguinte, foram levados em consideração os dados do PIB de 2005 a 2009, a projeção apresentada pelo Banco Central em 14 de maio de 2010 através do *boletim Focus* que indica crescimento de 5,5% e 4,5% para os anos de 2010 e 2011, conforme ilustrado no Gráfico 25.

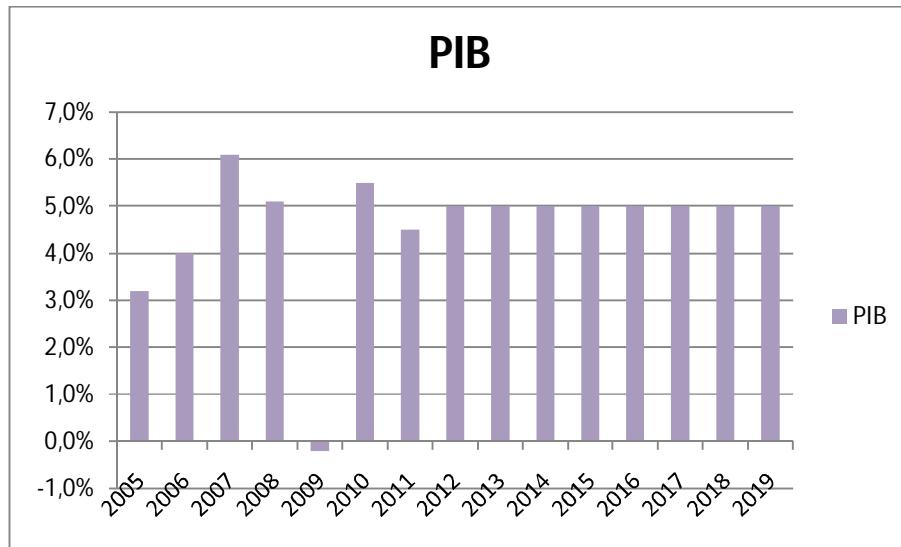


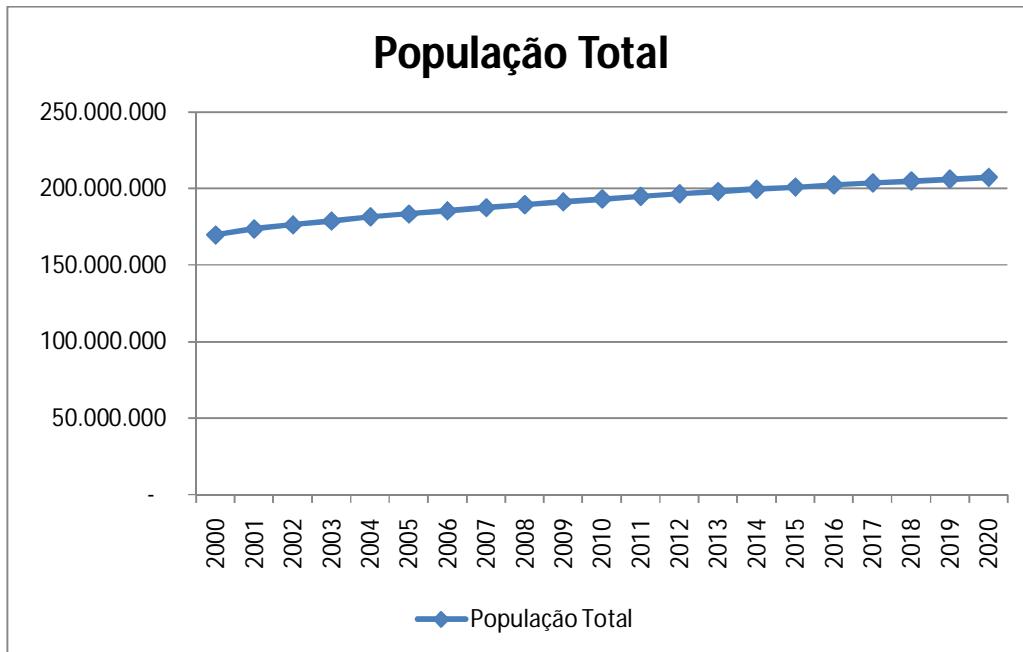
Gráfico 24: Evolução do PIB de 2005 a 2020 (fonte: IBGE/IEA).

A partir destes dados, foi calculada a média de crescimento do PIB nesse período, desconsiderando o ano da crise (2009) e levando em consideração uma manutenção da política brasileira nos próximos anos. O valor encontrado foi de 4,9% ao ano no período abordado, resultando em uma média de 5,0% ao ano a partir de 2010.

#### 4.1.2. Crescimento Demográfico

É válido assumir que a demanda por energia elétrica cresce conforme aumenta a população em número absoluto, ou seja, independentemente da variação da porção da população (idosos, crianças, etc), uma vez que não há diferença relevante no consumo entre esses grupos.

O Gráfico 25 mostra a evolução do número de habitantes no Brasil e sua estimativa de crescimento até 2020 (fonte IBGE).



**Gráfico 25: Evolução do número de habitantes no Brasil e estimativa de crescimento até 2020 (fonte IBGE).**

Verifica-se uma variação no crescimento da população na década de 2000 de 11,26% e de 7,26% previsto para a década de 2010.

