

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**ENERGIA EÓLICA E SOLAR FOTOVOLTAICA NO
CONTEXTO DE UNIVERSALIZAÇÃO E
DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ DE GERAÇÃO
BRASILEIRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Anderson Franciscatto

Santa Maria, RS, Brasil

2005

ENERGIA EÓLICA E SOLAR FOTOVOLTAICA NO CONTEXTO DE UNIVERSALIZAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ DE GERAÇÃO BRASILEIRA

por

Anderson Franciscatto

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Ronaldo Hoffmann

Santa Maria, RS, Brasil

2005

Franciscatto, A.

Energia eólica e solar fotovoltaica no contexto de universalização e diversificação da matriz de geração brasileira. Orientador: Ronaldo Hoffmann – Santa Maria, 2005.

112 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

1. Energia eólica 2. Fotovoltaica 3. PIB
4. Universalização 5. Sustentabilidade

CDU:

© 2005

Todos os direitos autorais reservados a Anderson Franciscatto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor. Endereço: Rua México, n. 516, Bairro S. Inácio, Fred. Westphalen, RS, 984000-000 Fone (0xx) 55 3744 4298, 55 9965 7756; End. Eletr: afranciscatto@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ENERGIA EÓLICA E SOLAR FOTOVOLTAICA NO CONTEXTO DE
UNIVERSALIZAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ DE GERAÇÃO
BRASILEIRA**

elaborada por
Anderson Franciscatto

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:


Ronaldo Hoffmann, Dr.
(Presidente/Orientador)


Felix Alberto Farret, PhD. (UFSM)


Gilnei Carvalho Ocácia, Dr. (ULBRA)

Santa Maria, 11 de março de 2005.

**Dedico este trabalho a minha família e minha noiva
Karen, pelo inestimável e incansável apoio,
carinho e dedicação à minha pessoa.**

Agradecimentos

A Deus, meus familiares e minha noiva, pois, por muitas vezes foi em vocês que eu busquei forças para o alcance dos meus objetivos.

Aos professores:

Dr. Ronaldo Hoffmann, meu orientador na pós-graduação; sábio, incansável, paciente e amigo.

PhD. Felix Alberto Farret, meu orientador no período de graduação em Engenharia Elétrica nesta universidade, pela atenção, amizade e por manter as portas sempre abertas ao meu retorno.

Dr. Ricardo Rütther, pela receptividade, disponibilidade e atenção em abrir as portas do LabSolar, colaborando com esta pesquisa.

Aos amigos:

A todos os meus amigos, em especial àqueles de anos de convivência durante a graduação e pós-graduação. Pelo chamarão ao fim da tarde, discussões e momentos de festa e alegria.

Enfim:

A todos os ombros hospitaleiros e generosos que jamais serão esquecidos.

“Disseram-vos que a vida é escuridão; e no vosso cansaço repetis o que os cansados vos disseram. E eu vos digo que a vida é realmente escuridão, exceto quando há um impulso. E todo impulso é cego, exceto quando há saber. E todo saber é vão, exceto quando há trabalho. E todo trabalho é vazio, exceto quando há amor. E quando trabalhais em amor, vós vos unis a vós próprios, e uns a outros, e a Deus.”

(GIBRAN KHALIL GIBRAN)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

ENERGIA EÓLICA E SOLAR FOTOVOLTAICA NO CONTEXTO DE UNIVERSALIZAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ DE GERAÇÃO BRASILEIRA

AUTOR: ANDERSON FRANCISCATTO

ORIENTADOR: RONALDO HOFFMANN

Data e Local da Defesa: 11 de março de 2005, Santa Maria, RS, Brasil.

Este trabalho apresenta uma investigação dos cenários mais propícios para geração de energia elétrica a partir das fontes eólica e solar fotovoltaica, enfocando as mudanças ocorridas no setor elétrico brasileiro no atual cenário de desenvolvimento econômico e social. O trabalho foi desenvolvido numa estrutura orientada à qualidade e produtividade e instiga o uso dessas fontes como contribuição ao suprimento de energia elétrica, oportunidade de diversificação para contribuição à sustentabilidade e universalização ao acesso por toda a população. Como meio de informação, foram investigados o crescimento na oferta e consumo de energia elétrica em comparação com o Produto Interno Bruto (PIB), dependência externa de energia elétrica, composição da matriz de geração de energia elétrica, índices de universalização, índices de desenvolvimento humano (IDH) e qualidade da energia elétrica fornecida. Os resultados deste trabalho apontam que: existe relação entre o crescimento do PIB e o consumo e oferta de energia elétrica; a produção de energia elétrica pelas fontes renováveis abordadas tem cenários pontuais, com regulamentação específica e condições particulares de aplicação; os índices de universalização podem ser mais facilmente alcançados fazendo-se o uso dessas fontes; a energia eólica é um investimento estratégico para o país; as áreas com menor IDH também são as atingidas pelo não-acesso e pior qualidade de energia fornecida; baixos IDHs também tem relação com o não acesso a energia elétrica; as regiões com menor desenvolvimento serão as últimas a serem atendidas pelo projeto de universalização 2004-2015.

Palavras chave: energia eólica, fotovoltaica, PIB, universalização, sustentabilidade.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

WIND POWER AND SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY IN THE CONTEXT OF UNIVERSALIZATION AND DIVERSIFICATION OF THE GENERATION MATRIX BRAZILIAN

AUTHOR: ANDERSON FRANCISCATTO

ADVISOR: RONALDO HOFFMANN

Date and Place of Presentation: March 11, 2005, Santa Maria, RS, Brazil.

This work presents an investigation of the most suitable scenarios for the generation of electrical energy from wind power and photovoltaic sources, focusing the changes that occur in the Brazilian electrical sector in the current scenario of economic and social development. The work was developed in a structure oriented to quality and productivity and instigates the use of these sources as a contribution to the supply of electrical energy, as well as the opportunity of the diversification to contribute to the sustainability and universal access by the whole population. As a means of information, the following elements were investigated: the increase of supply and demand of electrical energy compared to GNP (Gross National Product), the external dependence of electrical energy, the make-up of the matrix of electrical energy generation, universalization indices, human development indices and the quality of the supplied electrical energy. The results of this work show the following aspects: there is a relation between the GNP increase and the supply and demand of electrical energy; the production of electrical energy by the approached renewable sources has specific scenarios, with specific regulamentation and particular conditions of application; the indices of universalization can be easily reached making use of these sources; the wind power is a strategic investment for the country; the areas with the lowest human development index also suffer from the worst quality of supplied energy; low human development indices also have a relation with the no access to electrical energy; the regions with less development will be the last ones to be assisted by the universalization project 2004-2015.

Key Words: wind power, photovoltaic, GNP, universalization, sustainability.

LISTA DE SIGLAS

ABREVIATURAS

All – Agentes de Intermediação e Implementação
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
AWEA – American Wind Energy Association (Associação Americana de Energia Eólica)
BEN – Balanço Energético Nacional
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIG – Banco de Informações de Geração
BNDES – Banco Nacional para o Desenvolvimento
C & T – Ciência e Tecnologia
CCC – Conta Consumo de Combustíveis Fósseis
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CDE – Conta de Desenvolvimento Energético
CGCE – Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica
CGEU – Comitês Gestores Estaduais de Universalização
CIMC – Comitê Internacional de Mudanças Climáticas
CM – Central de Monitoramento
CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNOS – Centro Nacional de Operação do Sistema
CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
COSR – Centros de Operação de Sistemas Regionais
CREC – Certificação de Redução de Emissão de Carbono
CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
CTENERG – Fundo Setorial de Energia
DEC – Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora
EPE – Empresa de Pesquisa em Energia
EUA – Estados Unidos da América
FEC – Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora
GA – Governo Americano
GE – Governos Estaduais
GF – Governo Federal
Ia – Índice de Atendimento
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IDH-Renda – Índice de desenvolvimento Humano Renda
IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
IGP-M – Índice Geral de Preços do Mercado
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
LabSolar – Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
MAE – Mercado Atacadista de Energia
MME – Ministério de Minas e Energia
NUU – Nível Urbano de Universalização
NRU – Nível Rural de Universalização

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (fazem parte: EUA, Japão, Europa Ocidental e Canadá)
 OMM – Organização Mundial de Meteorologia
 ONGs – Organizações Não Governamentais
 ONS – Operador Nacional do Sistema
 P & D – Pesquisa e desenvolvimento
 PCH – Pequena Central Hidrelétrica
 PEN – Política Energética Nacional
 PIB – Produto Interno Bruto
 PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
 PROEÓLICA – Programa Emergencial de Energia Eólica
 PROINFA – Programa de Incentivo as Fontes Alternativas
 PV – Sistemas de Geração de Energia Elétrica com tecnologia Solar Fotovoltaica
 PWR – Pressurized Water Reactor (Reator de água pressurizada)
 RBT – Rede Básica de Transmissão
 RGR – Reserva Global de Reversão
 SEB – Setor Elétrico Brasileiro ou do Brasil
 SEN – Sistema Elétrico Nacional
 SIB – Sistemas Isolados Brasileiros
 SIN – Sistema Interligado Nacional
 SCBR – Subclasse Residencial Baixa Renda
 TJLP – Taxa de Juros de Longo Prazo
 TMF – Tarifa Média Nacional
 UE – União Européia
 UF – Unidade Federativa

GRANDEZAS

GW – Giga (10^9) Watt
 GWh – Giga (10^9) Watt hora
 kW – kilo Watt
 kWh – kilo Watt hora
 kWh/m^2 – kilo Watt hora por metro quadrado
 m/s – metros por segundo
 m^3/s – metros cúbicos por segundo
 MW – Mega (10^6) Watt
 MWp – Mega (10^6) Watt-pico
 Wp – Watt-pico
 W/m^2 – Watt por metro quadrado
 Wh/m^2 – Watt-hora por metro quadrado ao dia
 US\$/MWh – Dólares americanos por Mega Watt hora
 US\$/Wp – Dólares Americanos por Watt-pico
 μm – Micro (10^{-6}) metros

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição da estrutura funcional do SEB.....	13
Figura 2 - Vista noturna da terra a partir de imagens de satélite.....	18
Figura 3 - Universalização segundo a aneel	33
Figura 4 - Foto de satélite do Brasil, vista noturna.	34
Figura 5 - IDH 2000.....	36
Figura 6 - IDH-Renda 2000.	37
Figura 7 - Taxa de crescimento 2000.....	38
Figura 8 - Acesso a energia 2000.	39
Figura 9 - Tecnologias contempladas pelo PROINFA.....	49
Figura 10 - Potencial das tecnologias contempladas pelo PROINFA, autorizações e potencial solar.	49
Figura 11 - Foto de turbina de geração de energia eólica.....	50
Figura 12 - Potencial eólico brasileiro por região.	53
Figura 13 - Mapas do potencial eólico brasileiro, estações do ano.	54
Figura 14 - Potencial solar no Brasil.....	59
Figura 15 - Sistema de bombeamento de água suprido por energia solar fotovoltaica.	60
Figura 16 - Distribuição dos sistemas de PV por região no Brasil.....	60
Figura 17 - Evolução da oferta e consumo de energia elétrica x PIB.....	68
Figura 18 - Evolução da oferta e oferta (%) e consumo (%) de energia elétrica ano-a-ano x crescimento PIB (%), acompanhado das linhas de tendência	69
Figura 19 - Evolução da importação de energia elétrica	70
Figura 20 - Evolução no consumo de energia elétrica por setor	70
Figura 21 - Atual composição em relação a potência instalada da matriz de energia elétrica brasileira	71
Figura 22. Futura composição em relação a potência instalada da matriz de energia elétrica brasileira	72
Figura 23 - Distribuição percentual dos empreendimentos em energia eólica por UF	72
Figura 24 - Custos por fonte de geração para o Brasil.....	73
Figura 25 - Uso da tecnologia fotovoltaica no mundo	74
Figura 26 – Produção de tecnologia fotovoltaica no mundo.....	74
Figura 27 - Comparativo custo eficiência por tipo de tecnologia fotovoltaica	75
Figura 28 - Evolução no custo médio de geração da tecnologia fotovoltaica.....	75
Figura 29 - Atendimento a meta 2004 por região e percentual de contribuição por região	76
Figura 30 - Atendimento a meta 2004 por UF e percentual de contribuição por UF	77
Figura 31 - Integralidade da universalização no Brasil.....	77
Figura 32 - Percentual de domicílios universalizados por região	78
Figura 33 -Total de domicílios não atendidos por energia elétrica por região e Brasil	78
Figura 34 - Percentual por zona	79
Figura 35 - Percentual por UF, zona urbana	79
Figura 36 - Percentual por UF, zona rural	80
Figura 37 - Correlação entre IDH e acesso a energia elétrica	80
Figura 38 - Correlação entre IDH-Renda e acesso a energia elétrica.....	81

Figura 39 - Evolução dos índices DEC e FEC por ano – Brasil.....	82
Figura 40 - Índices DEC e FEC 2004 – regiões	82
Figura 41 - índices DEC e FEC 2004 – regiões	83

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Proposta de estudo / problema de pesquisa	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificativa / importância e contribuição do estudo	3
1.4 Metodologia	5
1.5 Estrutura do trabalho	7
2. CENÁRIO ATUAL	10
2.1 A nova estrutura do SEB	12
2.1.1 Organização institucional do SEB	12
2.1.2 Desafios do setor elétrico brasileiro	14
2.1.3 Expansão do SEB	14
2.1.4 Sistema elétrico nacional	15
2.1.4.1 Configuração do SEN	16
2.1.5 Energia, espaço geográfico e desenvolvimento	17
2.2 Principais fontes de geração da matriz de energia elétrica brasileira	18
2.2.1 Energia hidráulica	19
2.2.1.1 Potencial hidrelétrico brasileiro	20
2.2.1.2 Capacidade instalada	21
2.2.1.3 PCHs	21
2.2.2 Biomassa	21
2.2.3 Petróleo	23
2.2.4 Carvão mineral	23
2.2.5 Gás natural	24
2.2.6 Energia nuclear	25
2.3 Tecnologias renováveis e sustentabilidade	26
2.3.1 As faces da sustentabilidade	27
2.3.2 Motivações ecológicas	29
2.3.3 Motivações sociais	31
2.3.4 Motivação de segurança estratégica	31
2.4 Universalização	32
2.4.1 Mapas estatísticos	35
2.4.1.1 Mapa estatístico do IDH	36
2.4.1.2 Mapa estatístico do IDH - Renda	37
2.4.1.3 Mapa estatístico do IDH - Taxa de crescimento demográfico	38
2.4.1.4 Mapa estatístico do IDH - Acesso a energia elétrica	39
2.4.2 Programas de incentivo a universalização	39
2.4.2.1 Programa de incentivo a comunidades não-atendidas	39
2.4.2.1.1 Luz para todos	39
2.4.2.1.1.1 Prioridades do luz para todos	41
2.4.2.2 Programas de incentivo a comunidades isoladas	41
2.4.2.2.1 Programa de desenvolvimento energético dos estados e municípios	41
2.4.2.2.2 Conta consumo de combustíveis fósseis (CCC)	43
2.4.3 Indicador de universalização no atendimento	44

2.4.3.1 Penalidades	45
2.4.4 PROINFA	45
2.4.4.1 Benefícios do PROINFA	48
2.4.4.1.1 Social	48
2.4.4.1.2 Tecnológico	48
2.4.4.1.3 Estratégico	48
2.4.4.1.4 Meio ambiente	48
2.4.4.1.5 Econômico	48
2.4.4.2 Tecnologias contempladas pelo PROINFA	49
2.5 Fontes renováveis eólica e solar fotovoltaica	50
2.5.1 Eólica	50
2.5.1.1 Disponibilidade de recursos no planeta	51
2.5.1.2 Potencial eólico brasileiro	52
2.5.1.3 Energia eólica no contexto do SEB	55
2.5.1.4 Capacidade instalada no mundo	55
2.5.1.5 Tecnologia eólica	56
2.5.2 Solar fotovoltaica	56
2.5.2.1 Radiação solar	57
2.5.2.2 Efeito fotovoltaico	58
2.5.2.3 Radiação solar no Brasil	58
2.5.2.4 Projetos de aproveitamento da energia solar no Brasil	59
2.5.2.5 Aplicações no mundo	60
2.5.2.6 Tecnologia fotovoltaica	61
2.6 Microaproveitamentos, barreiras, razões e benefícios	62
2.6.1 Oito barreiras para a geração através de micro-aproveitamentos	62
2.6.2 Oito razões e benefícios da microgeração	63
2.6.3 Dez aceleradores de mercado para micro-aproveitamentos	64
2.7 Qualidade no fornecimento de energia elétrica	65
2.7.1 Indicadores de qualidade de fornecimento de energia elétrica	66
2.7.1.1 Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora	66
2.7.1.2 Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora	67
3. RESULTADOS	68
3.1 Oferta e consumo de energia elétrica	68
3.2 Matriz de geração de energia elétrica	71
3.3 Competitividade e energia solar fotovoltaica	73
3.4 Universalização e a meta 2004	76
3.5 Gráficos de inclusão e exclusão	78
3.6 IDH e acesso a energia elétrica	80
3.7 Qualidade da energia elétrica	81
3.8 Comparativo	83
4. CONCLUSÃO	84
4.1 Sugestões a trabalhos futuros	88
4.2 Dificuldades encontradas	89
5. Referências	91

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

No Brasil, e em diversos outros países, o setor elétrico experimenta grandes transformações com relação à sua estrutura de gerenciamento e às decisões de novos investimentos. Este é um fenômeno relacionado com as novas condições financeiras, a contínua evolução tecnológica, variação de custos para a geração de eletricidade e necessidade de universalização de acesso aos serviços de energia elétrica. De uma maneira geral, a grande preocupação das reformas procura garantir o atendimento à demanda, melhor qualidade dos serviços, proporcionar competitividade, buscar maiores investimentos da iniciativa privada e dar oportunidade de acesso mesmo às comunidades mais distantes ou isoladas do sistema nacional de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

O fim do monopólio no setor de produção, transporte e comercialização de energia elétrica no Brasil e a privatização do Sistema Eletrobrás, bem como as autorizações à abertura do mercado para a competição, proporcionaram a vinda para o país de novas empresas. Estas empresas passaram a formar um novo ambiente competitivo, onde as questões relacionadas ao uso de novas fontes na matriz energética visando o atendimento e diversificação na geração, estão se tornando relevantes neste novo mercado brasileiro de energia elétrica.

A busca por alternativas às fontes tradicionais de produção de energia abre caminho para um novo mercado no País. Ainda em seus primeiros passos, mas com imenso potencial, a geração que aproveita a irradiação solar (fotovoltaica), a força dos ventos (eólica) e a biomassa, têm no Brasil o cenário ideal para desenvolver-se (ANEEL, PROINFA, 2000).

O Setor Elétrico no Brasil (SEB), após entrar nesta fase de concorrência e desenvolvimento, continuará a viver em efervescência tendo em vista o amplo mercado a ser explorado, tanto no que toca a necessidade de oferta de energia elétrica, necessidade e oportunidades de diversificação na geração, como no acesso aos serviços e qualidade no fornecimento de energia elétrica, uma vez que, o serviço

de energia elétrica, por sua natureza, tem característica de essencialidade que a faz desejada e necessária por todas as camadas da população.

De acordo com Boreinstein e Camargo (1997), a disponibilidade de energia é um fator fundamental para o desenvolvimento das nações. Em um mundo altamente competitivo e submetido a globalização dos mercados, a energia passa a ser uma variável estratégica de desenvolvimento sobre a qual os planejadores podem e devem atuar no sentido de moldar o estilo de crescimento pretendido.

A escolha deste estilo certamente terá implicações no sistema de produção de energia, pois esta se encontra presente em todos os aspectos do consumo final individual e coletivo, e também como importante fator de produção em todos os setores.

1.1 Proposta de estudo / problema de pesquisa

Em que oportunidades as fontes renováveis eólica e solar fotovoltaica podem contribuir ao desenvolvimento econômico e social, diante da necessidade de energia elétrica aos processos produtivos, contribuindo para a diversificação da matriz de geração e atendimento a necessidade de acesso à energia elétrica por comunidades não atendidas e comunidades isoladas?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Situar, no atual cenário de desenvolvimento do país, as oportunidades de geração de energia elétrica a partir das fontes eólica e solar fotovoltaica para o período (2005-2015), visando atender a demanda por energia, diversificar a geração e universalizar o acesso.

1.2.2 Objetivos específicos

Analisar as oportunidades de contribuição das fontes renováveis (eólica e solar fotovoltaica) na matriz de geração de energia elétrica, sob os seguintes enfoques:

a) disponibilidade (oferta) de energia elétrica ao desenvolvimento econômico (vetor do desenvolvimento);

b) necessidade e/ou oportunidade de diversificação da matriz de geração de energia elétrica como meio de contribuição a sustentabilidade;

c) atendimento as metas de universalização no suprimento à comunidades não atendidas, comunidades isoladas e melhoria da qualidade da energia elétrica fornecida.

1.3 Justificativa / importância e contribuição do estudo

Este trabalho aborda a necessidade e oportunidades para a geração a partir das fontes eólica e solar fotovoltaica, como alternativa a produção de energia elétrica no Brasil. Visando o atendimento à demanda por energia elétrica necessária ao desenvolvimento do país; diversificação nas formas de geração de energia elétrica, de forma a contribuir para um modelo de sustentabilidade econômica, social, ambiental e melhoria da qualidade da energia elétrica fornecida; contribuindo ao modelo de universalização (2005-2015) no atendimento a população até então não atendida e/ou pertencentes a comunidades isoladas. Tendo como pano de fundo o momento em que o Brasil retoma o caminho do desenvolvimento econômico e social até então estagnado pela falta de investimentos nacionais e internacionais dado o período de alta inflação, instabilidade econômica e deterioração das condições socioeconômicas que o país enfrentou no fim dos anos 80 e início dos anos 90.

Retomado o crescimento, o país viu-se regulamentado por um sistema engessado, com leis e um modelo de monopólio inflexível e obsoleto, dado o novo contexto de desenvolvimento e a necessidade de modernização e expansão do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) que foi concebido tendo por influência um modelo essencialmente monopolístico; sem condições de apoiar e atender as crescentes exigências em quantidade e qualidade requeridas pela sociedade.

O desempenho dos serviços e da oferta de energia elétrica é fator de competitividade e desenvolvimento tanto para indústria como para a nação. Para tanto, a necessidade de infra-estrutura adequada ao novo modelo e livre acesso é determinante para inserção, de qualquer país, em posição destacada no contexto internacional.

A reestruturação do SEB introduziu novos conceitos e competição na geração de energia elétrica. A ampliação de exigências voltadas para a sustentabilidade dos meios de geração em termos técnicos e ambientais - relacionadas com a redução de emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera - e a necessidade de universalizar o suprimento de energia elétrica para a população brasileira, motivaram a criação de incentivos ao desenvolvimento de alternativas de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis (ANEEL, CCC, 1999, p.2).

A disponibilidade de recursos energéticos e de tecnologias de aproveitamento não são fatores limitantes ao crescimento econômico do nosso país. Contudo, a grande extensão do território nacional, a distribuição geográfica dos recursos e as peculiaridades regionais são importantes desafios ao planejamento da oferta e gerenciamento da demanda. O SEB vem passando por mudanças e ajustes, a fim de evitar que esses desafios tornem-se um entrave ao desenvolvimento socioeconômico do país.

Com exceção de alguns poucos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o uso de petróleo para geração de eletricidade tem sido decrescente desde os anos 1970. O obsolescimento das plantas de geração, os requerimentos de proteção ambiental e o aumento da competitividade de fontes alternativas são os principais responsáveis por isso (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2002, p.77).

Os aspectos abordados nesta dissertação partem dos mecanismos de legislação e regulamentação que visam estimular o uso de fontes renováveis na matriz de geração de energia elétrica (seja pela necessidade de maior oferta de energia elétrica ou como estratégia à diversificação na geração) e a universalização do acesso à energia elétrica, melhoria da qualidade da energia fornecida e serviços, por esta proporcionados.

A análise proposta por esta dissertação inclui a abordagem de leis, decretos, medidas provisórias, regulamentações e programas da ANEEL e Ministério de Minas e Energia (MME), que tratam do atual mercado de energia para as fontes renováveis e universalização, dos quais destacam-se:

- PROINFA, instituído pela medida provisória nº 14, de 21 de dezembro de 2001, que tem a finalidade de agregar ao sistema elétrico brasileiro 3.300MW de potência, instaladas a partir de fontes alternativas e renováveis.

- PRODEEM; programa do Governo Federal (GF), que foi instituído em dezembro 1994, por decreto presidencial, e é coordenado pelo MME. Tem por objetivo atender às localidades isoladas, não supridas de energia elétrica pela rede

convencional, obtendo essa energia de fontes renováveis locais, de modo a promover o desenvolvimento auto-sustentável, social e econômico, dessas localidades.

- LUZ PARA TODOS, é um programa coordenado pelo MME com participação da Eletrobrás, que tem o objetivo de levar energia elétrica para mais de 12 milhões de pessoas até 2008.

A força motriz que impulsiona a busca pelo aprofundamento das pesquisas sobre este tema está um tanto longe de gerar conclusões precisas para o caso do Brasil, no entanto, remete a discussão exaustiva das alternativas ao desenvolvimento sustentado. O tratamento e a divulgação deste estudo pretende servir de contribuição para o prudente e eficiente progresso no desenvolvimento do SEB, tão importante à nação e ao crescimento dos meios produtivos.

1.4 Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento da presente dissertação é uma análise expositiva a partir de uma pesquisa exploratória, dado a característica da questão proposta para estudo. Para os objetivos específicos explicitados, visando corroborar ao objetivo geral e atender a questão proposta desse estudo, os seguintes métodos de análise foram trabalhados:

a) disponibilidade (oferta) de energia elétrica ao desenvolvimento econômico (vetor do desenvolvimento);

- Crescimento do consumo e oferta da energia elétrica, comparado ao crescimento do PIB no período 1973-2003: são analisados os dados para este período segundo o Balanço Energético Nacional 2003 (BEN 2003), fonte oficial do MME. O crescimento é plotado em gráfico tendo como referência o ano 1973, ou seja, o valor referente a cada ano dividido pelo respectivo valor do ano de referência. O novo valor do PIB para este ano foi obtido pelo método matemático de Gauss-Seidel com uma iteração e erro de 10^{-3} casas decimais em relação ao valor real. Idem para os valores de oferta e consumo de energia elétrica. Para todas as variáveis, os valores foram normalizados em suas unidades padrão de forma a obter em um mesmo gráfico as curvas dessas variáveis de unidades distintas.

- Crescimento no consumo de energia elétrica dos setores produtivos para o período de 1973-2003: são analisados os dados para este período segundo o BEN 2003. O crescimento é plotado em gráfico tendo a partir de 1973 nas suas unidades de origem.

- Análise da dependência externa (importação) de energia elétrica, para o mesmo período: é analisada a evolução na importação de energia elétrica para atender ao consumo de todos setores. O gráfico plotado, também está na unidade padrão.

b) necessidade e/ou oportunidade de diversificação da matriz de geração de energia elétrica como meio de contribuição a sustentabilidade;

- A proposta de avaliação da necessidade e/ou oportunidade de diversificação através de fontes renováveis aborda a energia eólica (contemplada pelo PROINFA) e a energia solar fotovoltaica (não contemplada pelo PROINFA). São analisadas a composição atual da matriz de geração de energia elétrica e a futura composição (matriz atual incrementada da potência associada aos projetos outorgados e em construção para geração a partir de energia eólica). Esses gráficos foram plotados com base nos dados do PROINFA da ANEEL e do Banco de Informações de Geração 2004 (BIG 2004), dados referentes a potência instalada.

- Análise de custo por fonte de geração com base na resolução nº 22/2001 da ANEEL. Tomar-se-á por base os valores normativos desta como referência para análise de competitividade de diferentes fontes de geração.

- Análise dos potenciais de geração de energia eólica: baseada no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, Eletrobrás 2001), são analisados os potenciais por regiões e sub-regiões do país. Para o potencial de radiação solar incidente, são tomados como referência o potencial apresentado pelo Atlas Solarimétrico do Brasil (LabSolar, INMET 1998).

- Análise da evolução de custos de geração por tipo de tecnologia fotovoltaica, eficiência da conversão e volume de produção de painéis fotovoltaicos no mundo. Esses dados foram fornecidos pelo LabSolar da UFSC.

No enfoque para energia eólica é dedicada maior atenção ao potencial, dado o desenvolvimento e consolidação da tecnologia existente. Em contrapartida, no enfoque da energia solar fotovoltaica, o foco é restringido aos custos de diferentes tecnologias e eficiência destas.

c) atendimento as metas de universalização no suprimento à comunidades não atendidas, comunidades isoladas e qualidade da energia elétrica fornecida;

- Análise do Índice de Atendimento (Ia) para municípios: abordados por UF, para a meta 2004; regiões e Brasil, de acordo com as metas de universalização 2004-2015, estabelecidos pela resolução nº 223/2003 da ANEEL. Os dados referentes aos municípios foram obtidos perante a ANEEL em planilhas de acompanhamento da evolução da universalização por municípios e regiões.

- Análise da correlação existente entre o acesso à energia elétrica e o Índice de Desenvolvimento Humano 2000 (IDH 2000); e entre o acesso a energia elétrica e o IDH 2000 – Renda. Tal análise é feita com base no software Atlas do desenvolvimento Humano do Brasil 2000 do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

- A qualidade da energia elétrica é analisada segundo os índices de conjunto: Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), para o Brasil, regiões e UFs. Tais dados têm origem no sistema de monitoramento Argos da ANEEL.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos, segundo a descrição abaixo:

No capítulo 1, é feita uma introdução ao assunto proposto para estudo, é enfocada a questão a ser respondida, ou seja, o Problema de Pesquisa. São apresentados o objetivo geral que vem ao encontro do Problema de Pesquisa e os objetivos específicos no intuito de juntos corroborar ao objetivo geral. São apresentados também os motivos que impulsionaram este estudo, ou seja, a justificativa; bem como a metodologia, de forma a esclarecer o como serão investigados os objetivos específicos de maneira a atender o objetivo geral, respondendo assim a questão proposta.

No segundo capítulo, é feita uma breve retrospectiva do SEB, visando situar o leitor no contexto histórico dos acontecimentos que antecederam o desenvolvimento do assunto proposto.

O segundo capítulo, também é o mais extenso desse trabalho, e tem como objetivo proporcionar condições de entendimento do assunto. Para tal, é realizada uma explanação sobre a atual conjuntura de organização do Sistema Elétrico Nacional (SEN), tanto no que toca ao desenvolvimento técnico como sua estrutura política, tendo como pano de fundo a desestatização dos serviços públicos de energia elétrica. Ainda nesse capítulo, são apresentados os novos desafios do SEB e são apresentadas as principais fontes energéticas que compõe a matriz de geração de energia elétrica brasileira, bem como a capacidade instalada de cada uma e seus respectivos potenciais de aproveitamento.

O enfoque especial do capítulo 2 encontra-se no subitem que trata das tecnologias renováveis e sua relação com um modelo de desenvolvimento sustentável e estratégico. A universalização no acesso a energia elétrica, é introduzida com alguns dados do IBGE, referentes a população brasileira e com mapas estatísticos do IDH, IDH-Renda, IDH-Taxa de crescimento demográfico e IDH-Acesso a energia elétrica, juntamente, com os programas de universalização.

O capítulo 2 também tem reservado, em sua estrutura, o espaço para explanação das fontes renováveis eólica e solar fotovoltaica, formas essas de geração que são foco desta dissertação. São abordadas as aplicações no mundo e no Brasil, com especial atenção ao potencial nacional e tecnologias de aproveitamento.

Finalizando o segundo capítulo, encontram-se listadas algumas características positivas e negativas dos micro-aproveitamentos de energia elétrica baseados em energias renováveis, bem como sugestões de iniciativas de mercado que poderiam acelerar a expansão destes em sistemas de geração. No último subitem do capítulo, são apresentados os indicadores de qualidade no fornecimento de energia elétrica, DEC e FEC, e o sistema de medição e coleta de dados referente a esses índices.

No capítulo (três) de resultados, são apresentados: os índices de crescimento da oferta e consumo de energia elétrica em comparação com o crescimento do PIB, os setores com maior crescimento e a evolução na importação de energia elétrica para o período de 1973 a 2003; os gráficos da atual e futura composição da matriz de geração de energia elétrica, dando enfoque especial a participação da geração a partir de energia eólica e a evolução nos custos referentes à energia solar fotovoltaica, bem como, a evolução na produção de sistemas de

Painéis Fotovoltaicos (PV) no mundo, além de um comparativo entre os custos de energia renováveis relacionando-os a sua competitividade no Brasil.

Ainda no capítulo 3, são mostrados os índices de universalização do acesso a energia elétrica no Brasil no atendimento a meta 2004, a relação existente entre os índices de desenvolvimento humano e o acesso a energia elétrica; e os indicadores de qualidade da energia elétrica fornecida. Finalizando o capítulo é mostrado um comparativo entre as regiões do país em relação aos índices de universalização, potencial de desenvolvimento de energia eólica, qualidade da energia fornecida e os IDH.

Finalizando este trabalho, no capítulo 4 são apresentadas as conclusões em relação a energia eólica e solar fotovoltaica e algumas exposições que remetem a reflexão do leitor quanto ao uso, diversificação na geração e universalização ao acesso a energia elétrica e a contribuição dessas fontes a sustentabilidade e geração de energia elétrica. Também oferece sugestões para trabalhos futuros e desafios a serem vencidos.

O capítulo 5 está reservado às referências bibliográficas consultadas.

CAPÍTULO 2

CENÁRIO ATUAL

Por várias décadas, o SEB cumpriu com eficácia a função de subsidiar o desenvolvimento econômico e industrial do país. A exploração racional e integrada dos potenciais hidráulicos proporcionou o atendimento à demanda crescente por energia elétrica, notadamente após a década de 60, quando o uso do vasto potencial dos recursos hídricos se tornou realidade. A expansão contínua do parque gerador instalado foi possível pela intervenção estatal, tendo a coordenação técnica, financeira e administrativa do setor público, sido exercida pela Eletrobrás.

Integrada a uma estrutura de empresas geradoras e distribuidoras de âmbito regional que investiram na infra-estrutura de grandes barragens, centrais elétricas, linhas de alta tensão, etc, o setor promoveu a construção e operação dos sistemas elétricos hoje existentes. Houve o aporte de capital requerido pelo crescimento urbano e industrial, que assegurou energia elétrica em larga escala e baixo custo. As redes de transmissão de energia foram decisivas para descentralizar a disponibilidade de energia para além das proximidades dos centros de geração, permitindo integração entre pontos críticos e o gerenciamento da sazonalidade da energia.

Tudo isso foi efetivo nas regiões Sul, Sudeste e grande parte das regiões Nordeste e Centro-Oeste. A região Norte ou, mais precisamente, grandes áreas pertencentes à Amazônia Legal, permaneceram, por questões de obstáculos naturais e barreiras logísticas, associadas a grandes extensões geográficas, dependentes de subsídio aos combustíveis fósseis (diesel e óleo combustível) para que a geração termelétrica descentralizada pudesse atender, com tarifas uniformizadas e compatíveis, os consumidores daquelas regiões.

No caso do Brasil, onde historicamente a geração de energia elétrica é predominantemente hídrica, a geração térmica, particularmente com derivados de petróleo, é muito pouco expressiva no âmbito nacional. Contudo, tem desempenhado um papel importante no atendimento da demanda de pico do

sistema elétrico e, principalmente, no suprimento de energia elétrica a municípios e comunidades não atendidas pelo Sistema Interligado Nacional (SIN).

Tem sido observado, um contínuo aumento no consumo e no número de consumidores residenciais de energia elétrica em todo o país, especialmente após o Plano Real. O aumento de consumo residencial tem sido maior nas regiões de clima mais quente, como nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, que mesmo assim ainda apresentam um largo contingente da população sem atendimento de serviços de eletricidade.

O setor industrial participa com cerca de 45% do consumo total de eletricidade, e é também responsável por cerca de 28% do PIB nacional. A evolução futura da estrutura industrial do país deverá se apresentar mais diversificada e mais dependente de tecnologias e processos que requerem níveis maiores de qualidade e confiabilidade, especialmente durante períodos de pico do sistema. Em muitas regiões do país deverá haver um significativo aumento de demanda nos setores de comércio e serviços, setores que já registram as maiores taxas de crescimento nos últimos anos (CTENERG, 2001, p.4).

É marcante a tendência observada de aumento de atividades econômicas baseadas em eletricidade e maiores demandas por níveis de conforto material dependentes de tecnologias que utilizam eletricidade. Como resultado, é notória a alta da intensidade elétrica da economia brasileira e a necessidade de maior rapidez na introdução de inovações que possam sustentar seu desenvolvimento de maneira mais eficiente.

No entanto, a ótica para a investigação de avanços no SEB não deve se restringir às possibilidades de novas tecnologias e processos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade. Existe a expectativa que parte dessas pesquisas estejam sendo conduzidas através dos recursos para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das próprias concessionárias. A demanda de energia elétrica se caracteriza por crescentes necessidades de serviços de energia: iluminação, refrigeração, força motriz, ventilação, ar-condicionado e outros. O que interessa para a sociedade é a garantia de que essas necessidades de usos finais da energia elétrica sejam atendidas, com custos adequados, qualidade no fornecimento e com menores impactos ambientais, resultando numa melhoria da qualidade de vida. Essas expectativas podem ser atendidas seja através de tecnologias mais eficientes nos setores de consumo, seja através de aumento na geração.

2.1 A nova estrutura do SEB

O sistema nacional de transmissão de energia elétrica tem por finalidade a distribuição espacial da energia gerada, conectando as usinas geradoras às subestações de distribuição. Visando à otimização temporal e econômica da geração, isto é, a alocação eficiente e racional da energia gerada, o SEN opera de forma interligada. Assim, o déficit na geração de energia de uma região pode ser compensado pelo excesso de capacidade de geração em outra(s).

2.1.1 Organização institucional do SEB

A exemplo do que tem ocorrido em vários países, o SEB vem passando por um processo de reestruturação, com profundas modificações no quadro institucional, financeiro, regulatório etc. O processo de privatização das concessionárias estaduais e federais de energia elétrica, a criação da ANEEL e do Operador Nacional do Sistema (ONS) e a reestruturação da Eletrobrás são as principais mudanças institucionais do setor. Nesse novo contexto, as atribuições do Estado concentram-se essencialmente na formulação de políticas energéticas para o setor e na regulação de suas atividades, incluindo geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica.

A elaboração de políticas e diretrizes para o setor energético é de responsabilidade do MME, auxiliado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). A regulamentação e a fiscalização das referidas atividades, incluindo a operação do Sistema Interligado Nacional (SIN), função do ONS, são atribuições da ANEEL (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2002, p.101).

A desverticalização do setor e a introdução da livre concorrência nas áreas de geração e comercialização de energia elétrica têm proporcionado a entrada de capital privado, a redução de custos e o aumento da eficiência global do sistema. O nascimento desse mercado aberto é feito com base na criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE), um ambiente de comercialização de energia elétrica, onde ocorrem as transações de compra e venda não cobertas por contratos bilaterais. Fazem parte do MAE as 62 maiores empresas do SEB.

A ANEEL, autarquia em regime especial, vinculada ao MME , foi criada pela Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996. Tem como atribuições: regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, atendendo reclamações de agentes e consumidores com equilíbrio entre as partes e em benefício da sociedade; mediar os conflitos de interesses entre os agentes do SEB e entre estes e os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços.

A missão da ANEEL é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

A estrutura funcional do novo modelo é composta pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), responsável pela elaboração das políticas de energia do Brasil. Vinculado a este, está o Ministério de Minas e Energia (MME), responsável por garantir o andamento dos projetos de política energética, assessorado pelo Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Energia.

A ANEEL é o agente regulador, para a área de energia elétrica. Vinculada a esta, o Operador Nacional do Sistema (ONS) é quem garante a administração e operacionalidade do sistema de geração e transmissão de energia elétrica. À Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) cabe orientar e regular o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE). Tal estrutura é mostrada na figura 1.

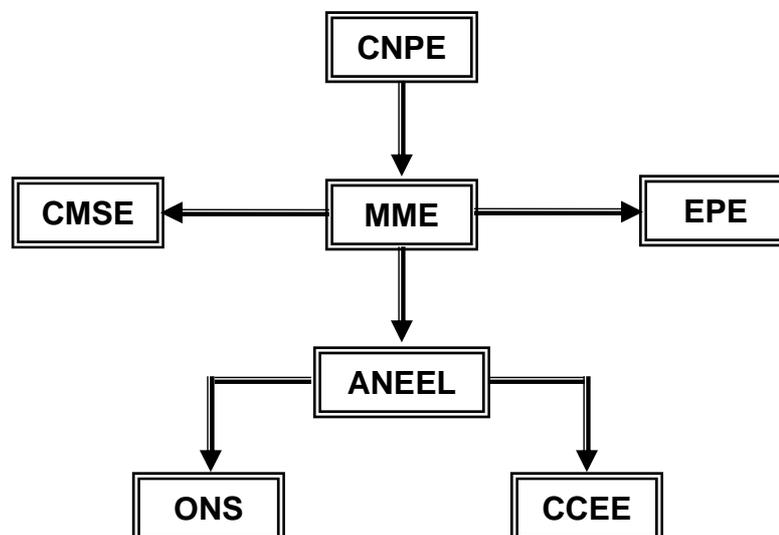


Figura 1 - Composição da estrutura funcional do SEB.