#### 4.1.3. Análise Estatística

Após a apresentação das variáveis de maior influência para o consumo de energia elétrica, levantou-se o histórico trimestral de 2002 a 2009 - *Tabela 2* - da população e do crescimento do PIB. Nota-se que o ano de 2001 foi desconsiderado dos cálculos devido à crise energética.

<b>ano</b>	<b>trimestre</b>	<b>PIB</b>	<b>População</b>	<b>Consumo</b>
2002	1	0,4%	175.710.500	69.262
2002	2	2,2%	176.330.801	74.810
2002	3	3,7%	176.944.746	73.925
2002	4	4,6%	177.552.382	75.229
2003	1	3,0%	178.153.754	74.547
2003	2	0,0%	178.748.910	78.408
2003	3	-0,5%	179.337.897	76.727
2003	4	2,0%	179.920.760	77.304
2004	1	4,6%	180.497.546	79.172
2004	2	6,2%	181.068.302	83.466
2004	3	6,7%	181.633.074	84.336
2004	4	5,5%	182.191.909	83.625
2005	1	3,8%	182.744.853	85.020
2005	2	4,9%	183.291.952	87.974
2005	3	1,9%	183.833.254	86.401
2005	4	2,3%	184.368.804	86.118
2006	1	4,4%	184.898.649	87.966
2006	2	2,3%	185.422.836	90.250
2006	3	4,3%	185.941.411	90.307
2006	4	4,9%	186.454.421	88.990
2007	1	5,1%	186.961.912	93.365
2007	2	6,1%	187.463.930	95.876
2007	3	6,3%	187.960.523	94.465
2007	4	6,9%	188.451.736	94.652
2008	1	6,1%	188.937.616	96.241
2008	2	6,2%	189.418.210	100.100
2008	3	6,8%	189.893.564	100.089
2008	4	1,3%	190.363.725	96.256
2009	1	-2,1%	190.828.739	95.372
2009	2	-1,6%	191.288.652	96.626
2009	3	-1,2%	191.743.512	97.122
2009	4	4,3%	192.193.364	99.084

Tabela 2: População, PIB e consumo de eletricidade trimestrais de 2002 a 2009 no Brasil.

A Tabela 2 apresenta a evolução do crescimento trimestral do PIB (trimestre/mesmo trimestre do ano anterior), da população em número absoluto e o consumo de eletricidade (em MWh) de 2002 a 2009.

A partir desses dados calculou-se a correlação entre as duas variáveis explicativas (população e PIB) através da equação:

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Em que X e Y são os conjuntos de dados de população e PIB, respectivamente. Observa-se que apesar de a tabela apresentar o crescimento do PIB, foram utilizados valores absolutos para o cálculo: foi fixado um valor inicial para o e aplicados os crescimentos observados trimestre a trimestre.

A correlação encontrada entre as duas variáveis explicativas foi de 0,966, o que indica alto similaridade entre elas. Dessa forma, para o cálculo da previsão do consumo de eletricidade, faz-se uso apenas de uma delas, no caso, o PIB.

A *Tabela 3* mostra a estimativa do consumo de eletricidade trimestral de 2002 a 2009 em comparação com o consumo real. A estimativa baseou-se em uma regressão entre consumo real e evolução do PIB desse mesmo período

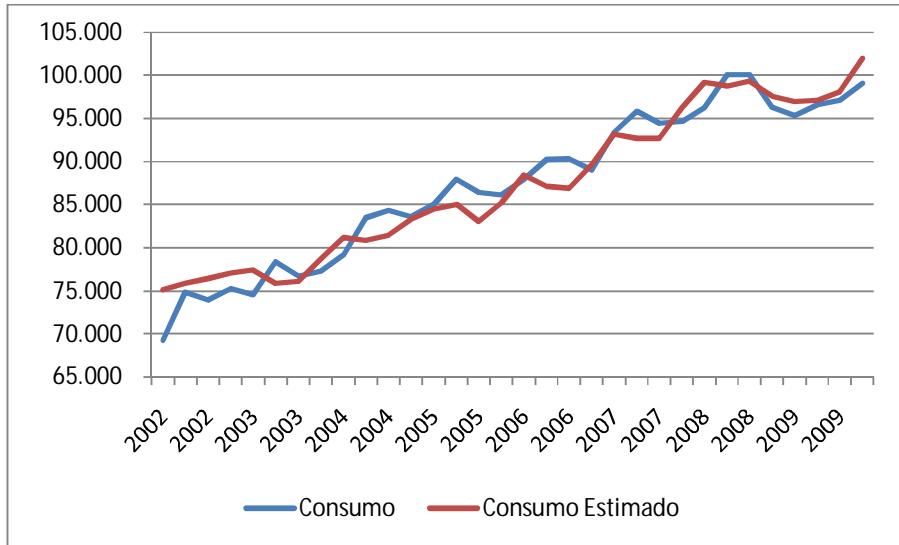
## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