2.1.2 Desafios do setor elétrico brasileiro

O Brasil enfrenta grandes desafios para prover os requisitos necessários de serviços de eletricidade nas próximas décadas. A energia elétrica participa cada vez mais de todos os aspectos da cadeia produtiva nacional e o bem estar econômico e social da população depende crescentemente de um suprimento confiável e de qualidade.

Dentre os maiores desafios a serem enfrentados pelo país destacam-se:

1. Atender a crescente demanda de serviços de eletricidade do país;
2. Diversificar a matriz de fornecimento de eletricidade;
3. Desenvolver tecnologias de energia com menor impacto ambiental/social e que contribuam para o uso racional e eficiente da energia;
4. Garantir as características de interesse público em um ambiente de mercado competitivo dos serviços de eletricidade (CTENERG, 2001, p.3).

2.1.3 Expansão do SEB

Segundo o MME, o mercado de energia elétrica experimenta um crescimento da ordem de 4,5% ao ano, devendo ultrapassar a casa dos 100 GW em 2008. O planejamento governamental de médio prazo prevê a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 6 a 7 bilhões/ano para expansão da matriz energética brasileira, em atendimento à demanda do mercado consumidor.

Para o futuro, algumas alterações devem ocorrer na estrutura dos investimentos em energia, incluindo a instalação de centrais termelétricas a gás natural, que exigem prazos de implementação e investimentos menores que as hidrelétricas. Por outro lado, deverão ser ampliadas as importações de energia da Argentina, Venezuela e Bolívia; e a interligação elétrica entre o Sul e o Norte do Brasil, o que significa maiores investimentos em rede de transmissão.

As principais oportunidades de negócios no mercado de energia elétrica nacional estão ligadas à oferta de novos empreendimentos de geração para exploração pela iniciativa privada e à construção de linhas de transmissão, bem como à privatização de ativos de sistemas de distribuição e de geração. Outro foco se concentra na universalização do atendimento às comunidades isoladas da região Norte de país e do meio rural, que devem estar concluídos até 2015.

Ao longo das últimas duas décadas, o consumo de energia elétrica apresentou índices de expansão bem superiores ao PIB, fruto do crescimento

populacional concentrado nas zonas urbanas, do esforço de aumento da oferta de energia e da modernização da economia.

2.1.4 Sistema elétrico nacional

Para atender ao crescente mercado, existe o desafio de se manter e expandir a atual infra-estrutura de serviços de energia elétrica, buscando-se incentivar o uso de tecnologias mais modernas, mais limpas e eficientes. Existe a necessidade de se continuar a desenvolver estudos que garantam a operação, qualidade de energia, supervisão, segurança e confiabilidade do SIN e seu planejamento.

O SEN destaca-se tecnicamente pela interligação de um grande número de unidades produtoras e unidades consumidoras de energia elétrica, distribuídas em uma área de dimensões continentais. Estas características permitem considerá-lo único em âmbito mundial.

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica no Brasil é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O SIN é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica.

A operação de um sistema elétrico interligado com tais dimensões só tornou-se possível em virtude do desenvolvimento de competências técnicas com alta qualidade para planejar, implementar e operar esta estrutura.

Segundo a ANEEL, a operação do SIN está a cargo do ONS, cuja estratégia de operação é baseada em Centros de Operação de Sistemas Regionais (COSR), responsáveis por informar, em tempo real, a programação da operação aos centros produtores de energia elétrica. A operação dos COSRs é coordenada pelo Centro Nacional de Operação do Sistema (CNOS). Toda esta estratégia está baseada na interligação de produtores, distribuidores e consumidores de grande porte através de um sistema único de Transmissão de Energia Elétrica, denominado de Rede Básica de Transmissão (RBT) do SIN.

O planejamento da operação do sistema é o núcleo de todo processo de controle executado pelo ONS. Na perspectiva de curto prazo, o planejamento é

fortemente dependente da capacidade de oferta de energia elétrica do SIN, bem como da demanda e do comportamento do consumidor final. Em termos de médio e longo prazo, o planejamento da operação do SIN sofre forte influência da política energética nacional, do desempenho da economia, da matriz energética disponível, de questões climáticas e da capacidade de investimentos, entre outros aspectos. A administração desta estrutura em um cenário de mercado competitivo de comercialização da energia elétrica é atualmente um dos grandes desafios do setor de transmissão de energia elétrica.

O papel de atendimento do consumidor final é realizado pelas empresas de distribuição de energia. A eficiência energética da distribuição têm um peso considerável no resultado final das empresas de distribuição, uma vez que os custos das perdas energéticas são pagos ao produtor de energia e ao agente transmissor, e não podem ser repassados ao consumidor final, principalmente em um cenário de mercado competitivo, agravado, ainda, pela escassez do bem comercializado. Além disto, a liberdade comercial do cliente, para contratar o operador de serviços de energia que melhor lhe atender, cria um ambiente onde a disponibilidade e a qualidade da energia elétrica comercializada é determinante na manutenção da carteira de clientes estratégicos. Diante disto, a eficiência energética e a qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição são atualmente aspectos de grande importância para as empresas do setor.

Dadas essas peculiaridades e complexidades no gerenciamento nos serviços de energia elétrica, o Fundo Setorial de Energia (CTENERG) tem como principais objetivos:

1. aumentar as opções tecnologicamente viáveis para o país de alternativas para serviços de eletricidade, com menores custos e melhor qualidade, que auxiliem a promoção da universalização dos serviços e o conseqüente aumento do bem estar social;
2. desenvolver, consolidar e aumentar a competitividade da tecnologia industrial nacional, e estimular oportunidades de exportação de know-how, produtos e tecnologias de energia (CTENERG, 2001, p.16).

2.1.4.1 Configuração do SEN

O SEN é fortemente dependente de energia hidráulica, e os melhores potenciais hidrelétricos do país não estão localizados próximos dos grandes centros consumidores. Outros fatores importantes são a grande extensão territorial e as

variações climáticas e hidrológicas do país, o que tende a gerar excedentes de produção hidrelétrica em determinadas regiões e períodos do ano. Dessa forma, a transmissão de grandes quantidades de energia elétrica e a interligação do sistema são fundamentais para o suprimento de eletricidade no país.

2.1.5 Energia, espaço geográfico e desenvolvimento

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência da espécie humana. E mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. Dessa forma, a exaustão, escassez ou inconveniência de um dado recurso tendem a ser compensada pelo surgimento de outro(s). Em termos de suprimentos energéticos, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões.

No terceiro milênio, os avanços tecnológicos em geração, transmissão e uso final de energia elétrica permitem que ela chegue aos mais recônditos lugares do planeta, transformando regiões desocupadas ou pouco desenvolvidas em pólos industriais e grandes centros urbanos.

Uma forma interessante de visualizar esse novo mundo é por meio da combinação de imagens da Terra vista do espaço, como ilustrado na figura 2. Apesar dos referidos avanços tecnológicos e benefícios proporcionados, cerca de um terço da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso, e uma parcela considerável é atendida de forma muito precária. No panorama nacional, a situação é menos crítica, mas ainda muito preocupante. Apesar da grande extensão territorial do país e da abundância de recursos energéticos, há uma enorme diversidade regional e forte concentração de pessoas e atividades econômicas em regiões com sérios problemas de suprimento energético.

Como indicado pelo último censo demográfico do IBGE (2000), mais de 80% da população brasileira vive na zona urbana. A grande maioria desse contingente vive na periferia dos grandes centros urbanos, onde as condições de infra-estrutura são altamente deficitárias.



Figura 2 - Vista noturna da Terra a partir de imagens de satélite.
Fonte: INPE.

2.2 Principais fontes de geração da matriz de energia elétrica brasileira

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica (2002), o Brasil tem 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.

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 como 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.

2.2.1 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 as seguintes: 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. 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 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 (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2002, p.17).

2.2.1.1 Potencial hidrelétrico brasileiro

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2002), o potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em cerca de 260 GW, dos quais apenas 25% estão sendo utilizados na produção de energia pelas usinas hidrelétricas de médio e grande porte e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). A região Norte tem o maior potencial para geração hidráulica, 114 GW ou 44%, enquanto a região Nordeste tem apenas 10% deste total, 26 GW. 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.

No Brasil, de acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2002), a geração hidrelétrica tem garantido, nos últimos anos, a produção de cerca de 95% da eletricidade consumida no país. A capacidade instalada atualmente é da ordem de 61 GW, o que representa cerca de 37% do potencial inventariado e 23% do potencial estimado. Quase 2/3 da capacidade instalada estão localizados na bacia do Rio Paraná. Outras bacias importantes são a do São Francisco e a do Tocantins, com 17% e 9%, respectivamente, da capacidade instalada no país. As bacias com menor potência instalada são as do Atlântico Norte/Nordeste, Rio Uruguai e Amazonas, que somam apenas 2% da capacidade instalada no Brasil.

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.

2.2.1.2 Capacidade instalada

Segundo o Banco de Informações de Geração (BIG) do MME, a energia hidráulica é a segunda maior fonte de geração de energia elétrica no mundo, com uma participação de aproximadamente 18%. Em termos absolutos, os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo são Canadá, Estados Unidos, Brasil, China e Rússia, respectivamente.

2.2.1.3 PCHs

As recentes mudanças institucionais e regulamentares introduziram incentivos aos empreendedores interessados, removendo uma série de barreiras à entrada de novos agentes na indústria de energia elétrica, assim como a revisão do conceito de PCHs têm estimulado a proliferação de aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte e baixo impacto ambiental no Brasil. Esses empreendimentos procuram atender demandas próximas aos centros de carga, em áreas periféricas ao sistema de transmissão e em pontos marcados pela expansão agrícola nacional, promovendo o desenvolvimento de regiões remotas do país.

2.2.2 Biomassa

Do ponto de vista energético, biomassa é toda matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e muitas outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos na cadeia alimentar (trófica) de todos os seres vivos.

Hoffmann (1999, p. 114) sobre a composição da biomassa “ocorre em formações naturais e, portanto, possui composição e morfologia muito variada em função das condições locais e ambientais, onde é produzida, sendo basicamente composta de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio”.

O amplo espectro de constituição inclui todas as formas naturais e resíduos de atividades humanas e animais no processamento dessas. Desse conjunto, é possível através de expedientes diversos obter-se energia,

como, por exemplo, na combustão de: material lignocelulósico de árvores, álcool obtido por fermentação de açúcares de plantas e gás metano produzido pela digestão anaeróbica de resíduos. A biomassa constitui, portanto, parte dos recursos energéticos que se caracterizam como fluxo de energia, pois pode ter seu ciclo continuado ou renovado.(HOFFMANN, 1999, p. 114).

Para Hoffmann (1999), uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, através da combustão em fornos, caldeiras, etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão eficiente, como a gaseificação e a pirólise.

Ainda, segundo Hoffmann (1999), em termos de tecnologia de queima, entre os fornecedores do mercado nacional com sistemas que procedem uma boa queima de casca de arroz, dois princípios predominam como alternativas eficientes: a combustão pirolítica e a queima em suspensão. Somente a primeira tem apresentado alternativas em pequena escala, tanto do ponto de vista de soluções das limitações dos equipamentos, como do ponto de vista de viabilidade econômica.

O fluxograma para a produção de eletricidade, envolve desde a forma primária biomassa, inicia, nos processos convencionais, com a utilização da energia química contida nas moléculas, através da combustão, que é transformada em energia cinética das moléculas dos gases. Essa é repassada para a água, com produção de vapor, que por sua vez vai movimentar uma turbina, ou motor, acionando o gerador de energia elétrica.

A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas acarretarão maior aproveitamento energético da biomassa. Mesmo atualmente, a biomassa vem sendo mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade de comunidades isoladas da rede elétrica.

No Brasil, além da produção de álcool, queima em fornos, caldeiras e outros usos não-comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica. A produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras também gera uma grande quantidade de resíduos, que pode igualmente ser aproveitada na geração de energia elétrica.

2.2.3 Petróleo

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos (moléculas de carbono e hidrogênio) que tem origem na decomposição de matéria orgânica, principalmente o plâncton (plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), causada pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio. Ao longo de milhões de anos, essa decomposição foi-se acumulando no fundo dos oceanos, mares e lagos e, pressionada pelos movimentos da crosta terrestre, transformou-se na substância oleosa denominada petróleo.

Essa substância é encontrada em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários. Embora conhecido desde os primórdios da civilização humana, somente em meados do século XIX tiveram início a exploração de campos e a perfuração de poços de petróleo. A partir de então, a indústria petrolífera teve grande proliferação, principalmente nos Estados Unidos e na Europa. Apesar da forte concorrência com o carvão e com outros combustíveis considerados nobres naquela época, o petróleo ganhou projeção no cenário internacional, principalmente após a invenção dos motores a gasolina e a óleo diesel.

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2002), durante muitas décadas, o petróleo foi o grande propulsor da economia internacional, chegando a representar aproximadamente 50% do consumo mundial de energia primária, no início dos anos 1970. Embora com redução gradativa ao longo do tempo, sua participação na matriz energética mundial é ainda da ordem de 33% e deverá manter-se expressiva por várias décadas.

2.2.4 Carvão mineral

O carvão é uma complexa e variada mistura de componentes orgânicos sólidos, fossilizados ao longo de milhões de anos, como ocorre com todos os combustíveis fósseis. Sua qualidade, determinada pelo conteúdo de carbono, varia de acordo com o tipo e o estágio dos componentes orgânicos. A turfa, de baixo conteúdo carbonífero, constitui um dos primeiros estágios do carvão, com teor de carbono na ordem de 45%; o linhito apresenta um índice que varia de 60% a 75%; o carvão betuminoso (hulha), mais utilizado como combustível, contém cerca de 75%

a 85% de carbono, e o mais puro dos carvões, o antracito, apresenta um conteúdo carbonífero superior a 90%.

Da mesma forma, os depósitos variam de camadas relativamente simples e próximas da superfície do solo e, portanto, de fácil extração e baixo custo, a complexas e profundas camadas, de difícil extração e custos elevados.

De acordo com a BP Amoco (2004), em termos de contribuição na matriz energética mundial, o carvão é atualmente responsável por cerca de 22% de todo o consumo mundial de energia primária e 45% de toda a eletricidade gerada no mundo.

Apesar dos graves impactos ao meio ambiente, o amplo uso do carvão como fonte de energia elétrica deve-se as seguintes razões (relativamente a outros combustíveis):

1. abundância das reservas;
2. distribuição geográfica das reservas;
3. baixos custos e estabilidade nos preços.

Embora fontes renováveis, como biomassa, solar e eólica venham a ocupar maior parcela na matriz energética mundial, o carvão deverá continuar sendo, por muitas décadas, o principal insumo para a geração de energia elétrica, especialmente nos países em desenvolvimento. Para isso, no entanto, são necessários avanços na área de P & D, visando a atender aos seguintes requisitos:

1. melhorar a eficiência de conversão;
2. reduzir impactos ambientais (principalmente na emissão de gases poluentes);
3. aumentar sua competitividade comercial.

Mesmo que não sejam mutuamente excludentes, esses fatores são normalmente conflitantes, principalmente os itens 2 e 3.

2.2.5 Gás natural

Segundo a GASNET (2004), de modo similar aos demais combustíveis fósseis, o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos no estado gasoso, decorrentes da decomposição de matéria orgânica fossilizada ao longo de milhões de anos. Em seu estado bruto ou natural, o gás natural é composto principalmente por metano, com proporções variadas de etano, propano, butano, hidrocarbonetos

mais pesados e também CO₂, N₂, H₂S, água, ácido clorídrico, metanol e outras impurezas. Os maiores teores de carbono são encontrados no gás natural não-associado.

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica da ANEEL (2002), as principais propriedades do gás natural são a sua densidade em relação ao ar, o poder calorífico, o índice de Wobbe, o ponto de orvalho da água e dos hidrocarbonetos e os teores de carbono, CO₂, hidrogênio, oxigênio e compostos sulfurosos. Outras características intrínsecas importantes são: os baixos índices de emissão de poluentes, em comparação a outros combustíveis fósseis; a rápida dispersão em caso de vazamentos e os baixos índices de odor e de contaminantes. Ainda, em relação a outros combustíveis fósseis, o gás natural apresenta maior flexibilidade, tanto em termos de transporte como de aproveitamento.

Além de insumo básico da indústria gasoquímica, o gás natural tem-se mostrado cada vez mais competitivo em relação a vários outros combustíveis, tanto no setor industrial como no de transporte e na geração de energia elétrica. Neste último caso, a entrada do gás natural na matriz energética nacional, conjugada com a necessidade de expansão do parque gerador de energia elétrica e com o esgotamento dos melhores potenciais hidráulicos do país, tem despertado o interesse de analistas e empreendedores em ampliar o uso do gás natural na geração termelétrica.

2.2.6 Energia nuclear

A energia nuclear ou nucleoeletrica é proveniente da fissão do urânio em reator nuclear. Apesar da complexidade de uma usina nuclear, seu princípio de funcionamento é similar ao de uma termelétrica convencional, onde o calor gerado pela queima de um combustível produz vapor, que aciona uma turbina, acoplada a um gerador de corrente elétrica.

A Eletronuclear (2004), explica o funcionamento do sistema de geração de energia a partir do Urânio. Na usina nuclear, o calor é produzido pela fissão do urânio no reator, cujo sistema mais empregado Pressurized Water Reactor (PWR) é constituído de três circuitos, a saber: primário, secundário e de refrigeração. No primeiro, a água é aquecida a uma temperatura de aproximadamente 320°C, sob uma pressão de 157 atmosferas. Em seguida, essa água passa por tubulações e vai

até o gerador de vapor, onde vaporiza a água do circuito secundário, sem que haja contato físico entre os dois circuitos. O vapor gerado aciona uma turbina, que movimenta o gerador e produz corrente elétrica.

Os choques internacionais do petróleo, nos anos 1970, e a crise energética subsequente levaram à busca de fontes alternativas de geração de eletricidade. Nesse contexto, a energia nuclear tornou-se uma alternativa mais promissora, recebendo a atenção de muitos analistas e empreendedores, assim como vultosos investimentos. Segundo a BP Amoco (2004), em pouco mais de duas décadas, a energia nuclear passou de uma participação desprezível (0,1%) para 17% da produção mundial de energia elétrica, ocupando assim o terceiro lugar entre as fontes de geração.

2.3 Tecnologias renováveis e sustentabilidade

Os impactos ambientais associados a produção e uso de energia em geral, e de eletricidade em particular, são dos mais significativos conhecidos pela sociedade industrial. É necessário contrabalançar o contínuo crescimento da oferta e demanda com tecnologias que atendam crescentes requisitos de proteção ambiental e controle de emissões de gases que contribuem para o efeito estufa. Já não é possível conceber que a evolução do quadro energético possa se processar seguindo as tendências tecnológicas atuais, sem rápida introdução de inovações e crescente cooperação entre o setor público e privado para disseminação dos resultados na escala necessária para controlar os efeitos ambientais.

Sabe-se que o fator energético é muito importante para a continuidade e o desenvolvimento de uma sociedade. É também de conhecimento geral a vulnerabilidade dos atuais mecanismos de suprimento de energia, baseados em recursos não renováveis como carvão, petróleo e outros, cujo esgotamento das reservas naturais provocaria um colapso na sociedade atual (FARRET, 1999, p. 62).

A busca pela sustentabilidade, no caso da geração de energia elétrica por fontes renováveis, baseia-se pelo desenvolvimento e aplicação de tecnologias que tenham na sua essência o atendimento ao tripé da sustentabilidade, ou seja, que sejam tecnologias ambientalmente efetivas, economicamente pagáveis e socialmente aceitáveis.

Segundo o CTENERG (2001), atividades bem planejadas e coordenadas em Ciência e Tecnologia (C&T) na área energética que tomem partido do potencial de recursos renováveis existentes no país poderão significar oportunidades para melhor posicionar o país em nichos de tecnologias limpas e abrir possibilidades para exportação de produtos, processos e assistência técnica que sejam atrativos e competitivos no mercado internacional. O CTENERG (2001, p. 8) “deverá identificar essas oportunidades e estimular projetos de pesquisa básica dirigida e aplicada nessas áreas”.

O desenvolvimento científico e tecnológico para avaliação de potenciais de recursos renováveis (eólico, solar, PCHs), co-geração, a contribuição de células a combustível, participação do gás natural, a geração termo-nuclear através de novos conceitos de reatores e ciclo de combustível avançados, e o impacto de tecnologias eficientes devem fazer parte de esforços iniciais para a determinação de prioridades para atividades de P&D nessas áreas.

A política do CTENERG concorda com a posição de Jean Marie (2004):

A segurança energética é uma componente da estratégia energética nacional que inclui objetivos de aumento de eficiência energética e de mix das fontes de energia, compatível com um desenvolvimento sustentável. Ela é servida por um sistema coerente de normas e/ou de taxas que resultam na internalização dos custos externos, incluindo aquele custo da falha das redes, nos preços das diversas fontes de energia. Ela se apóia num financiamento público de P & D, explorando as pistas tecnológicas que não seriam exploradas espontaneamente pelas empresas. (JEAN MARIE, 2004, p. 7).

2.3.1 As faces da sustentabilidade

Os cenários de deterioração ambiental e social em que se apresentam os modelos de desenvolvimento, necessitam de correção, no intuito de compensar as discrepâncias cometidas no passado, visando reduzir as potencialidades de ameaças que o uso desregrado de recursos naturais causaram e causam aos delicados sistemas naturais que abrigam a humanidade desde o seu aparecimento.

A ciência dá às empresas a base necessária para compreender a economia emergente dos sistemas vivos e dos serviços do ecossistema. Em termos científicos não existe fenômeno chamado produção, o que há é transformação. Pouco importa como são usados, espalhados ou dispersados os recursos ou a energia, sua soma permanece essencialmente a mesma, como dita a Lei da Conservação de Matéria e da Energia. Tal lei é de grande interesse porque significa que o termo “consumo” não passa de uma abstração, de uma ficção, criada pela

imaginação dos economistas - e fisicamente impossível em todo e qualquer processo ou transformação. Esse conceito é de importância decisiva, pois é da "qualidade" que a indústria se serve para criar valor econômico. Em vez de nos interrogarmos sobre a possibilidade do esgotamento dos recursos naturais, é mais útil que nos preocupemos com os aspectos específicos da qualidade que o capital natural produz: a água e o ar puros, o solo fértil, o alimento, os animais, as florestas, a polinização, os oceanos, os rios; as fontes de energia disponíveis e exploráveis; e muito mais. Se a indústria retirar do sistema matéria concentrada e estruturada mais depressa do que ela pode ser reposta e, ao mesmo tempo, destruir os meios de sua criação, ou seja, os ecossistemas e os habitats, estará introduzindo um problema fundamental na produção (HAWKEN e LOVINS, 1999, p. 138).

Ignacy Sachs (1993), sugere alguns caminhos para o século XXI e propõe, como marco conceitual, para se escapar do ciclo vicioso da pobreza e da destruição ambiental, a superação dos obstáculos políticos e sociais que realmente impedem a transição para o desenvolvimento sustentável. A partir de constatações como a de que a teoria econômica clássica do livre mercado torna-se insuficiente como diretriz política e econômica, portanto, faz-se necessária uma nova contabilidade que inclua parâmetros sociais e ambientais.

Os instrumentos puramente econômicos não operam eficientemente na ausência de instrumentos reguladores, acompanhamento efetivo e sistemas de coação. E esta constatação axiomática pode ser extrapolada desde o controle da poluição e gestão de resíduos industriais e domésticos, até de como funcionam as relações entre os dois principais grupos de países, os pobres e os ricos.

Sachs (1993) sugere cinco dimensões de sustentabilidade para se planejar o desenvolvimento:

1. Sustentabilidade social, orientada para a equidade e a satisfação de necessidades materiais e não materiais para o desenvolvimento humano;
2. A sustentabilidade econômica, orientada no sentido macrosocial ao invés de microempresarial, superando-se as atuais combinações de fatores negativos como barreiras protecionistas, serviço da dívida, condições adversas de troca e limitação ao acesso à ciência e tecnologia;
3. A sustentabilidade ecológica, pela intensificação do uso dos recursos potenciais de cada sistema, limitação do consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos, facilmente esgotáveis ou ambientalmente prejudiciais, limitação dos resíduos pela conservação e reciclagem de energia e de recursos, autolimitação do consumo material pelos países ricos e pelas camadas sociais privilegiadas,

intensificação da pesquisa tecnológica limpa para a promoção do desenvolvimento urbano, rural e industrial e a definição de regras para a proteção ambiental e instrumentos institucionais, legais, administrativos e econômicos para assegurar o cumprimento das regras;

4. A sustentabilidade espacial, voltada para o equilíbrio da configuração rural - urbano e uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos;

5. A sustentabilidade cultural, respeitando as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

A diversificação na geração de energia elétrica através de fontes renováveis, como meio a sustentabilidade, está direta e intimamente ligada aos princípios 1 e 3.

Para Januzzi (2000), os problemas de energia e meio ambiente no futuro certamente serão mais difíceis e complexos de serem resolvidos e necessitarão de novas tecnologias. É importante garantir investimentos em P & D com horizontes relativamente largos para produzir resultados esperados. A expectativa de redução de preços finais de energia resultantes de maior competitividade entre as empresas de energia impõe também novos desafios para as fontes alternativas e tecnologias mais eficientes de uso de energia. Isso deve implicar necessidade de maiores esforços e investimentos nessas áreas para que essas opções possam competir com as fontes convencionais no futuro.

Segundo a International Energy Agency (IEA)/OECD (2003) a análise da normatização também confirma a importância de promover o desenvolvimento de novas tecnologias que devem emergir rapidamente e tecnologias existentes devem ser melhoradas. Enquanto isso, ferramentas políticas devem promover o desenvolvimento e difusão das tecnologias através de grandes incentivos à P & D, colaboração tecnológica entre diferentes países e incentivos de mercado bem estruturados com sinais de bons preços em longo prazo.

2.3.2 Motivações ecológicas

O sistema energético compreende um conjunto de atividades que podem ser divididas em três níveis:

1. produção e conversão de fontes em vetores energéticos,
2. armazenamento e distribuição dos vetores, e;

3. consumo final.

As fontes de energia podem ser classificadas como fontes primárias ou secundárias, ou como fontes renováveis ou não-renováveis. As fontes primárias originam-se em processos naturais, e incluem petróleo, carvão, gás natural etc. Geralmente, a energia primária necessita ser transformada em energia secundária (ou vetor), como por exemplo, eletricidade ou gasolina, para ser utilizada.

Segundo Januzzi (1997), a classificação das fontes energéticas como renováveis ou não-renováveis pode ser controvertida. A princípio nenhuma fonte pode ser considerada absolutamente inesgotável. Todavia fontes de energia são consideradas fontes renováveis se seu uso pela humanidade não causa uma variação significativa nos seus potenciais e suas reposições em curto prazo são relativamente certas.

As preocupações com o meio ambiente vão desde a constatação da inegável poluição aérea dos grandes centros, cursos de água que recebem efluentes “*in natura*” e dos solos degradados pelo desmatamento, mineração e todo tipo de despejo poluente, até a contabilidade da emissão de gases do efeito estufa, visando a negociação internacional sobre os ainda não definidos parâmetros para a responsabilização dos grandes emissores.

Pelo perfil hidráulico da matriz energética brasileira, de acordo com Santos (2000), cerca de 90% da eletricidade consumida vem de fonte pouco emissora de CO₂ (se resumindo às emissões de CO₂ e CH₄, dos próprios lagos das hidroelétricas devido à decomposição de matéria orgânica e atividade metabólicas de algas e microorganismos), ao contrário de outros países com geração elétrica predominantemente térmica.

Em contrapartida, Aguiar (2004) alerta que com a implantação de usinas térmicas a gás a matriz energética tende a ter, em um futuro próximo, uma maior contribuição deste combustível na geração elétrica, embora a eletricidade de fonte hidráulica ainda permaneça como fonte principal. A queima do gás, na geração, vai, no entanto, aumentar os valores de emissão brasileira de CO₂.

Assim, qualquer redução no consumo energético, pela aplicação de uma maior eficiência, contribuirá para não aumentarem os empreendimentos em geração, sejam térmicos ou hidráulicos, diminuindo não só os impactos diretos sobre o meio ambiente, mas também as emissões de CO₂, favorecendo o país em negociações internacionais.

2.3.3 Motivações sociais

No Brasil pode-se falar de ineficiência energética, por um lado, considerando-se os desperdícios e o mau uso. Por outro, também se pode falar que existe no país uma ineficiência social, pela grande iniquidade neste setor, como atestam os índices de desenvolvimento humano. (VILLA VERDE, 2000, p. 32).

O combate à ineficiência energética estará atuando nos dois lados desta questão. Enquanto, obviamente, está se investindo para melhorar as formas de utilização, diminuindo o consumo sem perder a qualidade, ao mesmo tempo está se gerando energia com eficiência e distribuindo-se renda.

2.3.4 Motivação de segurança estratégica

Foi com os choques do petróleo que o mundo contemporâneo conheceu os aspectos estratégicos da dependência externa de uma fonte de energia. Apesar da não dependência do Brasil em relação ao petróleo para a sua geração elétrica, como dependem outros países, hoje já começa a consumir gás natural importado, principalmente em empreendimentos de geração descentralizada e independente e que usam a técnica de cogeração para a produção de eletricidade associada à produção de calor industrial e/ou refrigeração de ambientes. Uma crise no abastecimento de eletricidade é sem dúvida a circunstância estratégica que motiva o investimento privado na autoprodução. Este tipo de geração cria a possibilidade para o investidor vender seus excedentes, fortalecendo o sistema de oferta de eletricidade.

Ambiguamente, uma ameaça de racionamento favorecerá aos consumidores sem qualquer iniciativa de autogeração ou busca de eficiência, mesmo tendo as possibilidades de tomá-las, porque nestas circunstâncias todos seriam sacrificados, até os que, por iniciativa própria, procuraram um menor consumo ou investiram na própria geração.

Para Poole (1994), ao mesmo tempo a consolidação de uma política de eficiência no uso final introduz um efeito acelerador, quanto mais cresce a economia mais rapidamente penetram novas técnicas mais eficientes. Abafa-se, assim, o crescimento da demanda energética, com mais intensidade, nas épocas de maior crescimento econômico, reduzindo-se o risco de déficit na oferta. Finalmente, a base

de informações implícita nesta política talvez possibilite algum tipo de discriminação entre consumidores perdulários e eficientes, se houver racionamento.

Palz destaca que:

Um país deve promover seus recursos energéticos próprios, mesmo quando parecem mais dispendiosos que o combustível importado. Há duas razões principais para isto. Primeiro, a energia é um item básico da economia, e o escoamento de divisas poderia atingir um nível excessivo e abalar a balança de pagamentos se a fração de energia importada se tornasse demasiado grande. Segundo, devido ao fato de que uma economia nacional seria desacelerada se, por razões políticas ou outras, as importações de energia fossem restringidas ou interrompidas; as grandes importações de energia significam vulnerabilidade econômica. Os critérios para uma política energética em longo prazo podem ser assim relacionados:

1. Independência máxima de fornecedores estrangeiros;
2. Perspectivas de reservas energéticas em longo prazo em níveis de preço aceitáveis;
3. Mínima poluição e máxima proteção ambiental, em longo prazo;
4. Conveniência de transporte e utilização da energia (PALZ, 1995, p. 50).

2.4 Universalização

Jannuzzi (2000, p. 3), diz que: “energia elétrica é um bem público e estes são caracterizados pela não-exclusão”. Onde entende-se por universalização a inclusão social, crescimento sustentável e qualidade de vida.

A figura 3 mostra o entendimento de universalização pela ANEEL: acesso a energia elétrica por comunidades menos favorecidas através de planos e programas especiais de acesso e permanência no uso dos serviços de energia e por ele proporcionados com tarifas acessíveis buscando manter os serviços e dar condições ao desenvolvimento local.



Figura 3 - Universalização segundo a ANEEL.

Para Oliveira (2001), o processo de rápida industrialização experimentado pelo Brasil levou a um alargamento da distância do padrão de vida da população entre o campo e a cidade. A urbanização foi um fator que orientou a política de desenvolvimento adotada no país, em detrimento do desenvolvimento rural. Nesse processo, a deficiência de infra-estrutura na zona rural brasileira surgiu como um fator impeditivo ao desenvolvimento econômico do campo, incentivando o contínuo inchaço das metrópoles urbanas.

No intuito de reduzir as diferenças entre padrões de vida, a ANEEL divulga os prazos para cumprimento das metas de universalização nas áreas de concessão das distribuidoras de energia elétrica e nos municípios do país. Os anos-limite foram instituídos com base nos dados do Censo 2000 do IBGE.

Segundo o IBGE, o número de pessoas sem acesso a energia elétrica é de 12.023.703 habitantes. Destes: 84% estão localizados em áreas rurais, 33% possuem renda abaixo de 1 (um) salário mínimo e 90% dos excluídos possuem renda familiar inferior a 3 salários mínimos. De acordo com as metas fixadas pela ANEEL em cumprimento a política definida na Lei 10.438/02, estima-se que já neste ano (2005) a universalização será concluída em 2.400 dos 5.507 municípios do país (43% do total). A figura 4 mostra uma fotografia de satélite do Brasil, vista noturna, onde se pode observar as áreas mais claras com maior índice de atendimento.

Em termos populacionais, o programa previa beneficiar cerca de 1,7 milhão de habitantes em 2004. Até o final de 2008, aproximadamente 4 mil municípios

estarão universalizados, e cerca de 7 milhões de habitantes que hoje não têm acesso à energia terão atendimento pleno. As metas prevêem que até o final de 2008, cerca de 1,7 milhão de domicílios brasileiros serão ligados à rede elétrica. Os cerca de 800 mil domicílios restantes à finalização do programa de universalização serão ligados à rede entre 2009 e 2015, quando serão atendidos outros 4 milhões de habitantes.



Figura 4 - Foto de satélite do Brasil, vista noturna.
Fonte: INPE

Com a universalização, consumidores de todas as classes (residencial, comercial, industrial, rural etc) não mais arcarão com despesas de ligação à rede elétrica, que passarão a ser de responsabilidade exclusiva das distribuidoras.

Em cumprimento as determinações da Lei 10.438/2002, a ANEEL publicou a Resolução nº 223/2003 que definiu as regras gerais para a universalização do serviço de energia elétrica no país. O regulamento permite que o consumidor seja atendido antes do prazo fixado pela ANEEL, desde que antecipe recursos para a concessionária. Nesse caso, os interessados terão que ser ressarcidos pela

distribuidora a partir do ano previsto para a extensão do serviço àquele consumidor. Os valores antecipados serão corrigidos com base no Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), mais juros de 0,5% ao mês.

Os planos de universalização das concessionárias começaram a serem implementados em janeiro de 2004. Para os anos de 2005 a 2008, o prazo para a apresentação de metas terminou em 30 de abril de 2004. Para o período 2009 a 2015, os planos de universalização tem metas de atendimento e datas para cumprimento distintas, de acordo com a concessionária.

2.4.1 Mapas estatísticos

Visando situar no território brasileiro alguns dados coletados pelo censo realizado no ano 2000 pelo IBGE, são mostrados nas figuras 5, 6, 7 e 8, alguns mapas de índices. Esses mapas mostram a realidade brasileira por município do IDH, IDH-Renda, IDH-Taxa de Crescimento Demográfico e IDH-Acesso a Energia Elétrica.

2.4.1.1 Mapa estatístico do IDH

O IDH é composto pelos índices: de longevidade, de educação e de renda.

Os intervalos de valores que o IDH pode assumir são:

$0 \leq \text{IDH} < 0,5$; que confere Baixo Desenvolvimento Humano;

$0,5 \leq \text{IDH} < 0,8$; que confere Médio Desenvolvimento Humano;

$0,8 \leq \text{IDH} \leq 1$; que confere Alto Desenvolvimento Humano.

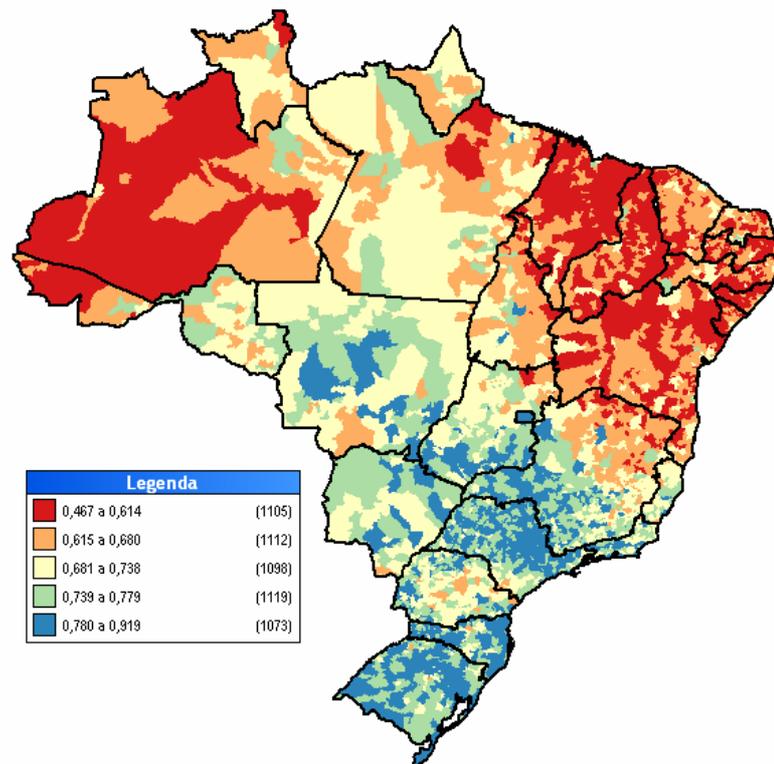


Figura 5 - IDH 2000.

2.4.1.2 Mapa estatístico do IDH-Renda

Reúne em um único mapa informações relativas ao IDH e distribuição de renda, permitindo visualizar as regiões e sub-regiões cuja população possui maior e menor renda em relação aos respectivos IDHs.

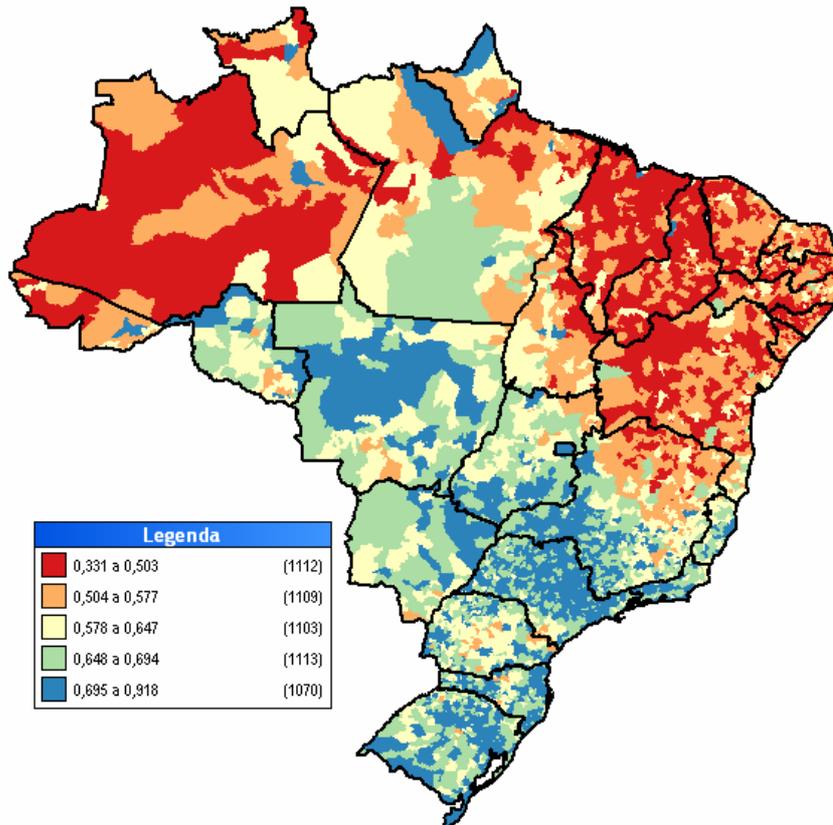


Figura 6 - IDH-Renda 2000.

2.4.1.4 Mapa estatístico do IDH-Acesso a energia elétrica

Mostra em termos percentuais (por regiões sub-regiões) o acesso a energia elétrica pela população brasileira complementando estatisticamente o visualizado na figura 4.