ano	trimestre	PIB	Consumo Estimado	Consumo	Erro
2002	1	0,4%	75.091	69.262	8,4%
2002	2	2,2%	75.892	74.810	1,4%
2002	3	3,7%	76.452	73.925	3,4%
2002	4	4,6%	77.093	75.229	2,5%
2003	1	3,0%	77.453	74.547	3,9%
2003	2	0,0%	75.851	78.408	3,3%
2003	3	-0,5%	76.086	76.727	0,8%
2003	4	2,0%	78.693	77.304	1,8%
2004	1	4,6%	81.204	79.172	2,6%
2004	2	6,2%	80.822	83.466	3,2%
2004	3	6,7%	81.476	84.336	3,4%
2004	4	5,5%	83.253	83.625	0,4%
2005	1	3,8%	84.457	85.020	0,7%
2005	2	4,9%	85.005	87.974	3,4%
2005	3	1,9%	83.097	86.401	3,8%
2005	4	2,3%	85.260	86.118	1,0%
2006	1	4,4%	88.414	87.966	0,5%
2006	2	2,3%	87.097	90.250	3,5%
2006	3	4,3%	86.906	90.307	3,8%
2006	4	4,9%	89.704	88.990	0,8%
2007	1	5,1%	93.177	93.365	0,2%
2007	2	6,1%	92.713	95.876	3,3%
2007	3	6,3%	92.695	94.465	1,9%
2007	4	6,9%	96.237	94.652	1,7%
2008	1	6,1%	99.164	96.241	3,0%
2008	2	6,2%	98.770	100.100	1,3%
2008	3	6,8%	99.337	100.089	0,8%
2008	4	1,3%	97.553	96.256	1,3%
2009	1	-2,1%	96.977	95.372	1,7%
2009	2	-1,6%	97.110	96.626	0,5%
2009	3	-1,2%	98.085	97.122	1,0%
2009	4	4,3%	101.962	99.084	2,9%

**Tabela 3: Estimativa de consumo de energia elétrica trimestral de 2002 a 2009 baseada na evolução do PIB nesse mesmo período.**

A representação gráfica dos dados da *Tabela 3* estão apresentados no Gráfico 26.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil



**Gráfico 26: Comparação entre consumo estimado e consumo real trimestrais no período de 2002 a 2009.**

Observa-se que o erro observado possui uma média de 2,3% e um desvio padrão de 1,6%.

A partir da regressão encontrada, calculou-se a estimativa de consumo de energia elétrica de 2010 a 2019 a partir da previsão de crescimento do PIB, abordada na seção 4.1.1 – *Tabela 4*.

## Análise e Projeção do Mercado de Energia Elétrica no Brasil

ano	trimestre	PIB	Consumo Estimado
2010	1	5,5%	102.585
2010	2	5,5%	102.725
2010	3	5,5%	103.753
2010	4	5,5%	107.843
2011	1	4,5%	107.425
2011	2	4,5%	107.571
2011	3	4,5%	108.646
2011	4	4,5%	112.920
2012	1	5,0%	113.045
2012	2	5,0%	113.198
2012	3	5,0%	114.327
2012	4	5,0%	118.815
2013	1	5,0%	118.946
2013	2	5,0%	119.107
2013	3	5,0%	120.292
2013	4	5,0%	125.004
2014	1	5,0%	125.142
2014	2	5,0%	125.311
2014	3	5,0%	126.555
2014	4	5,0%	131.503
2015	1	5,0%	131.648
2015	2	5,0%	131.826
2015	3	5,0%	133.132
2015	4	5,0%	138.327
2016	1	5,0%	138.479
2016	2	5,0%	138.666
2016	3	5,0%	140.037
2016	4	5,0%	145.492
2017	1	5,0%	145.652
2017	2	5,0%	145.848
2017	3	5,0%	147.288
2017	4	5,0%	153.016
2018	1	5,0%	153.183
2018	2	5,0%	153.389
2018	3	5,0%	154.901
2018	4	5,0%	160.915
2019	1	5,0%	161.091
2019	2	5,0%	161.307
2019	3	5,0%	162.895
2019	4	5,0%	169.210

Tabela 4: Previsão de consumo de eletricidade de 2010 a 2019 baseada no crescimento da economia.

O Gráfico 29 mostra a previsão de consumo durante a próxima década segundo as estimativas realizadas.

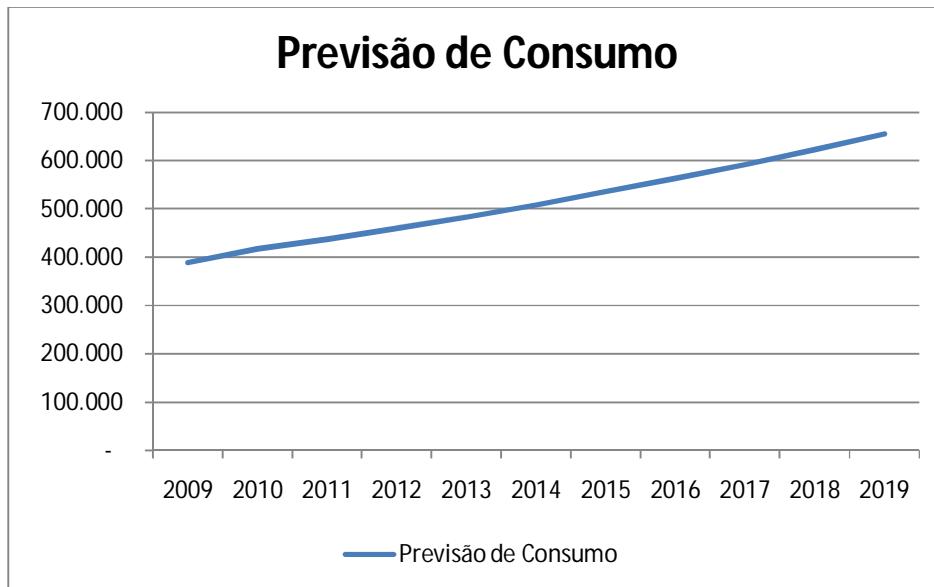


Gráfico 27: Previsão da evolução do consumo de energia elétrica na década de 2010.