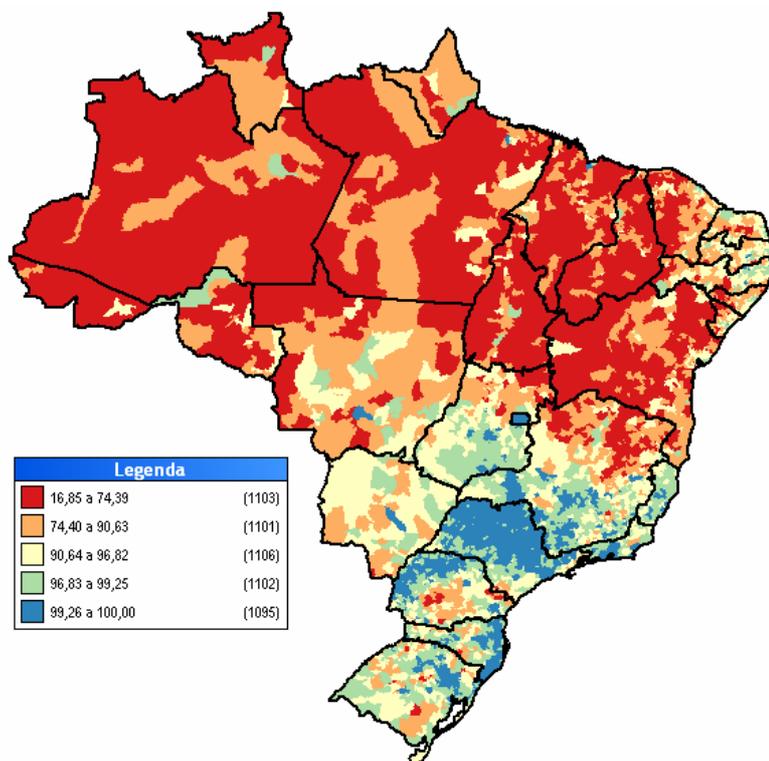


Figura 8 - Acesso a energia 2000.

2.4.2 Programas de incentivo a universalização

Os programas de incentivo a universalização estão, de certa forma, separados, como programas de incentivo a comunidades não atendidas pelo SIN, mas com possibilidade deste vir a atender; e programas de atendimento a comunidades isoladas, do qual fazem parte a parcela da população distante do acesso ao SIN e cuja alternativa de atendimento pode ser a geração localizada.

2.4.2.1 Programa de incentivo a comunidades não-atendidas

2.4.2.1.1 Luz para todos

Segundo a ANEEL (2004), em sua primeira fase, o programa irá levar energia elétrica a 1,4 milhão de famílias - 90% delas em áreas rurais - até o ano de 2006. O programa será iniciado em todos os estados brasileiros com a instalação dos Comitês Gestores Estaduais de Universalização (CGEU).

O GF inicia no ano de 2005 o desafio de acabar com a exclusão elétrica no país. É o programa Luz para Todos, que tem o objetivo de levar energia elétrica para mais de 12 milhões de pessoas até 2008. O programa, coordenado pelo MME com participação da Eletrobrás e de suas empresas controladas, atenderá uma população equivalente aos estados de Piauí, Mato Grosso do Sul, Amazonas e do Distrito Federal.

Segundo o MME (2004), a instalação da energia elétrica até os domicílios será gratuita para as famílias de baixa renda e, para os consumidores residenciais, com ligação monofásica e consumo mensal inferior a 80kwh/mês, as tarifas serão reduzidas, como previsto na legislação.

O programa está orçado em R\$ 7 bilhões e será feito em parceria com as distribuidoras de energia e os Governos Estaduais (GE). O GF destinará 5,3 bilhões ao programa. O restante será partilhado entre os GE e agentes do setor. Os recursos federais virão dos fundos setoriais de energia: Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e Reserva Global de Reversão (RGR).

Dados os percentuais da exclusão elétrica no país, o objetivo é utilizar a energia como vetor de desenvolvimento socioeconômico destas comunidades, contribuindo para a redução da pobreza e aumento da renda familiar. A chegada da energia elétrica facilitará a integração dos programas sociais do GF, além do acesso a serviços de saúde, educação, abastecimento de água e saneamento.

Através deste programa, o GF através do MME pretende antecipar em 7 anos a universalização da energia elétrica no país, segundo as metas do cronograma de atendimento. Pela legislação atual, as concessionárias de energia teriam prazo até dezembro de 2015 para eletrificar todos os domicílios sem acesso à energia no Brasil.

A comunidade de Nazaré, no Piauí, foi a primeira atendida pelo Luz para Todos. Localizada no município de Novo Santo Antônio, esse se constitui na cidade o com o menor índice de acesso à energia elétrica, apenas 8% dos domicílios são atendidos.

2.4.2.1.1.1 Prioridades do luz para todos

O programa observará, sempre que possível, as seguintes prioridades:

1. Projetos de eletrificação rural que atendam as comunidades atingidas por barragens de usinas hidrelétricas;
2. Projetos de eletrificação em assentamentos rurais;
3. Projetos de eletrificação rural em municípios com baixo índice de atendimento em energia elétrica;
4. Projetos de eletrificação rural em municípios com baixo IDH;
5. Projetos de eletrificação rural em escolas públicas, postos de saúde e poços de abastecimento d'água;
6. Projetos de eletrificação rural que enfoquem o uso produtivo da energia elétrica e que fomentem o desenvolvimento local integrado;
7. Projetos de eletrificação rural das populações do entorno de unidades de conservação ambiental;
8. Projetos de eletrificação rural oriundos de demandas coletivas.

2.4.2.2 Programas de incentivo a comunidades isoladas

Segundo o MME (2004), os Sistemas Isolados Brasileiros (SIB), estão, predominantemente, localizados e dispersos na região Norte, atendem a uma área de 45% do território e a cerca de 3% da população nacional, ou seja, a aproximadamente 1,2 milhão de consumidores.

Os SIB estão localizados nas capitais da região Norte (exceto Belém) e no interior das UFs dessa região. Os SIB do interior caracterizam-se, basicamente, pelo grande número de pequenas unidades geradoras a óleo diesel e pela grande dificuldade de logística de abastecimento.

2.4.2.2.1 Programa de desenvolvimento energético dos estados e municípios

O PRODEEM é um programa do GF, que foi instituído em dezembro de 1994, por decreto presidencial, e é coordenado pelo MME. Tem por objetivo atender às localidades isoladas, não supridas de energia elétrica pela rede convencional,

obtendo essa energia de fontes renováveis locais, de modo a promover o desenvolvimento auto-sustentável, socioeconômico, dessas localidades.

Desde a sua criação, esse atendimento está voltado para o suprimento de energia elétrica para as instituições e unidades comunitárias dessas localidades, como escolas, postos de saúde, associações, bombeamento d'água e outras.

Em julho de 1998, o MME elaborou, com o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) - do Governo Americano (GA) e da União Européia (UE), um plano de ação para o PRODEEM. Esse plano de ação busca descentralizar as ações do programa para que os próprios agentes locais promovam um mercado sustentável de serviços de energia renovável.

Para viabilizar a estratégia do programa, o MME pretende:

1. Adotar uma estrutura mais eficaz de gestão que possibilite a transferência das atividades do programa, em Brasília, para os agentes descentralizados do mercado e do setor privado;

2. Desenvolver estudos necessários para medir o potencial do mercado das microrregiões e para definir o tipo de produção de energia mais adaptável às características locais e às necessidades dos consumidores;

3. Demonstrar a viabilidade dos modelos de negócios que poderão servir como padrão para o desenvolvimento do mercado da energia renovável, otimizando a participação da sociedade civil, setor privado e das organizações não-governamentais;

4. Desenvolver mecanismos financeiros inovadores e/ou adaptados, destinados aos consumidores finais de energia renovável, bem como às empresas e provedores de serviços de energia renovável no meio rural;

5. Promover programas de treinamento e capacitação para todos os tipos de participantes no mercado, inclusive agentes governamentais, em todo Brasil;

6. Transferir, gradativamente, para entidades locais, as responsabilidades para a identificação, desenvolvimento, implementação, operação e manutenção dos projetos de energia renovável nas comunidades carentes;

7. Acompanhar o desenvolvimento do mercado-alvo e propor sugestões, às autoridades competentes, de política, legislação e regulamentação relevantes para o mercado;

8. Expandir a capacidade de informação e disseminação do programa e dos agentes do mercado, pela mídia;

9. Introduzir as melhores tecnologias.

Segundo o MME (2004), nos próximos anos, o programa testará modelos de negócios, mecanismos financeiros inovadores e implementará cursos de capacitação e redes de informação, através dos Agentes de Intermediação e Implementação (AII) como associações industriais e comerciais, cooperativas agrícolas, pequenos empresários, Organizações Não Governamentais (ONGs), concessionárias e permissionárias, fabricantes de equipamentos, instituições financeiras, universidades e escolas técnicas, agentes de desenvolvimento rural e institutos de pesquisa, entre outros, que se organizarão em diferentes modelos de negócios adequados ao mercado.

2.4.2.2.2 Conta consumo de combustíveis fósseis (CCC)

A CCC, em vigor desde 1993, arrecada recursos junto às concessionárias de energia elétrica do SIN, para financiar o óleo diesel da geração termelétrica das áreas isoladas, não atendidas pelo serviço de eletrificação, que estão concentradas na região Norte do país.

Visando atender aos sistemas isolados, a ANEEL (1999) criou uma sistemática de rateio com expansão da capacidade instalada até 2013, foi estimada para uma evolução da sub-conta CCC-ISOL. Nessa estimativa admitiu-se, por hipóteses simplificadoras, a manutenção do atual nível de preços dos combustíveis fósseis e um acréscimo da capacidade instalada que atenda um incremento anual de 8% ao ano na demanda por energia, taxa compatível com o crescimento populacional e o crescente cumprimento da meta de universalização dos serviços de energia.

Os recursos da CCC são administrados pela Eletrobrás. O papel da ANEEL é fixar os valores das cotas anuais da CCC, recolhidas mensalmente nas contas de luz pelas distribuidoras de energia elétrica.

De acordo com a Lei nº 9.648/98, esta determina que os aproveitamentos hidrelétricos tratados no inciso I do art.26 da Lei nº 9.427/96 e a geração elétrica a partir de fontes alternativas que venham a ser implantadas em sistema elétrico isolado, substituindo geração termelétrica com derivados de petróleo, sub-rogar-se-ão ao direito de usufruir dessa sistemática de rateio.

A aplicação da sistemática de rateio da CCC será mantida, para os sistemas isolados, até 27 de maio de 2013. A sub-rogação dos benefícios da CCC-ISOL, possibilita a utilização dos recursos da CCC para viabilização de empreendimentos de geração que utilizem fontes alternativas ou enquadrados como PCH.

2.4.3 Indicador de universalização no atendimento

A concessionária deverá apurar anualmente, para cada município de sua área de concessão e para todo o conjunto, o indicador relativo à universalização dos serviços de energia elétrica, conforme a fórmula a seguir:

$$Ia = \frac{n^{\circ} dcie}{n^{\circ} td} \quad (1)$$

Onde:

Ia = índice de atendimento

dcie = domicílios com iluminação elétrica

td = total de domicílios

Segundo o artigo 10, da resolução 223, de 29 de abril de 2003: “A universalização deverá ser alcançada, para cada concessionária, em função do Índice de Atendimento (*Ia*) estimado com base nos dados do Censo IBGE 2000”. Ver tabela 1 e tabela 2.

Tabela 1 – Índices de universalização para concessionárias

Ia - concessionária	Ano máximo para alcance da Universalização na Área de concessão ou permissão
<i>Ia</i> > 99,50 %	2006
98,00% < <i>Ia</i> ≤ 99,50%	2008
96,00% < <i>Ia</i> ≤ 98,00%	2010
80,00% < <i>Ia</i> ≤ 96,00%	2013
<i>Ia</i> ≤ 80,00%	2015

Fonte: ANEEL, resolução 223 (2003).

Tabela 2 – Índices de universalização para municípios

la - município	Ano máximo para alcance da Universalização no município
la > 96,00%	2004
90,00% < la ≤ 96,00%	2006
83,00% < la ≤ 90,00%	2008
75,00% < la ≤ 83,00%	2010
65,00% < la ≤ 75,00%	2012
53,00% < la ≤ 65,00%	2014
la ≤ 53,00%	2015

Fonte: ANEEL, resolução 223 (2003).

2.4.3.1 Penalidades

O não-atendimento das metas acumuladas dos programas anuais, constantes do respectivo plano de universalização, ensejará a redução dos níveis tarifários (ver quadro 1) obtidos nas revisões periódicas realizadas a partir do ano de 2005, sendo aplicáveis os seguintes coeficientes redutores aos itens referentes aos custos gerenciáveis:

Não-Atendimento	Coeficiente Redutor
Em até 10% dos Municípios	0,97
Em até 20% dos Municípios	0,95
Em até 30% dos Municípios	0,94
Em até 40% dos Municípios	0,92
Em até 50% dos Municípios	0,91
Acima de 50% dos Municípios	0,90

Quadro 1 – Coeficientes de redução

2.4.4 PROINFA

Instituído pela Medida Provisória no 14, de 21 de dezembro de 2001. Esse programa tem a finalidade de agregar ao sistema elétrico brasileiro 3.300MW de potência instalada a partir de fontes alternativas renováveis, cujos prazos e regras são definidos e regulamentados pela Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGCE) e pelo MME, com a colaboração de outras instituições, entre elas a ANEEL e a Eletrobrás.

A Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, em seu artigo 3º, instituiu o PROINFA, para aumentar a participação da energia elétrica gerada a partir de unidades de produção baseadas em biomassa, eólica e PCH no SIN.

Apesar de seus objetivos relevantes, o PROINFA não poderia ser implementado sem os ajustes nos mecanismos da Lei às diretrizes e às orientações emanadas a partir da nova Política Energética Nacional (PEN). Dessa forma, fez-se necessária a revisão dessa Lei, por meio da Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, quando foram obtidos avanços e aperfeiçoamentos significativos para a sociedade.

O PROINFA tem duas etapas de procedimentos distintos. Na primeira, foram contratados 3.300 MW de potência instalada. Tais contratações estão divididas igualmente entre aquelas fontes, cabendo, portanto, 1.100 MW para cada uma. O prazo para entrada em operação comercial dos empreendimentos contratados será 30 de dezembro de 2006.

Após a primeira etapa do PROINFA, o MME definirá o montante de energia renovável a ser contratado, considerando que o impacto de contratação de fontes alternativas na formação da tarifa média de suprimento não poderá exceder a um limite pré-definido, em qualquer ano, quando comparado com o crescimento baseado exclusivamente em fontes convencionais.

O valor econômico correspondente a cada fonte, a ser definido pelo MME, e válido para a primeira etapa do programa, será o de venda da energia elétrica para a Eletrobrás, e terá como piso, no caso de centrais eólicas, o equivalente a 90% da Tarifa Média Nacional (TMF) de fornecimento ao consumidor final. Conforme estabelecido na Lei 10.438, de 2002, o valor pago pela energia elétrica e os custos administrativos, financeiros e encargos tributários, incorridos pela Eletrobrás na contratação, serão rateados, após prévia exclusão da Subclasse Residencial Baixa Renda (SCBR), cujo consumo seja igual ou inferior a 80 kWh/mês entre todas as classes de consumidores finais atendidos pelo SIN, proporcionalmente ao consumo verificado.

O PROINFA contará com o suporte do Banco Nacional para o Desenvolvimento (BNDES), que criou um programa de apoio a investimentos em fontes alternativas renováveis de energia elétrica. A linha de crédito prevê financiamento de até 70% do investimento, excluindo apenas bens e serviços importados e a aquisição de terrenos. Os investidores terão que garantir 30% do

projeto com capital próprio. As condições do financiamento serão as da Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) mais 2% de “*spread*” básico e até 1,5% de “*spread*” de risco ao ano, carência de 6 meses após a entrada em operação comercial, amortização por 10 anos e não-pagamento de juros durante a construção do empreendimento.

Com a implantação do PROINFA, o MME estima-se que serão gerados 150 mil empregos diretos e indiretos durante a construção e a operação dos empreendimentos. Os investimentos previstos do setor privado são da ordem de R\$ 8,6 bilhões. Uma das exigências da Lei nº 10.762 é a obrigatoriedade de um índice mínimo de nacionalização de 60% do custo total de construção dos projetos. O Brasil detém as tecnologias de produção de maquinário para uso em PCHs e usinas de biomassa e está avançando na tecnologia eólica, com duas fábricas instaladas, uma no Sudeste e outra no Nordeste.

Os critérios de regionalização, previstos na Lei nº 10.762, estabelecem um limite de contratação por Estado, de 20% da potência total destinada às fontes eólica e biomassa e 15% para as PCHs, o que possibilita a todos os Estados que tenham vocação e projetos aprovados e licenciados a oportunidade de participarem do programa. A limitação, no entanto, é preliminar, já que, caso não venha a ser contratada a totalidade dos 1.100 MW destinados a cada tecnologia, o potencial não-contratado será distribuído entre as UFs que possuírem as licenças ambientais mais antigas. Para participarem do programa, os empreendimentos terão de ter licença prévia de instalação.

Em relação ao abastecimento de energia elétrica do país, o PROINFA será um instrumento de complementaridade energética sazonal à energia hidráulica. Na região Nordeste, a energia eólica servirá como complemento ao abastecimento hidráulico, já que o período de chuvas é inverso ao de ventos. O mesmo ocorrerá com a biomassa nas regiões Sul e Sudeste, onde a colheita de safras propícias à geração de energia elétrica (cana-de-açúcar e arroz, por exemplo) ocorre em período diferente do chuvoso.

A entrada de novas fontes renováveis evitará a emissão de 2,5 milhões de toneladas de gás carbônico/ano, ampliando as possibilidades de negócios de Certificação de Redução de Emissão de Carbono (CREC), nos termos do Protocolo de Kyoto. O programa também permitirá maior inserção do pequeno produtor de energia elétrica, diversificando o número de agentes do setor.

2.4.4.1 Benefícios do PROINFA

2.4.4.1.1 Social

Geração de 150 mil postos de trabalho diretos e indiretos durante a construção e a operação, sem considerar o efeito-renda.

2.4.4.1.2 Tecnológico

Investimentos de R\$ 4 bilhões na indústria nacional de equipamentos e materiais.

2.4.4.1.3 Estratégico

Complementaridade energética sazonal entre os regimes hidrológico/eólico no Nordeste e hidrológico/biomassa no Sudeste e Sul. A cada 100 MW médios produzidos por parques eólicos, economizam-se 40m³/s de água do rio São Francisco.

2.4.4.1.4 Meio ambiente

A emissão evitada de 2,5 milhões de tCO₂/ano criará um ambiente potencial de negócios de CREC, nos termos do Protocolo de Kyoto.

2.4.4.1.5 Econômico

Investimento privado da ordem de R\$ 8,6 bilhões.

2.4.4.2 Tecnologias contempladas pelo PROINFA

Foram contempladas pelo PROINFA as fontes: PCH, eólica e biomassa, por estados e regiões como situado no mapa mostrado na figura 9. Os potenciais de aproveitamento de cada fonte contemplada e para energia solar estão indicados na figura 10.

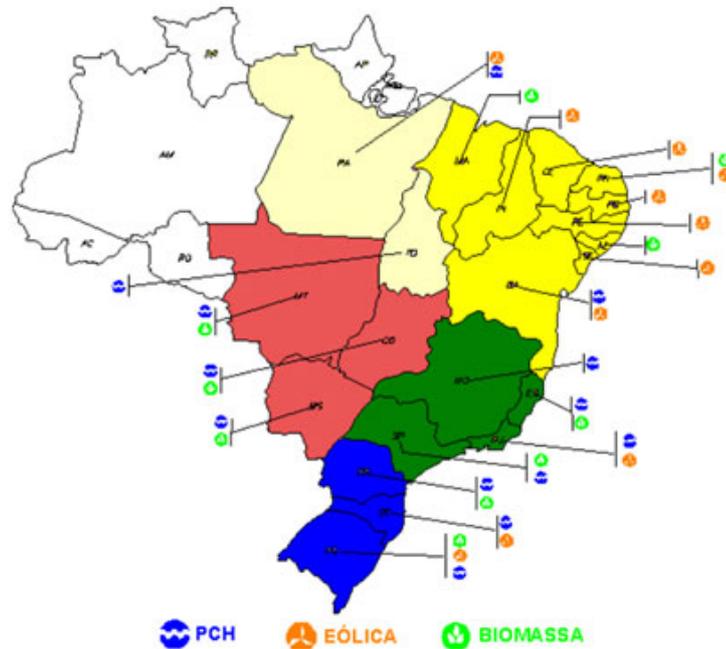


Figura 9 - Tecnologias contempladas pelo PROINFA.
Fonte: PROINFA.