Em relação a 2009, o consumo de energia elétrica de 2012 crescerá 18,3%, o de 2015 crescerá 37,8% e o de 2019 crescerá cerca de 68,6%. A taxa média de crescimento de consumo anual está prevista para 5,4%. O crescimento do consumo de eletricidade para 2010 foi previsto para 7,4%.

O EPE, em seu relatório de Abril de 2008 “Projeções da demanda de energia elétrica para o plano decenal de expansão de energia 2008-2017”, estima o crescimento do consumo de eletricidade em 5,5% ao ano para a próxima década baseado em um crescimento de 5,0% ao ano do PIB e uma manutenção do padrão observado na última década.

Observa-se que a regressão realizada através dos valores do PIB atualizados aproxima-se da estimativa feita pelo EPE dois anos atrás

## 4.2. Oferta

Para suprir a crescente demanda por energia elétrica a matriz energética precisa desenvolver-se.

Atualmente, existem diversas usinas em outorga, construção e planejamento tanto para uso privado quanto para uso público. Desses, apenas as voltadas para o

uso público acrescentam à matriz energética, as demais são contabilizadas como auto-geração no contexto energético brasileiro e não serão abordadas neste estudo.

As mais importantes para o cenário atual são Jirau e Santo Antônio, em construção, Belo Monte, aprovada para construção e São Luiz dos Tapajós, Jatobá, Teles Pires e Angra 3, planejadas para serem construídas.

Foram desenvolvidos dois cenários para a projeção da oferta de eletricidade brasileira: uma conservadora, que considera apenas as usinas já aprovadas, e um otimista, que considera também as em planejamento.

#### **4.2.1. Usina de Jirau**

A Usina Hidrelétrica de Jirau foi outorgada em Maio de 2008 e tem previsão para iniciar as operações no início de 2012.

A usina está localizada no rio Madeira e faz parte do Complexo do Rio Madeira que conta ainda com a usina de Santo Amaro, também em construção.

Sua capacidade instalada será de 3450 MW e estima-se que até final de 2012 estará em pleno funcionamento, podendo fazer uso de seu potencial máximo.

Em 6 de Março de 2009, a Secretaria de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia cancelou a autorização para as obras da usina, sob a alegação de que o deslocamento da barragem da hidrelétrica afetaria em mais 4 km<sup>2</sup> a Floresta Estadual de Rendimento Sustentável A, localizada na margem esquerda do rio Madeira. A questão foi minimizada com a afirmação por parte do governo de que a medida não suspenderia os trabalhos de construção, bem como que não existia qualquer conotação política no caso, já que é de interesse do estado a construção da usina.

Em fevereiro de 2009, o órgão local do Ibama já havia embargado parte do canteiro de obras sob a alegação de que a obra partia de um ponto fora da área autorizada. O órgão ambiental multou o consórcio em 975 mil reais pela construção, além de já ter aplicado anteriormente multa de 475 mil pelo desmatamento de floresta nativa em área de preservação permanente.

As obras foram paralisadas em maio de 2009 devido à expiração da licença de instalação parcial emitida pelo Ibama. Em 3 de Junho do mesmo ano, o Ibama concedeu a licença ambiental definitiva liberando a retomada da obra. O Ministério

Público Federal e o Ministério Público do estado de Rondônia entraram com ação contra o presidente do Ibama, Roberto Messias Franco, sob a alegação de que a licença concedida para a obra foi dada em desacordo com a legislação ambiental e de licitações.

Em julho de 2009, cerca de 300 manifestantes interromperam a estrada que dá acesso às obras, em protesto contra autuações ambientais do Ibama em uma região a 100 km do local, onde havia extração ilegal de madeira.

O calendário de operação foi divulgado no início de 2010 e, apesar dos incidentes ocorridos no decorrer da construção, foram mantidos os prazos de início de funcionamento e término da construção.

#### **4.2.2. Usina de Santo Antônio**

A usina de Santo Antônio está em construção no rio Madeira em Rondônia e faz parte do complexo do Rio Madeira junto com a usina de Jirau. Ambas estão entre as obras mais importantes do PAC e são consideradas de suma importância para o abastecimento energético brasileiro.

Sua construção está planejada para ser finalizada em 2015 e sua potência total é da ordem de 3.150MW.

#### **4.2.3. Usina de Belo Monte**

A usina hidrelétrica de Belo Monte está projetada para ser construída no rio Xingu, no estado do Pará. Sua potência instalada será de 11,233 GW, o que fará com que seja a maior usina hidrelétrica inteiramente brasileira. A previsão é que, se concluída, a usina será a terceira maior hidrelétrica do mundo, atrás apenas da chinesa Três Gargantas e da binacional Itaipu.

O projeto da usina de Belo Monte iniciou-se em 1989 (primeiramente com o nome de Kararaô, alterado depois em sinal de respeito aos índios do Xingu) e, após remodelações para se adequar a exigências ambientais e concessões do governo devido à crise energética de 2001, foi aprovado.

Em 2002 iniciou-se a análise do impacto ambiental do empreendimento que se desenrolou até meados de 2009. Este período foi marcado por debates entre grupos ambientalistas, representantes da tribo do Xingu e partes interessadas na construção da usina, entre elas o Governo Federal.

O leilão realizou-se em 2010 e o direito de construção do empreendimento foi finalmente concedido a um grupo privado mais o Governo Federal. O início das obras está previsto ainda para 2010. A usina deve começar a operar em 2015 e sua conclusão está prevista para 2019.

Uma das grandes vantagens da usina de Belo Monte, segundo o governo, é seu preço competitivo. O leilão para a licitação da usina proporcionou um deságio no preço do mega-watt hora de mais de 6% em relação ao teto que havia sido estipulado pelo Governo.

#### **4.2.4. Usina de São Luiz dos Tapajós**

A Usina Hidrelétrica São Luiz do Tapajós é uma usina hidrelétrica em projeto no Rio Tapajós, no Pará. Terá capacidade instalada de 6.138 MW quando concluída, sendo a maior do Complexo do Tapajós.

A licitação está programada para ser realizada no ano de 2011 e a primeira unidade de geração entrará em funcionamento em 2017.

#### **4.2.5. Usina de Jatobá**

A usina de Jatobá é uma usina hidrelétrica em projeto no rio Tapajós, Pará. Terá capacidade instalada de 2.338 MW quando concluída, sendo a segunda maior do Complexo do Tapajós atrás apenas da usina de São Luiz dos Tapajós.

A licitação está programada para ser realizada no ano de 2011 e a primeira unidade de geração entrará em funcionamento em 2017.

#### **4.2.6. Usina de Teles Pires**

A Usina Hidrelétrica Teles Pires é uma usina hidrelétrica em projeto no Rio Teles Pires, em Mato Grosso. Terá capacidade instalada de 1.820MW, sendo a segunda maior usina do Complexo Teles Pires.

O leilão está programado para ser realizado em 2010 e a primeira unidade de geração entrará em funcionamento em 2016.

#### **4.2.7. Usina de Angra 3**

Com apenas 30% do seu território prospectado, o Brasil abriga atualmente a sexta maior reserva de urânio do mundo, estimada em 309 mil toneladas. Trata-se de uma quantidade suficiente para alimentar 32 usinas nucleares como Angra 3 durante toda sua vida útil, de acordo com estimativas da INB - Indústrias Nucleares do Brasil, única empresa responsável pelo beneficiamento do minério e pela fabricação do combustível nuclear no País.

Angra 3 será a terceira usina da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, localizada na praia de Itaorna, município de Angra dos Reis (RJ). A nova usina terá uma potência bruta elétrica de 1.405 MW, podendo gerar cerca de 10,9 milhões de MWh por ano - energia equivalente a um terço do consumo do Estado do Rio de Janeiro – e será similar a Angra 2, em operação há cerca de 9 anos.

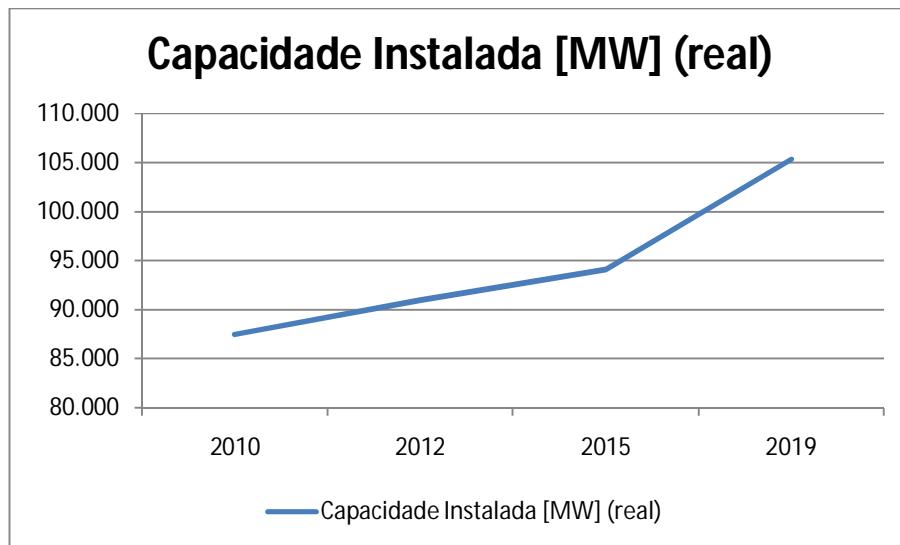
Por conta dessa semelhança, grande parte do projeto de engenharia a ser utilizado na nova usina está pronta. Uma parcela considerável dos equipamentos importados já foi adquirida, notadamente os componentes mecânicos de grande porte.

Após sucessivas interrupções nas obras, a construção de Angra 3 está prevista para ser reiniciada este ano e, uma vez retomada, o prazo estimado para sua conclusão é de 5,5 anos. Espera-se que a usina comece a operar até meados de 2015.