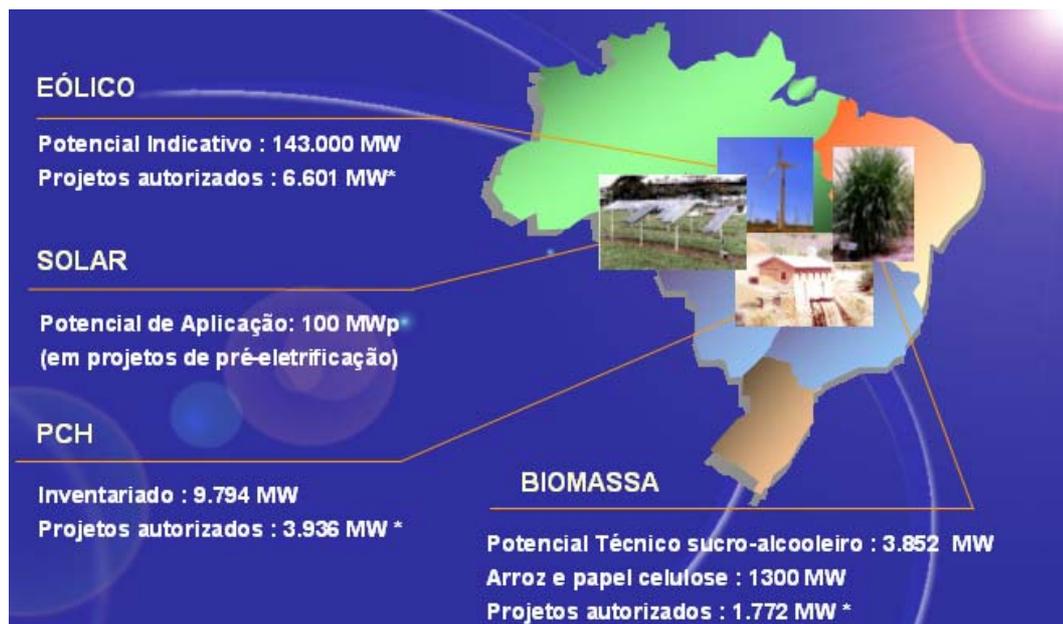


Figura 10 - Potencial das tecnologias contempladas pelo PROINFA, autorizações e potencial solar.
Fonte: PROINFA

2.5 Fontes renováveis eólica e solar fotovoltaica

2.5.1 Eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de energia elétrica (figura 11), ou através de cata-ventos e moinhos para trabalhos mecânicos, como bombeamento de água.



Figura 11 - Foto de turbina de geração de energia eólica.
Fonte: (<http://www.eolica.com.br>)

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos, com as mesmas finalidades, a saber: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do Século XIX, mas somente

um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial.

Quanto à aplicação, as turbinas podem ser conectadas à rede elétrica ou destinadas ao suprimento de eletricidade de comunidades ou sistemas isolados. Em relação ao local, a instalação pode ser feita em terra firme ou “*off-shore*” (turbinas montadas em eixo fora da costa terrestre) e em locais de ventos fortes ou moderados.

2.5.1.1 Disponibilidade de recursos no planeta

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre velocidade e regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica.

Segundo Grubb e Mayer (1992 apud JOHANSSON, KELLY, REDDY e WILLIAMS, 1993), para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500W/m^2 , a uma altura de 50 metros; o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8m/s. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7m/s, a uma altura de 50 m. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental (ver quadro 2).

Região	% de Terra Ocupada¹	Potencial Bruto (TWh/ano)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Potencial Líquido (TWh/ano)
África	24	106.000	20	10.600
Austrália	17	30.000	2	3.000
América do Norte	35	139.000	15	14.000
América Latina	18	54.000	15	5.400
Europa Ocidental	42	31.400	102	4.800
Europa Oriental e ex-URSS	29	106.000	13	10.600
Ásia (excluindo ex-URSS)	9	32.000	100	4.900
Total do Globo [2]	23	498.400	!	53.300

Quadro 2 – Potencial eólico no mundo.

1- em relação ao potencial bruto; 2- excluindo-se Groenlândia, Antártida, Ilhas e o potencial *off-shore*.

2.5.1.2 Potencial eólico brasileiro

Embora ainda haja divergências entre especialistas e instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, vários estudos indicam valores extremamente consideráveis. Até poucos anos, as estimativas eram da ordem de 20.000MW. Hoje a maioria dos estudos indica valores maiores que 60.000MW. A razão dessas divergências decorre principalmente da falta de informações (dados de superfície) e às diferentes metodologias empregadas.

Dados do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001) apontam que o potencial eólico brasileiro indicativo é de 143.000MW, sendo que 6.601MW já foram autorizados. Atualmente, as usinas em operação têm capacidade instalada para gerar apenas 26,8MW, o Ceará participa com quase 65% desta capacidade. As áreas com maior potencial eólico encontram-se nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste. Os dados de potencial eólicos indicados na figura 12 por região, estão em valores aproveitáveis já considerados o valor médio dos ventos, uma vez que o regime de ventos é sazonal, como, mostrado na figura 13.

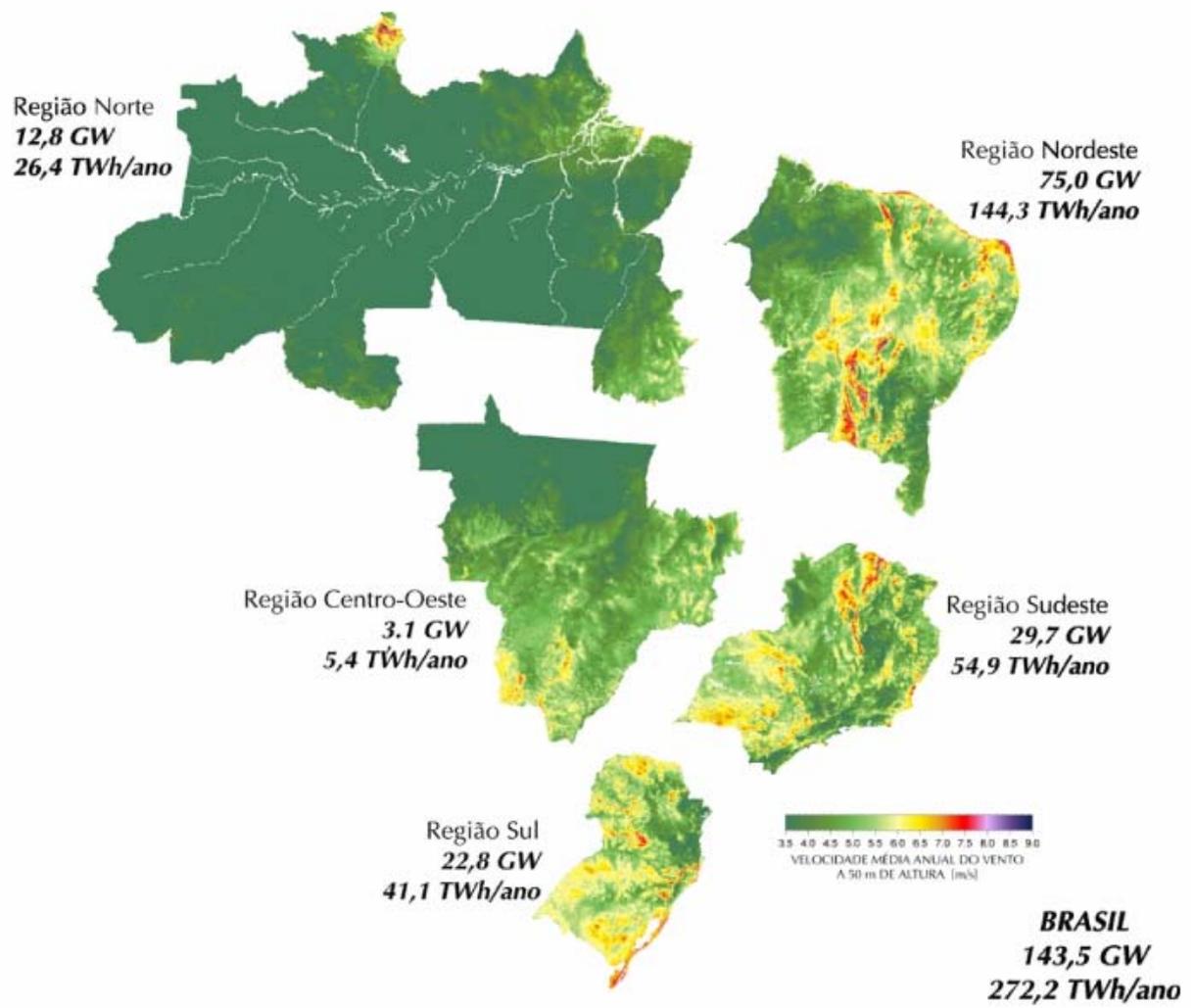


Figura 12 - Potencial eólico brasileiro por região.
Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.

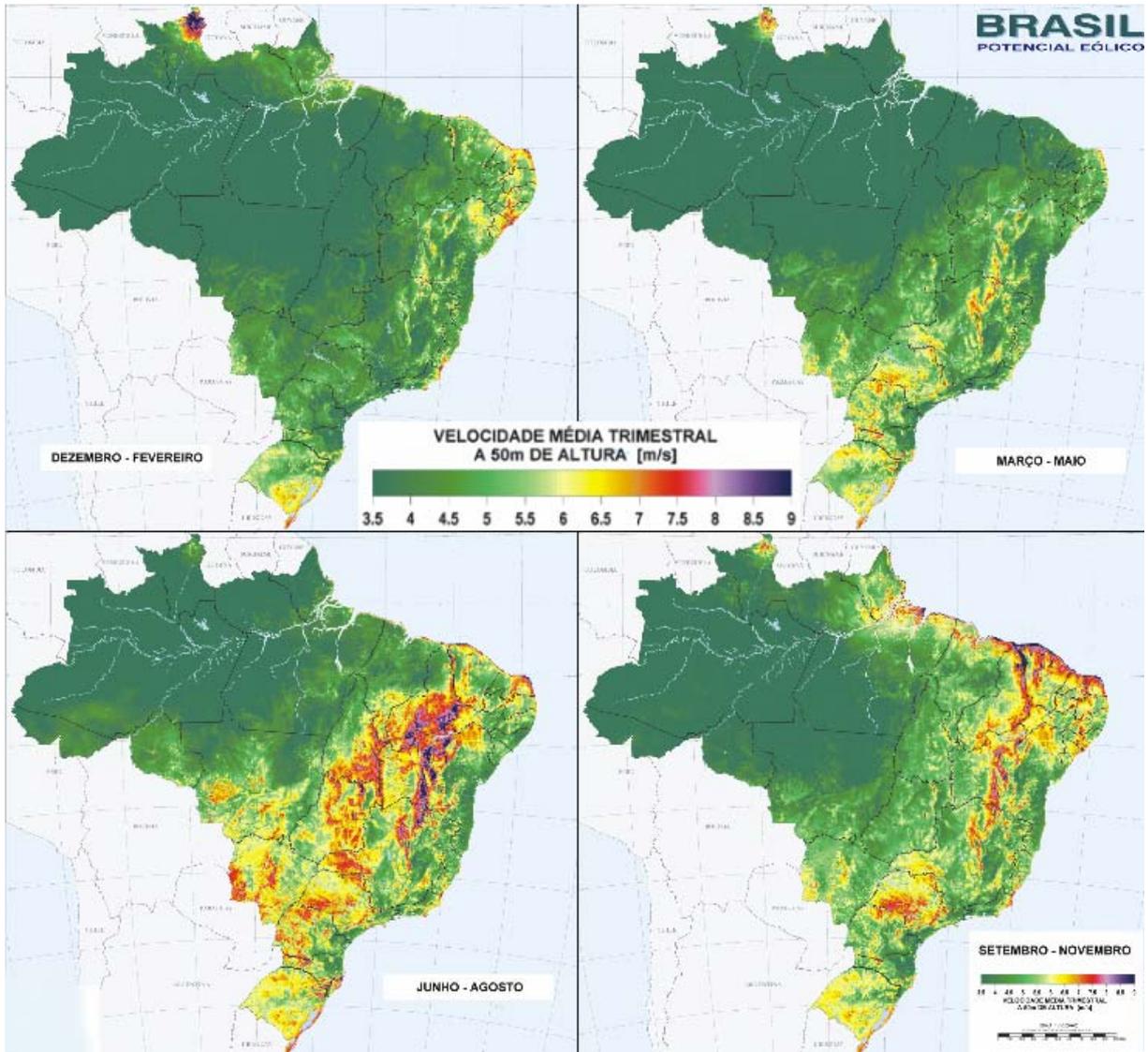


Figura 13 - Mapas do potencial eólico brasileiro, estações do ano.
Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.

Segundo Amarante (2000 apud Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001), o mapa do potencial eólico anual revela uma importante complementaridade geográfica entre os potenciais eólico e hidráulico no Brasil. De modo geral, as melhores áreas para aproveitamento eólico situam-se nas extremidades do sistema elétrico, distantes da geração hidrelétrica. Nessa situação, a inserção de energia eólica no sistema elétrico melhora o seu desempenho.

Ainda, para Amarante (2000), os mapas de potencial eólico sazonal também confirmam a existência de complementaridade sazonal entre os regimes naturais de vento e as vazões naturais hídricas na parcela hidrelétrica predominante do sistema elétrico brasileiro. Nesse sistema a energia eólica potencializa uma maior estabilidade sazonal da oferta de energia elétrica. O estudo do potencial de ventos do MME que deu origem ao Atlas do Potencial Eólico Brasileiro confirmam a posição de Amarante.

2.5.1.3 Energia eólica no contexto do SEB

A participação da energia eólica na geração de energia elétrica ainda é praticamente desprezível no Brasil. Em janeiro de 2002 havia apenas 6 centrais eólicas em operação no país, perfazendo uma capacidade instalada de 18,8 MW. Entre essas centrais, destacam-se Taíba e Prainha, no estado do Ceará, que representam 80% do parque eólico nacional. No entanto, a conjuntura atual do SEB e os esforços do GF para amenizar os impactos da crise no abastecimento de energia elétrica, têm despertado o interesse de muitos empreendedores. Em 5 de julho de 2001, foi instituído o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) pela Resolução nº 24, da CGCE.

2.5.1.4 Capacidade instalada no mundo

Segundo a AWEA (2004), em 1990, a capacidade instalada no mundo era inferior a 2.000MW. Em 1994, ela subiu para 3.734MW, divididos entre Europa (45,1%), América (48,4%), Ásia (6,4%) e outros países (1,1%). Quatro anos mais tarde, chegou a 10.000MW e, em setembro de 2000, a capacidade instalada no mundo já era superior a 15.000MW. O mercado tem crescido substancialmente nos

últimos anos, principalmente na Alemanha, EUA, Dinamarca e Espanha, onde a potência adicionada anualmente supera 3 GW.

No âmbito do Comitê Internacional de Mudanças Climáticas (CIMC), está sendo projetada a instalação de 30 GW, por volta do ano 2030, podendo tal projeção ser estendida em função da perspectiva de venda dos "Certificados de Carbono".

Na Dinamarca, a contribuição da energia eólica é de 12% da energia elétrica total produzida; no norte da Alemanha (região de Schleswig Holstein) a contribuição eólica já passou de 16%; e a UE tem como meta gerar 10% de toda eletricidade a partir do vento até 2030.

2.5.1.5 Tecnologia eólica

Segundo Boyle (1996) quanto à capacidade de geração elétrica, as primeiras turbinas eólicas desenvolvidas em escala comercial tinham potências nominais entre 10kW e 50kW. No início da década de 1990, a potência das máquinas aumentou para a faixa de 100kW a 300kW. Em 1995, a maioria dos fabricantes de grandes turbinas ofereciam modelos de 300kW a 750kW. Em 1997, foram introduzidas comercialmente as turbinas eólicas de 1MW e 1,5MW, iniciando a geração de máquinas de grande porte. Em 2000, existiam mais de mil turbinas eólicas com potência nominal superior a 1MW em funcionamento no mundo.

Nos últimos anos, as maiores inovações tecnológicas foram a utilização de acionamento direto (sem multiplicador de velocidades), com geradores síncronos e novos sistemas de controle, que permitem o funcionamento das turbinas em velocidade variável, com qualquer tipo de gerador. A tecnologia atual oferece uma variedade de máquinas, segundo a aplicação ou local de instalação.

2.5.2 Solar fotovoltaica

De acordo com Farret (1999), o Sol é uma fonte perene, silenciosa, gratuita e não poluente de energia e é responsável por todas as formas de vida do planeta. Seu uso pode ser direto ou indireto. A energia solar indireta está associada à energia eólica, à hidráulica, à fotossíntese (como forma de energia) e à conversão microbiológica de matérias orgânicas em combustíveis líquidos.

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, através de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico.

Farret (1999), esclarece que o aproveitamento energético térmico do sol consiste na captação de radiação sob forma de calor, seja para o aquecimento de fluidos de uso doméstico ou industrial, seja para transformação do calor em outra forma de energia. O efeito fotovoltaico consiste na transformação direta da energia radiante em eletricidade, sem a produção de nenhuma forma de energia intermediária durante a ocorrência do processo.

Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

2.5.2.1 Radiação solar

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso devido à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução).

Desse modo, a duração solar do dia – período de visibilidade do Sol ou de claridade – varia, em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (Sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) a 24 horas (Sol sempre acima da linha do horizonte). As variações são mais intensas nas regiões polares e nos períodos de solstício. O inverso ocorre próximo à linha do Equador e durante os equinócios, quando a duração solar do dia é igual à duração da noite em toda a Terra. Para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais

energia. No hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local.

Segundo o CRESESB, apesar de somente parte da radiação solar atingir a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial.

2.5.2.2 Efeito fotovoltaico

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre através de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de força eletromotriz, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico decorrente da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais apropriados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente na superfície da célula que é convertida em energia elétrica.

De acordo com Peterson (2000), o efeito fotovoltaico foi descoberto por Edward Becquerel em 1839. Passou a ser usado primeiramente em aplicações onde o acesso à energia elétrica, ou a geração, por formas convencionais era difícil, quando não impossível e de alto custo, como por exemplo, em satélites, nos sistemas de navegação, sistemas de sinais de auto-estradas, participando também na geração de energia para calculadoras e para residências, onde é aplicado no telhado de casas e edifícios.

2.5.2.3 Radiação solar no Brasil

A figura 14 apresenta o índice médio anual de radiação solar no país, em Wh/m^2 dia, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil. Como pode ser visto, os maiores índices de radiação são observados na região Nordeste, com destaque para o vale

do São Francisco, onde a média anual é de aproximadamente $6\text{kWh}/\text{m}^2$ dia. Os menores índices são observados no litoral Sul-Sudeste, incluindo a Serra do Mar, e na Amazônia Ocidental, respectivamente.



Figura 14 - Potencial solar no Brasil.
Fonte: Atlas do Solarimétrico do Brasil.

2.5.2.4 Projetos de aproveitamento da energia solar no Brasil

Recentemente, grandes esforços têm sido direcionados ao aproveitamento da energia solar no Brasil, particularmente por meio de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade, visando ao atendimento de comunidades isoladas da rede de energia elétrica e ao desenvolvimento regional. Devidamente contemplados pela nova ótica da política energética nacional, esses projetos têm levado eletricidade a

milhares de comunidades e domicílios brasileiros. Na figura 15, é mostrado um caso exemplo de um sistema de bombeamento de água para irrigação no município de Capim Grosso/BA.



Figura 15 - Sistema de bombeamento de água suprido por energia solar fotovoltaica.
Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil.

Distribuição dos sistemas de geração de energia fotovoltaica por UF (2000), segundo o PRODEEM, ver figura 16.

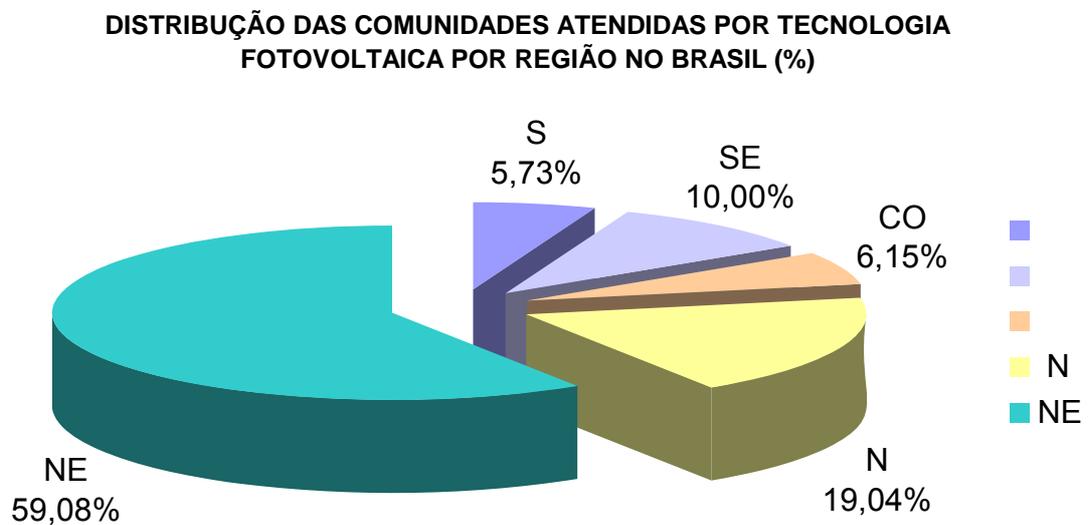


Figura 16 - Distribuição dos sistemas de PV por região no Brasil

2.5.2.5 Aplicações no mundo

Segundo Peterson (2000) o Kenya possui mais que 100.000 sistemas de Painéis Fotovoltaicos (PV) em operação com um incremento de cerca de 20.000

módulos por ano. A população beneficiada por tais sistemas esta em torno de 200.000 pessoas. Os sistemas de PV fazem parte de um programa oficial para eletrificação rural (Quadro 3). Estes sistemas tem sido uma alternativa ao uso de querosene. Tais projetos recebem suporte financeiro do Banco Mundial.

Na África do Sul, desde 1994, 1.800.000 habitantes da área rural tem acesso a energia em suas residências, escolas e sistemas de telefonia pública. Este sistema de PV opera no verão e durante o inverno o combustível passa a ser biomassa, constituindo um sistema híbrido de geração.

Na Alemanha, a regulamentação do mercado de energia inclui de 7 a 10 centavos de dólar por kWh consumido para financiar o custo mais alto da geração de energia elétrica por PVs.

No Japão, foi constituído um programa específico para geração de energia elétrica através de PVs nos telhados de residências e edifícios.

País ou Região	Instalações	Beneficiados
Republica Dominicana	Mais de 9.000 sistemas de PV em residências	35.000 pessoas atendidas
Índia	70.000 sistemas de PV em residências	
Indonésia	Mais de 20.000 sistemas de PV em residências	
Kenya	100.000 sistemas de PV	200.000 pessoas atendidas
México	Mais de 40.000 sistemas de PV em residências	
América do Sul	50.000 sistemas de PV em edifícios 1.300 em escolas rurais 400 em clínicas rurais 3.000 em sistemas de bombeamento de água 80.000 em sistemas de PV para wireless e sistemas de telefonia rural	
Zimbábue	13.000 sistemas de PV para residências, clínicas e escolas rurais.	

Quadro 3 – Alguns exemplos de sistemas de PV no mundo.

2.5.2.6 Tecnologia fotovoltaica

Segundo pesquisa do LabSolar (2001), em termos de aplicações terrestres, dentre os diversos semicondutores utilizados para a produção de células solares fotovoltaicas, destacam-se por ordem decrescente de maturidade e utilização: o silício cristalino c-Si; o silício amorfo hidrogenado a-Si:H ou simplesmente a-Si; o telureto de cádmio CdTe e os compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio

CuInSe₂ ou CIS. Neste último grupo aparecem elementos que são ou altamente tóxicos (Cd, Se, Te), ou muito raros (Te, Se, In, Cd), ou ambos, o que inicialmente se mostrou um obstáculo considerável ao uso mais intensivo destas tecnologias. Com relação à toxicidade, convém mencionar que lâmpadas fluorescentes (contêm mercúrio) e telas de computador (contêm chumbo), são classificados da mesma maneira, devendo ser descartados de forma apropriada, o que também deverá ocorrer com painéis solares de CdTe e CIS. O silício, por outro lado, é o segundo elemento mais abundante na superfície de nosso planeta (mais de 25 % da crosta terrestre é silício e é 100 vezes menos tóxico que qualquer um dos outros elementos citados acima).

O c-Si é a tecnologia fotovoltaica mais tradicional e a única dentre as mencionadas acima que faz uso de lâminas cristalinas (diâmetro ~ 10cm) relativamente espessas (espessura 300 a 400µm), o que representa uma maior limitação em termos de redução de custos de produção.

Todas as outras tecnologias estão baseadas em películas delgadas (filmes finos, com espessura da ordem de 1µm) de material ativo semicondutor e é neste aspecto que reside o grande potencial de redução de custos que estas tecnologias detêm. Filmes finos para aplicações fotovoltaicas estão sendo desenvolvidos para a geração de potência elétrica por apresentarem baixos custos de produção decorrentes das quantidades diminutas de material envolvido, das pequenas quantidades de energia envolvidas em sua produção, do elevado grau de automação dos processos de produção (grande capacidade de produção) e seu baixo custo de capital. Devido ao fato de que a luz solar contém relativamente pouca energia se comparada a outras fontes energéticas, painéis solares fotovoltaicos têm de ter um baixo custo para poder produzir energia elétrica a preços competitivos.

2.6 Micro-proveitamentos, barreiras, razões e benefícios

2.6.1 Oito barreiras para a geração através de micro-proveitamentos

1. Alto custo inicial: o investimento para compra e instalação de sistemas para micro-proveitamentos, normalmente, são mais dispendiosos e onerosos por parte de quem financia o projeto em comparação aos sistemas tradicionais para uma mesma capacidade de potência;

2. Regulamentação: o ideal é se ter regulamentação específica para estes, de forma a incentivar o uso e desenvolvimento de mercados para essas tecnologias;

3. Reabilitação de impactos ambientais ignorados: os impactos ambientais das tecnologias tradicionais e os ganhos proporcionados pelos micro-aproveitamentos não são levados em consideração;

4. Custos de transição de sistemas de geração: ao substituir sistemas, normalmente, esses custos ficam por conta do interessado na implantação;

5. Requerimentos de interconexão fatigantes: devem-se às dificuldades e complexidades técnicas dos sistemas de acoplamento entre os micro-aproveitamentos e os sistemas tradicionais;

6. Distintas permissões de instalação para prédios, residências, etc: as permissões devem ser diferenciadas devido ao propósito de cada segmento para garantia da segurança e confiabilidade;

7. Necessidade de sistema auxiliar para cargas de pico: devido a esses sistemas normalmente não disporem de energia estocável, necessitam um sistema de auxílio para cargas de pico;

8. Impróprios para monitoramento da emissão de poluição: micro-aproveitamentos são de maior dificuldade para o monitoramento de poluição ambiental.

Segundo Jannuzzi (1997), algumas fontes renováveis utilizadas para a produção de eletricidade, em particular a energia solar e principalmente a eólica, não podem ser despachadas da mesma maneira que a energia produzida pelas usinas térmicas e hidrelétricas. A disponibilidade destas fontes durante períodos de pico de demanda depende da probabilidade de operação durante estes períodos.

2.6.2 Oito razões e benefícios da microgeração

1. Modularidade: por permitir que sejam adicionados ou removidos unidades de geração, o tamanho e potência podem ser ajustados ao espaço e demanda;

2. Flexibilidade: pequenas escalas podem ser rapidamente planejados, alocados e montados sem o risco de projetar uma demanda erradamente, construir por longos períodos e usar tecnologias obsoletas;

3. Diversidade de combustíveis e volatilidade na redução de preços: grande “mix” de diversidade de energias renováveis, não ficando a flutuações e volatilidade dos preços de combustíveis fósseis perante o mercado;

4. Garantia de crescimento com a carga: muitos tipos de pequenas plantas de energia podem ser expandidas para acompanhar futuros crescimentos de carga ou ser assoados a outras formas de geração, como por exemplo, eólica; constituindo sistemas híbridos de geração para suprir as necessidades de carga;

5. Flexibilidade de manutenção: pequenas plantas de geração de energia elétrica têm menor probabilidade de falha, menor tempo de reabilitação e são de fácil reparação;

6. Dispensa construção de redes: plantas de pequena escala dispensam grandes construções, não perdem energia como os sistemas de transmissão e distribuição e dispensam novas redes de conexão ao usuário final;

7. Comunidade local escolhe a forma de controle: as comunidades podem ter a opção do controle, tipos e localização dos combustíveis que servem de insumo a planta, além de estimular o desenvolvimento econômico da comunidade local;

8. Prevenção de emissões e outros impactos ambientais: baixas emissões de dióxidos sulfúricos e óxidos de nitrogênio, metais pesados e dióxido e monóxido de carbono.

2.6.3 Dez aceleradores de mercado para micro-aproveitamentos

1. Simplificação de sistemas de interconexão: condição técnica que pode ser melhorada pelo desenvolvimento de sistemas modulares de fácil instalação;

2. Modesto crescimento da demanda por eletricidade: crescimentos menores facilitam a projeção e aplicação de micro-aproveitamentos;

3. Necessidade de vendedores de micro-aproveitamentos: vendedores técnicos de energia com foco no mercado em expansão, retorno do investimento e benefícios ambientais;

4. Melhoria na eficiência e preços de venda: investimentos em pesquisa para melhoria da eficiência destes sistemas e internalização de custos ambientais contribuiriam para a redução dos preços de venda da energia elétrica em comparação com a produção em maior escala;

5. Saturação dos sistemas de transmissão e distribuição: os atuais sistemas de transmissão e distribuição trabalham quase que no limite técnico de operação e cujos investimentos em infra-estrutura para ampliação justificariam maiores investimentos em micro-proveitamentos;

6. Maior dificuldade de regulamentação de plantas de geração de grande potência centralizada: os crescentes requisitos e custos ambientais impostos pela legislação dificultam o desenvolvimento de grandes plantas para geração de energia elétrica;

7. Padronização de procedimentos: elaboração de procedimentos operacionais e de instalação no intuito de facilitar a implantação de sistemas de micro-proveitamentos;

8. Desgosto de clientes por serviços de geração centralizada: a crescente conscientização e educação ambiental podem vir a contribuir para o desenvolvimento de sistemas de geração descentralizada;

9. Aprimoramento de tecnologias: investimentos de maior grau em tecnologias de micro-proveitamentos podem contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das existentes;

10. Demanda por energia verde: o desenvolvimento dos certificados verdes pode auxiliar no mercado de desenvolvimento de sistemas de micro-proveitamentos.

2.7 Qualidade no fornecimento de energia elétrica

A energia elétrica e os serviços por ela proporcionados, como qualquer outro bem de consumo, também têm características intrínsecas que a conferem qualidade, seja nas suas características técnicas (nível de tensão, variação de tensão, frequência, harmônicas etc) que são de interesse aos planejadores (engenheiros e técnicos) dos sistemas de geração, transmissão e distribuição, seja no processo de fornecimento desta ao consumidor final. Porém, para o consumidor o que importa realmente é o atendimento as suas necessidades básicas, para tanto ele necessita apenas de energia elétrica disponível de forma constante, preferencialmente, sem interrupções no fornecimento e com parâmetros técnicos aceitáveis (tolerâncias de tensão, frequência etc) definidos pelas resoluções da ANEEL.

Visando garantir ao consumidor o suprimento de energia elétrica com qualidade, a ANEEL criou um conjunto de indicadores que mede a qualidade do fornecimento dos consumidores de concessionárias e permissionárias que integram o MAE. Esses indicadores são apresentados no subitem 2.7.1.

Para obter tais informações, foi desenvolvido pela ANEEL o Sistema ARGOS, esse sistema é composto por pequenas unidades sensoras e transmissoras de informações, e pela Central de Monitoramento (CM), localizada nas dependências da ANEEL, em Brasília. Já os dispositivos sensores são implantados nas instalações das empresas consumidoras, de preferência na entrada de serviço, na baixa tensão (127/220V) e ligado, de forma compartilhada, a uma linha telefônica do próprio consumidor.

As informações sobre interrupção e restabelecimento do fornecimento de energia são enviadas 24 horas por dia, via ligação telefônica gratuita para o consumidor, diretamente das empresas consumidoras para a CM. Esta central transforma as informações recebidas em relatórios contendo a duração e a frequência das interrupções de fornecimento.

A partir dos dados recebidos, a ANEEL e as agências reguladoras estaduais tem indicadores apurados para avaliar os serviços de energia elétrica, adotando as medidas necessárias à elevação da sua qualidade.

2.7.1 Indicadores de qualidade de fornecimento de energia elétrica

2.7.1.1 Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora

Intervalo de tempo que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado, ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i) * t(i)}{Cc} \quad (2)$$

2.7.1.2 Freqüência equivalente de interrupção por unidade consumidora

Número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i)}{Cc} \quad (3)$$

Onde:

DEC é expressa em horas e centésimos de hora;

FEC é expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções;

Ca(i) = Número de unidades consumidoras interrompidas em um evento (i), no período de apuração;

t(i) = Duração de cada evento (i), no período de apuração;

i = Índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em uma ou mais unidades consumidoras;

k = Número máximo de eventos no período considerado; e

Cc = Número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 Oferta e consumo de energia elétrica

Na figura 17 são mostrados a oferta e consumo de energia elétrica em comparação com a evolução do PIB. Os valores foram normalizados para permitir a visualização em um mesmo gráfico de variáveis com unidades de grandeza distintas. Foi considerado como referência o ano de 1973, pois o quociente 1973/1972 para as três variáveis (nas suas unidades padrão) analisadas é unitário, com erro de 10^{-3} .

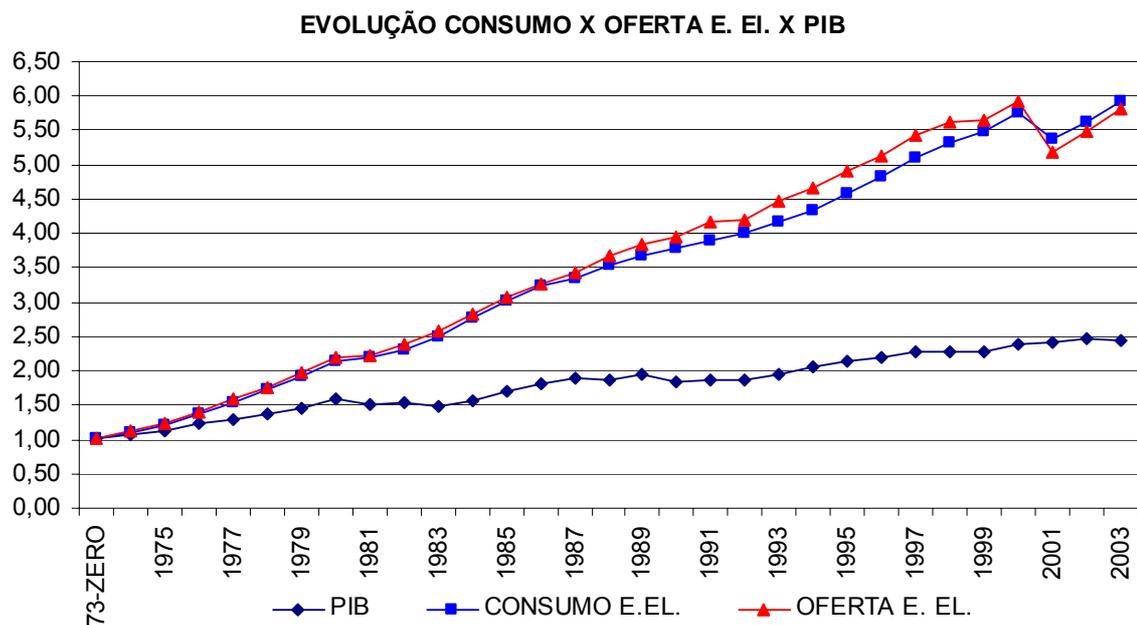


Figura 17 - Evolução da oferta e consumo de energia elétrica X PIB (elaboração própria a partir do BEN 2003).

O gráfico da figura 18, mostra a evolução percentual da oferta e consumo de energia elétrica em comparação com o PIB. A base de dados é a mesma do gráfico mostrado na figura 17, inclusive o período analisado, porém os incrementos percentuais mostrados aqui referem-se a evolução ano a ano. Também são apresentadas nesse gráfico as linhas de tendência para cada uma das variáveis analisadas.

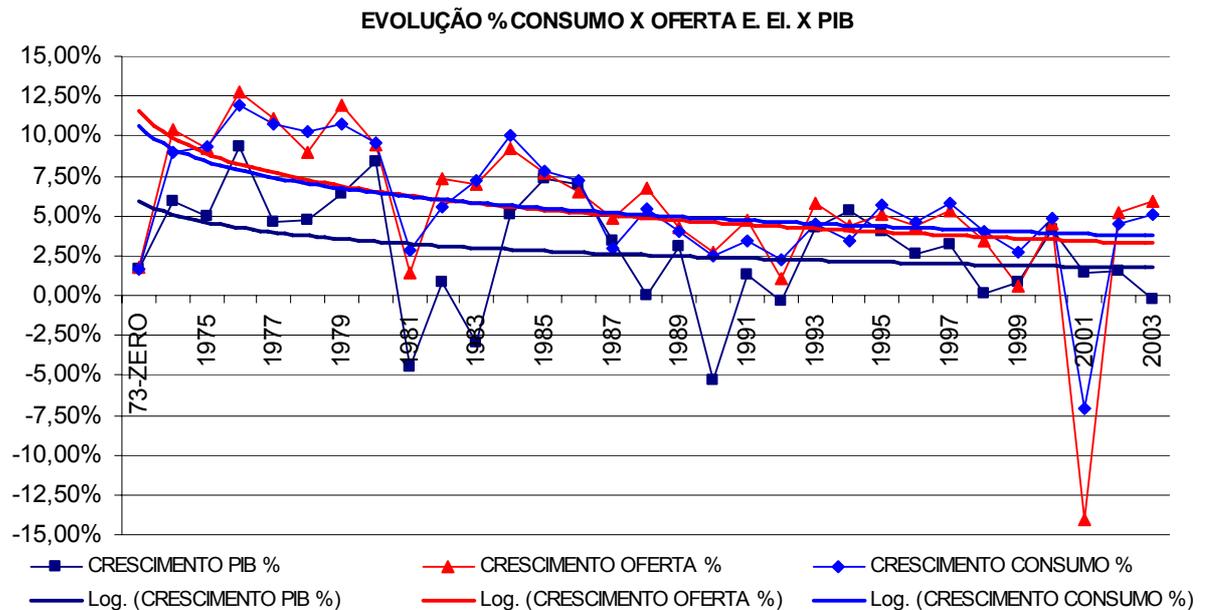


Figura 18 - Evolução da oferta e oferta (%) e consumo (%) de energia elétrica ano-a-ano X crescimento PIB (%), acompanhado das linhas de tendência (elaboração própria a partir do BEN 2003).

A figura 19 mostra o gráfico da evolução da importação de energia elétrica (GWh) pelo Brasil, sendo os principais fornecedores a Argentina, através da subestação conversora de Garabi no Rio Grande do Sul e o Paraguai, através da Itaipu Binacional no Paraná.

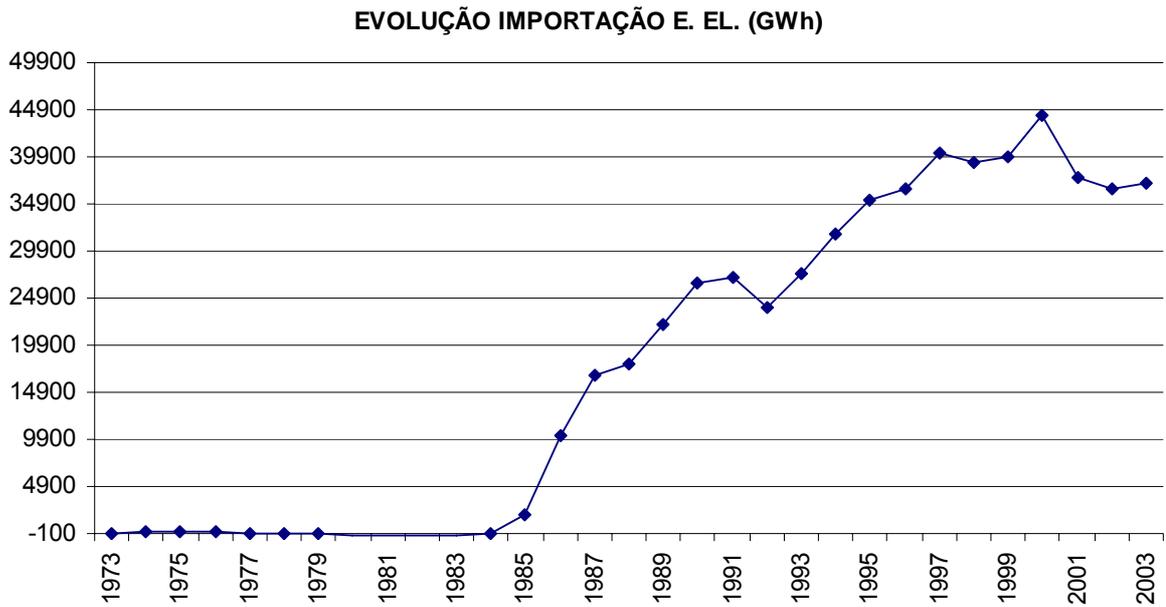


Figura 19 - Evolução da importação de energia elétrica (elaboração própria a partir do BEN 2003).