Conforme o plano de expansão atual, prevê-se um acréscimo na matriz energética de 3.450MW até 2012 (usina de Jirau), 3.150MW até 2015 (Santo Antônio) e de 11.233MW até 2019 que começarão a ser disponibilizados a partir de 2015 (usina de Belo Monte). Além dessas usinas, estão planejados mais 1.405MW (usina de Angra 3) projetada para entrar em funcionamento em 2015, 1.820MW (usina de Teles Pires) projetada para entrar em funcionamento em 2016 e 6.138MW (usina de São Luiz dos Tapajós) e 2.338MW (usina de Tapajós) ambas as usinas previstas para entrarem em funcionamento em 2017.

Dessa forma, o cenário conservador aponta um acréscimo de 17,8GW à matriz e o cenário otimista, um acréscimo de 29,5GW.

O Gráfico 28 mostra o cenário conservador da matriz energética brasileira, segundo a previsão de funcionamento dos empreendimentos em construção e já aprovados.



**Gráfico 28:Previsão de expansão da matriz energética (projetos já aprovados e em construção).**

Ao final da década, levando em consideração apenas as usinas já aprovadas e em construção, a capacidade instalada da matriz energética brasileira estará em cerca de 105GW.

O Gráfico 29 mostra o cenário otimista da matriz energética brasileira, segundo a previsão de funcionamento dos empreendimentos em construção, já aprovados e em projeto.

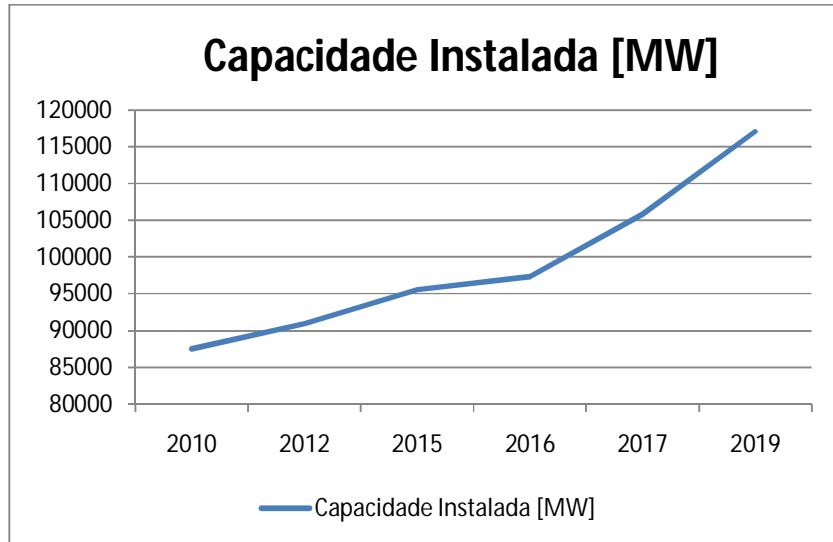


Gráfico 29: Previsão de expansão da matriz energética (considerando usinas em projeto).

O Gráfico 30 compara a previsão da capacidade instalada e a necessidade de geração previstas para a próxima década levando em consideração o cenário conservador.

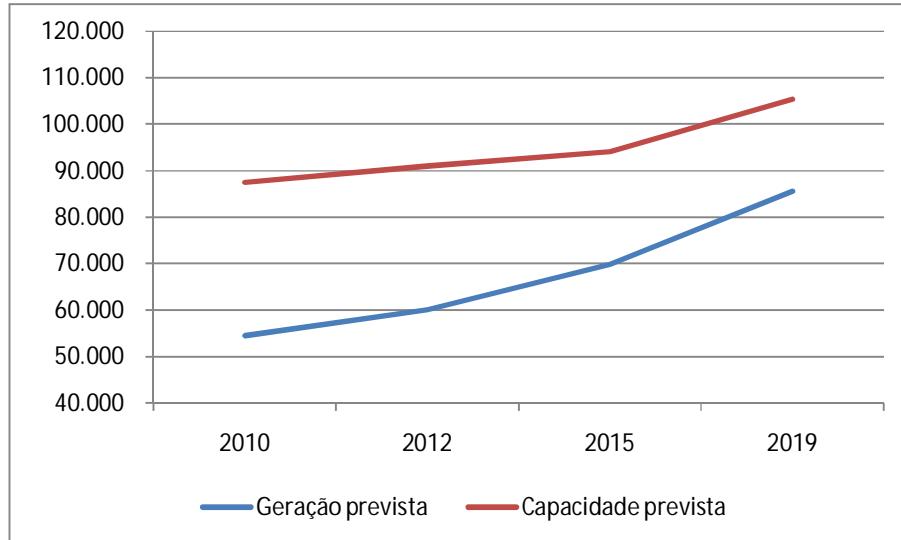


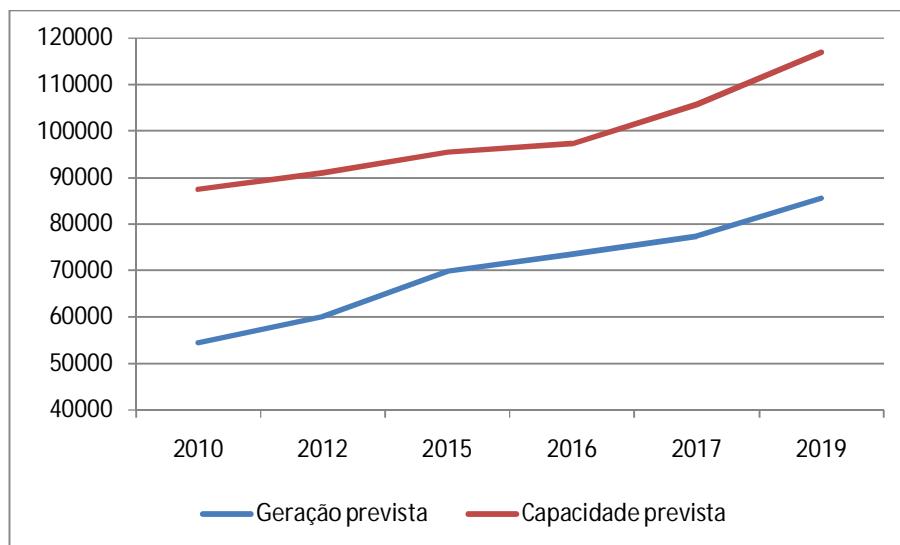
Gráfico 30: Comparação entre previsão da capacidade instalada (usinas em construção e já aprovadas) e de necessidade de geração de energia para a década de 2010.

A comparação destes dois fatores, levando em consideração um patamar de perdas energéticas de 16% conforme observado no período abordado, mostra que o

fator de capacidade (relação entre geração e capacidade de geração) passará para 74% em 2015 e atingirá 81% em 2019.

A elevação desse fator significa menor margem de operação em períodos de condições de geração desfavoráveis, como durante estiagens, e indica possível desabastecimento nesses períodos.

O Gráfico 31 compara a previsão da capacidade instalada e a necessidade de geração previstas para a próxima década levando em consideração o cenário otimista.



**Gráfico 31: Comparação entre previsão da capacidade instalada (incluindo usinas em projeto) e de necessidade de geração de energia para a década de 2010.**

Da mesma forma, considera-se uma média de 16% de perdas entre geração e consumo e observa-se que o fator de capacidade chegará a 73% em 2015 e manterá esse valor até 2019.

## 5. Considerações Finais

A análise da demanda revelou que o setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica respondendo por mais de 40% do total, o que explica a estreita relação entre PIB e consumo de energia elétrica.

Apesar de a recessão econômica de 2009 ter diminuído a expressividade do setor industrial no consumo de energia elétrica e aumentado a contribuição dos demais, observa-se certa estabilidade no consumo de energia elétrica por setor da economia brasileira.

Outro ponto importante é a contribuição de cada região do Brasil no consumo de energia elétrica. A região sudeste é a maior responsável pelo consumo de energia, respondendo por mais de 50% do consumo total. Entretanto, esse cenário tem se modificado ao longo da década de 2010, o que pode ser indicativo de que a produção industrial tem se descentralizado, uma vez que o crescimento da população se manteve constante em cada região.

A projeção da demanda por energia elétrica para a década de 2010 indica crescimento de 5,4% ao ano, baseada na expansão econômica apresentada pelo Brasil nos últimos anos e da previsão de crescimento futura.

No quesito geração de energia elétrica, observa-se que a matriz energética brasileira ainda é muito dependente da geração hidrelétrica que, se por um lado proporciona energia barata e limpa, por outro é suscetível ao nível dos reservatórios e às chuvas. Consequência desse cenário foi a crise energética de 2001, período em que o nível de alguns dos principais reservatórios caiu abaixo de 20%. A intensidade atípica do regime de chuvas e a manutenção da produção industrial na esperança de que o regime se normalizasse obrigou a um aumento substancial na geração das térmicas, o que, combinado com um programa de racionamento de energia, amenizou o efeito do desequilíbrio energético.

Atualmente, o Governo tem incentivado a construção de novas fontes de energia como parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) para garantir o equilíbrio energético na década de 2010. As usinas de Jirau e Santo Antônio estão em construção, a usina de Belo Monte acabou de ser outorgada e há planos de construção para mais três usinas hidrelétricas e uma termo-nuclear até 2017. Todavia, a expansão da capacidade energética ainda é liderada pelas hidrelétricas -

dos 29,5GW planejados para adicionarem à matriz energética (entre construções e projetos), 95,2% correspondem à geração hídrica.

As projeções de demanda e o plano de expansão energético mostram um futuro desequilíbrio no fator de capacidade, cujo histórico da década de 2000 é de 58%. A projeção do fator de capacidade para 2010 é de 62% e para 2015 de 73%, valor que se matem até 2019. Se forem levadas em consideração apenas as usinas já aprovadas e em construção o fator de capacidade apresenta valor de 74% para 2015 e 81% para 2019, o que leva a crer que o Governo exercerá grande pressão na aprovação das usinas em projeto atualmente.

Tais projeções, unidas ao fato de que mais de 95% do futuro potencial de geração virá por fontes hidrelétricas, resulta em um ponto de atenção, uma vez que haverá uma dependência ainda maior das chuvas para abastecimento dos reservatórios e consequentemente maior risco de desequilíbrio energético.

## 6. Referências

- ABC. **Itaipu funcionará com carga máxima.** Disponível em: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/provedor/arquivos/ifes/IFE645.htm>>. Acesso em: fev. 2010.
- Banco Central. **Focus – Boletim de Mercado de maio de 2010.** Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/?FOCUSRELMERC>>. Acesso em: mai. 2010.
- BARDELIN, Cesar Endrigo Alves. **Os efeitos do racionamento de energia elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica.** 2005. 113f. Tese de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em fev. 2010.
- Brasil Econômico. **Governo prevê expansão anual do PIB de 5,5% de 2011 a 2014.** Disponível em: <[http://www.brasileconomico.com.br/noticias/governo-preve-expansao-anual-do-pib-de-55-de-2011-a-2014\\_79628.html](http://www.brasileconomico.com.br/noticias/governo-preve-expansao-anual-do-pib-de-55-de-2011-a-2014_79628.html)>. Acesso em 29 mar. 2010.
- Brasil Econômico. **Jirau terá obra antecipada e atinge pico de geração em 2012.** Disponível em: <[http://www.brasileconomico.com.br/noticias/jirau-tera-obra-antecipada-e-atinge-pico-de-geracao-em-2012\\_75851.html](http://www.brasileconomico.com.br/noticias/jirau-tera-obra-antecipada-e-atinge-pico-de-geracao-em-2012_75851.html)>. Acesso em: 28 jan. 2010.
- CARVALHO, Everton. **Análise da Geração de Energia Elétrica no Brasil.** Jornal do Commercio. São Paulo, 11 de Fevereiro de 2010.
- Correio do Estado – MS. **Ministério do Meio Ambiente licenciará três térmicas.** Disponível em: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/provedor/arquivos/ifes/IFE645.htm>>. Acesso em: fev. 2010.
- Eletrobrás Eletronuclear. **Angra 3.** Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/hotsites/angra3/home/index.php>>. Acesso em: mar. 2010.
- EPE. **Projeções da demanda de energia elétrica para o plano decenal de expansão de energia 2008-2017.** Rio de Janeiro, 2008.
- EPE. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica.** Rio de Janeiro, 2008. 4 v.
- Estadão. **Consumo de energia elétrica deverá crescer 7,4% este ano.** Disponível em: <[http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20100126/not\\_imp501438,0.php](http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20100126/not_imp501438,0.php)>. Acesso em: fev. 2010.
- Folha Online. **BNDES aprova maior financiamento de sua história para a usina de Jirau.** Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u506028.shtml>>. Acesso em: fev. 2010.
- Gazeta do Povo. **Lula defende construção da usina de Belo Monte.** Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidapublica/conteudo.phtml?tl=1&id=996437&tit=Lula-defende-construcao-da-usina-de-Belo-Monte>>. Acesso em: abr. 2010.

**IBGE. Índices de estimativas e projeções demográficas: previsões 1980 - 2050.**

Disponível em:

<[http://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_Projcoes\\_Populacao/Revisao\\_2008\\_Projcoes\\_198\\_0\\_2050/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_Projcoes_Populacao/Revisao_2008_Projcoes_198_0_2050/)>. Acesso em: mar. 2010.

Ipeadata. **Capacidade instalada de geração de energia elétrica hidráulica no Brasil:** quantidade. Disponível em:

<[http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=2039482110&Tick=1273542463488&VAR\\_FUNCAO=SubmeterFormulario\('frmMain','Series%3FSessionID%3D2039482110%26Text%3Dcapacidade%20instalada%26Tick%3D1273542463487'\);&Mod=M](http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=2039482110&Tick=1273542463488&VAR_FUNCAO=SubmeterFormulario('frmMain','Series%3FSessionID%3D2039482110%26Text%3Dcapacidade%20instalada%26Tick%3D1273542463487');&Mod=M)>. Acesso em: mar. 2010.

O GLOBO. **Entenda a polêmica envolvendo a usina de Belo Monte.** Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/pais/mat/2010/04/20/entenda-polemica-envolvendo-usina-de-belo-monte-916397071.asp>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Carga de Energia.** Disponível em: <[http://www.ons.org.br/historico/carga\\_propria\\_de\\_energia.aspx](http://www.ons.org.br/historico/carga_propria_de_energia.aspx)>. Acesso em: mar. 2010.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Geração de Energia.** Disponível em: <[http://www.ons.org.br/historico/geracao\\_energia.aspx](http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx)>. Acesso em: mar. 2010.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Volume Útil dos Principais Reservatórios.** Disponível em: <[http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)>. Acesso em: mar. 2010.

PÊGO, Bolívar; CAMPOS NETO, Carlos Álvares da Silva. **O PAC e o setor elétrico: desafios para o abastecimento do mercado brasileiro (2007- 2010).** Rio de Janeiro, 2008.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Pesquisa Industrial Anual Empresa.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=PK&v=810&z=t&o=21>>. Acesso em: abr. 2010.

Usina Santo Antônio. **Como tudo começou.** Disponível em: <<http://www.uhesantoantonio.com/node/965>>. Acesso em: fev. 2008.

Valor Econômico. **CGE anuncia sobretaxa sobre o consumo excedente.** Disponível em: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/provedor/arquivos/ifes/IFE645.htm>>. Acesso em: fev. 2010.