O gráfico mostrado na figura 20, abre por setor da economia brasileira o consumo de energia elétrica (GWh) e sua evolução. São mostrados os principais setores consumidores e unidos em uma única linha os setores menos expressivos (público, agropecuário, transportes e ferroviário).

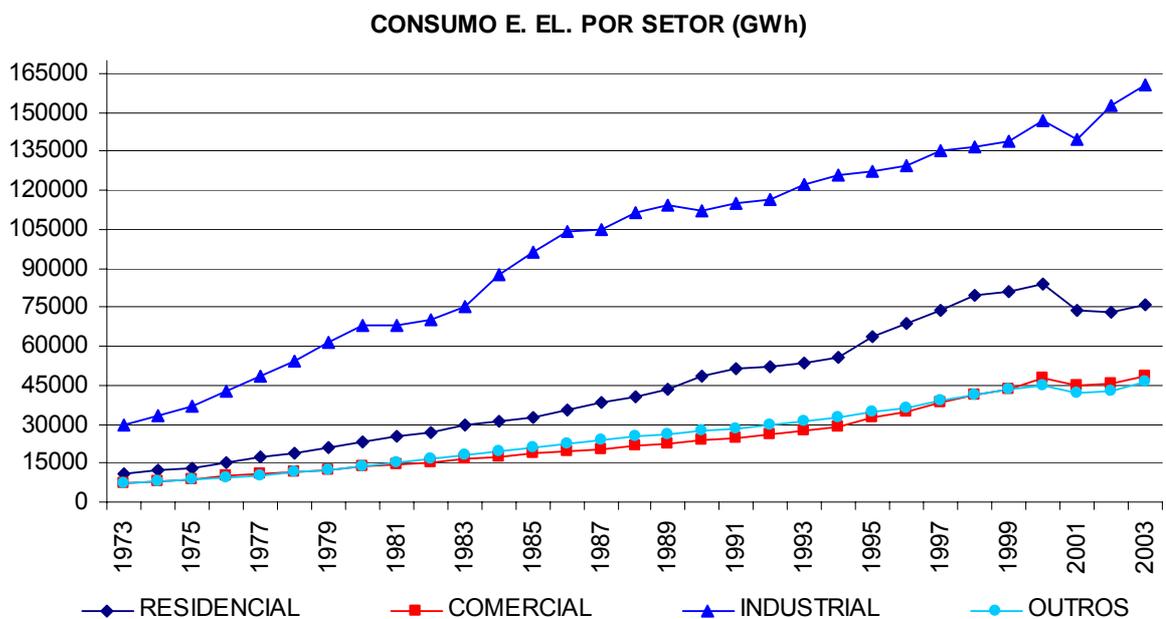


Figura 20 - Evolução no consumo de energia elétrica por setor (elaboração própria a partir do BEN 2003).

3.2 Matriz de geração de energia elétrica

O gráfico da figura 21, mostra a atual composição da matriz de geração de energia elétrica brasileira (em relação a potência instalada) de cada fonte na oferta interna de energia elétrica a todos os setores da economia.

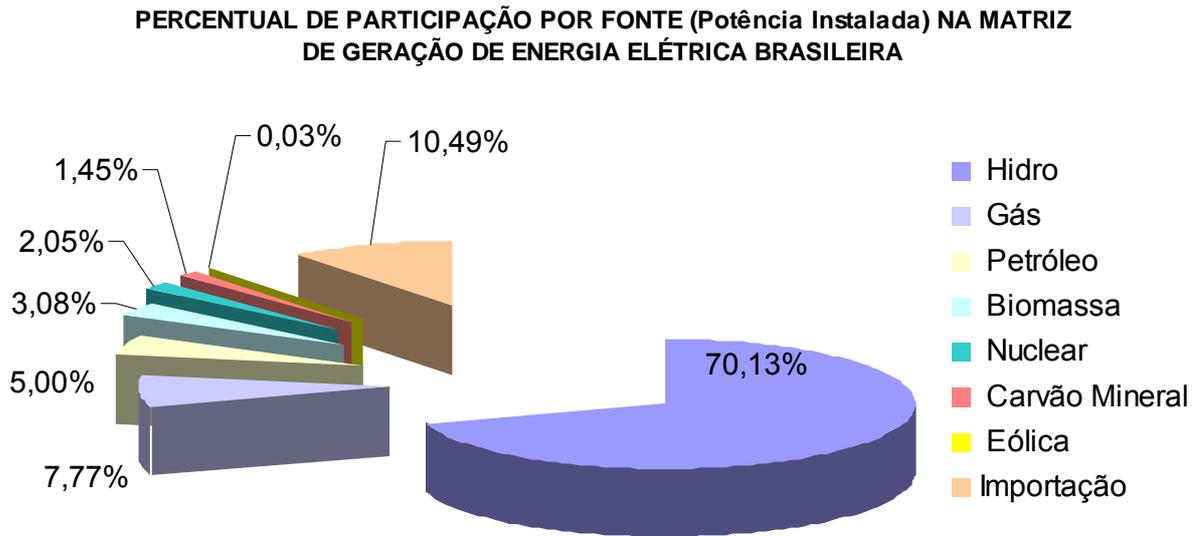


Figura 21 - Atual composição em relação a potência instalada da matriz de energia elétrica brasileira (elaboração própria a partir de ANEEL, BIG, 2004).

O gráfico da figura 22, mostra a futura composição da matriz de geração de energia elétrica brasileira. Tal composição é o resultado do gráfico da figura 21 incrementado da potência instalada dos projetos geração em construção e outorgados para as fontes beneficiadas pelo PROINFA (PCH, Biomassa e Eólica). Os valores percentuais são referentes a oferta total de potência instalada envolvendo todas as fontes.

**PERCENTUAL DE PARTICIPAÇÃO POR FONTE (Potência Instalada) NA FUTURA
MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA
(Incluídos os projetos outorgados e em construção de todas as fontes)**

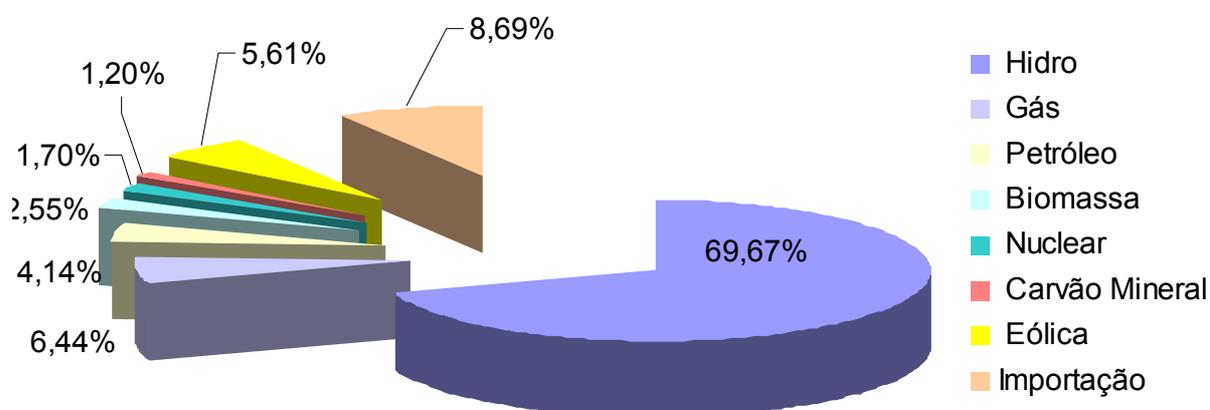


Figura 22. Futura composição em relação a potência instalada da matriz de energia elétrica brasileira (elaboração própria a partir de ANEEL, PROINFA, 2004).

A figura 23, mostra a distribuição percentual por UF (em relação a potência instalada) dos empreendimentos outorgados e em construção de energia eólica contemplados pelo PROINFA.

**DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL (Potência Instalada) POR UF DOS PROJETOS DE
GERAÇÃO A PARTIR DE ENERGIA EÓLICA
(projetos outorgados e em construção)**

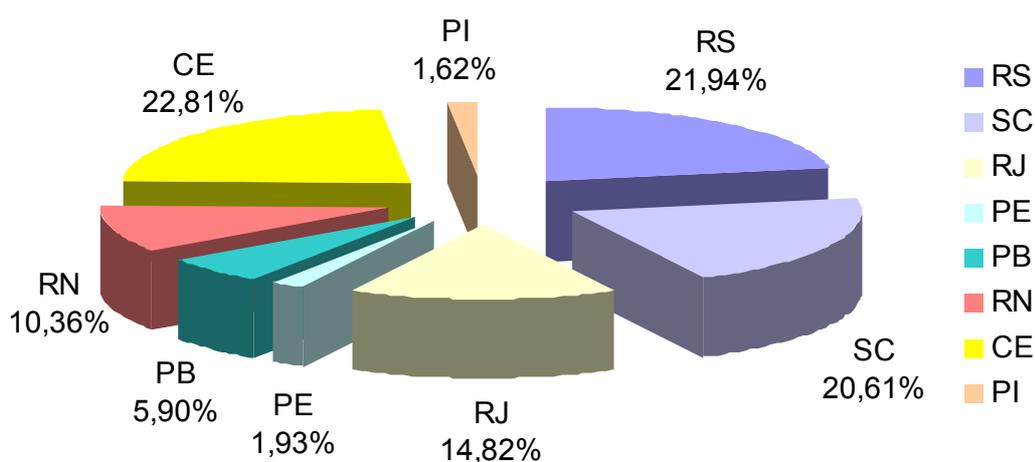


Figura 23 - Distribuição percentual dos empreendimentos em energia eólica por UF (elaboração própria a partir de ANEEL, PROINFA, 2004).

3.3 Competitividade e energia solar fotovoltaica

O gráfico da figura 24 mostra um comparativo de custos para geração de energia elétrica a partir de algumas fontes. O custo está em dólares americanos por MWh (US\$/MWh) para o Brasil. Os valores de competitividade para cada uma das fontes estão referenciados segundo a Resolução número 22 de 2001 da ANEEL.

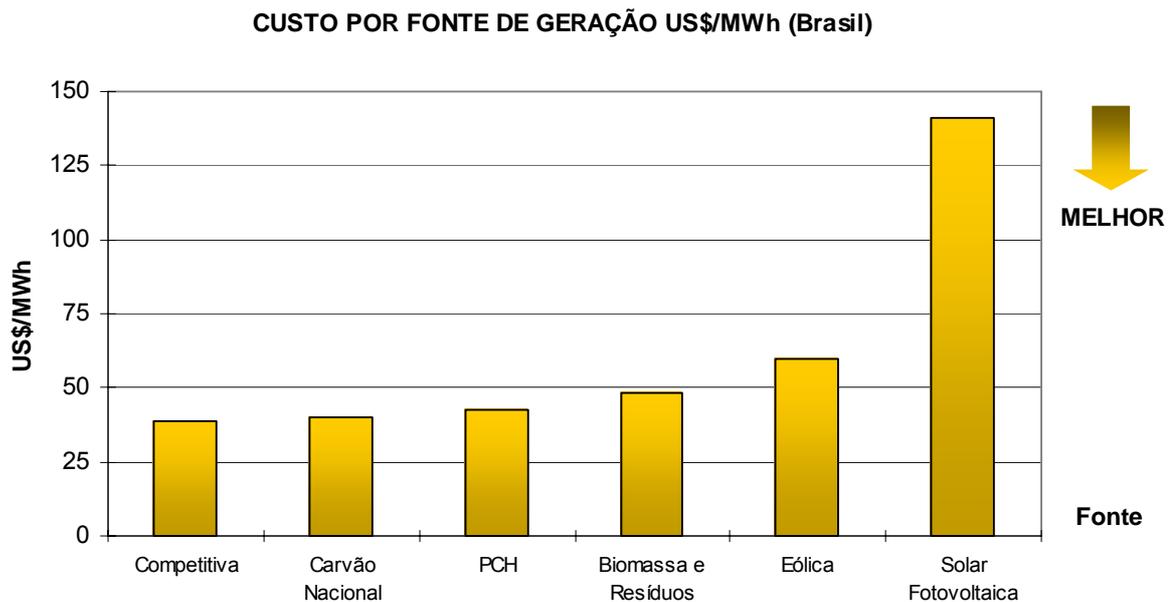


Figura 24 - Custos por fonte de geração para o Brasil (elaboração própria a partir de ANEEL, 2002).

O gráfico mostrado na figura 25, mostra as diferentes tecnologias fotovoltaicas e seus percentuais de uso no mundo, ou seja, de toda a geração de energia elétrica através de tecnologia fotovoltaica e a parcela de contribuição de cada tecnologia.

USO POR TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO 2002 (%)

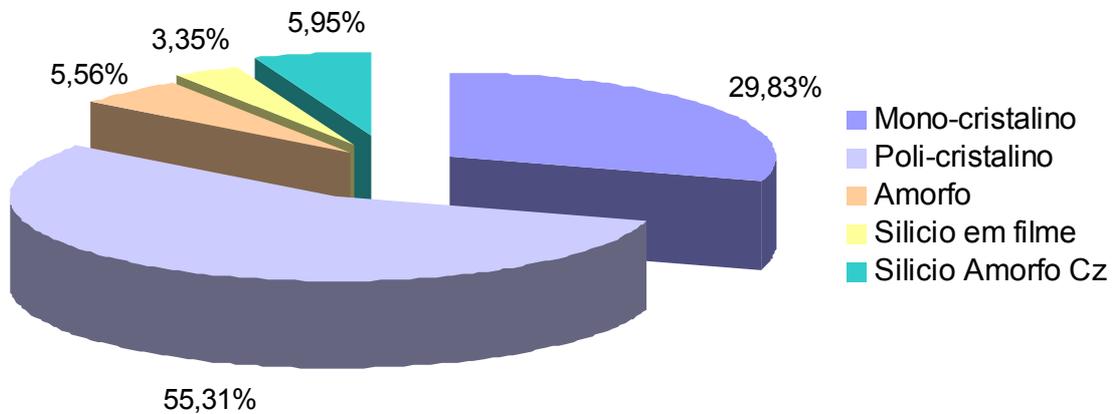


Figura 25 - Uso da tecnologia fotovoltaica no mundo (elaboração própria a partir de PhotoVoltaic News, 2003).

O gráfico da figura 26 mostra a evolução na produção (em MWp) de sistemas fotovoltaicos no mundo. É considerada a contribuição de todas as marcas e tecnologias existentes até 2002.

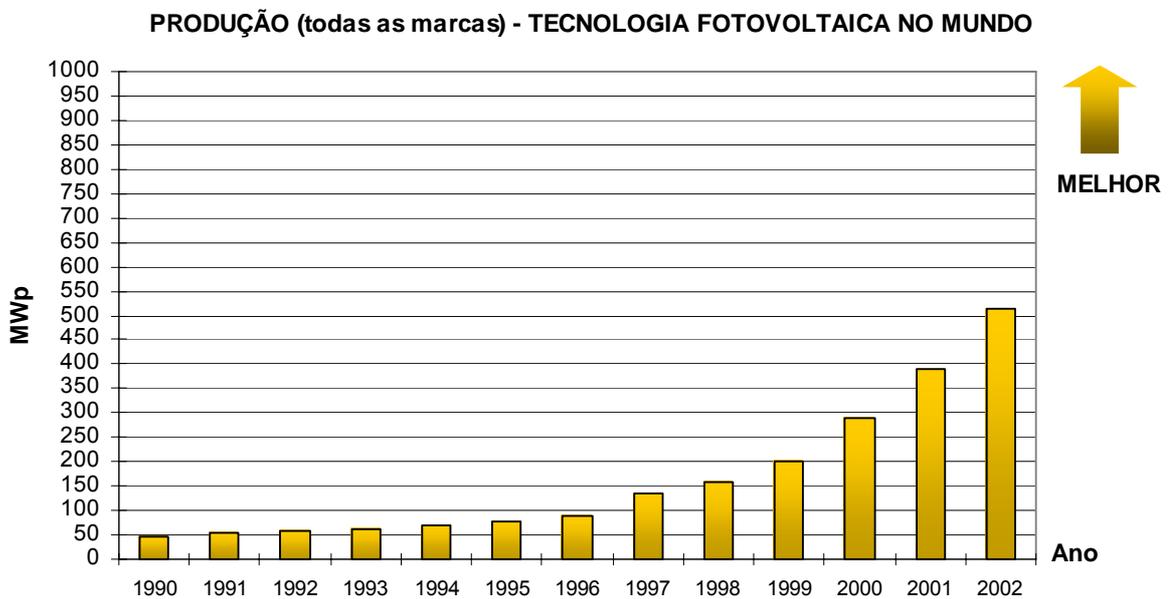


Figura 26 – Produção de tecnologia fotovoltaica no mundo (elaboração própria a partir de PhotoVoltaic News, 2003).

A figura 27 mostra um gráfico comparando o custo médio (em dólares americanos por Wp) da geração fotovoltaica e eficiência média (%) da conversão por

tipo tecnologia. São indicadas as tendências aos “melhores” valores, ou seja, maior eficiência (%) e menor custo (US\$/Wp).

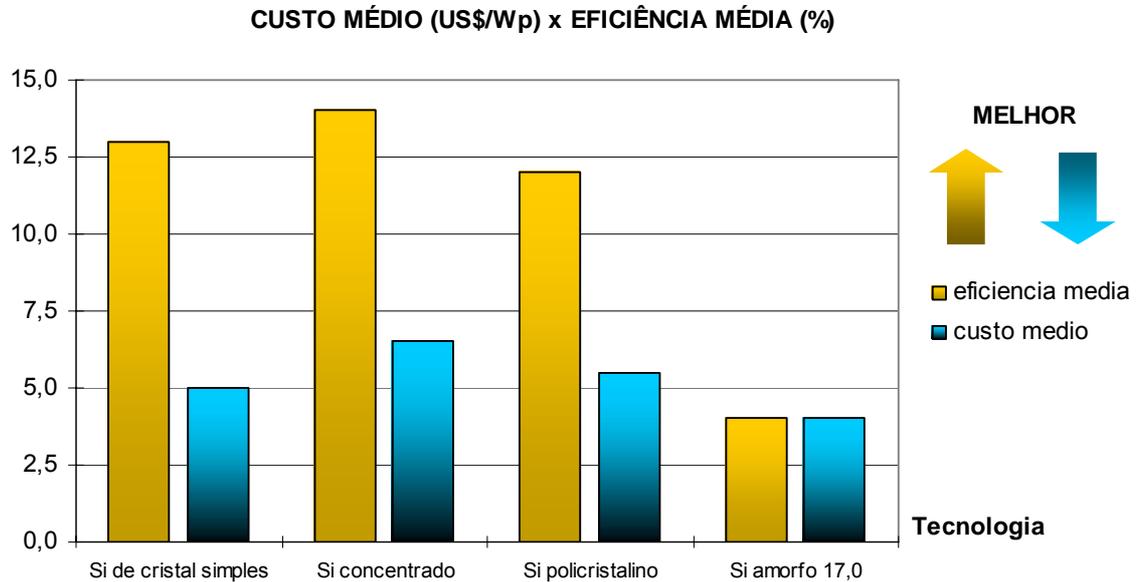


Figura 27 - Comparativo custo eficiência por tipo de tecnologia fotovoltaica (elaboração própria a partir de LabSolar, 2001).

A figura 28 mostra a evolução do custo médio de geração de energia elétrica a partir tecnologia fotovoltaica. São consideradas todas as tecnologias e todas as marcas, o custo é apresentado em dólares americanos por Watt-pico (Wp).

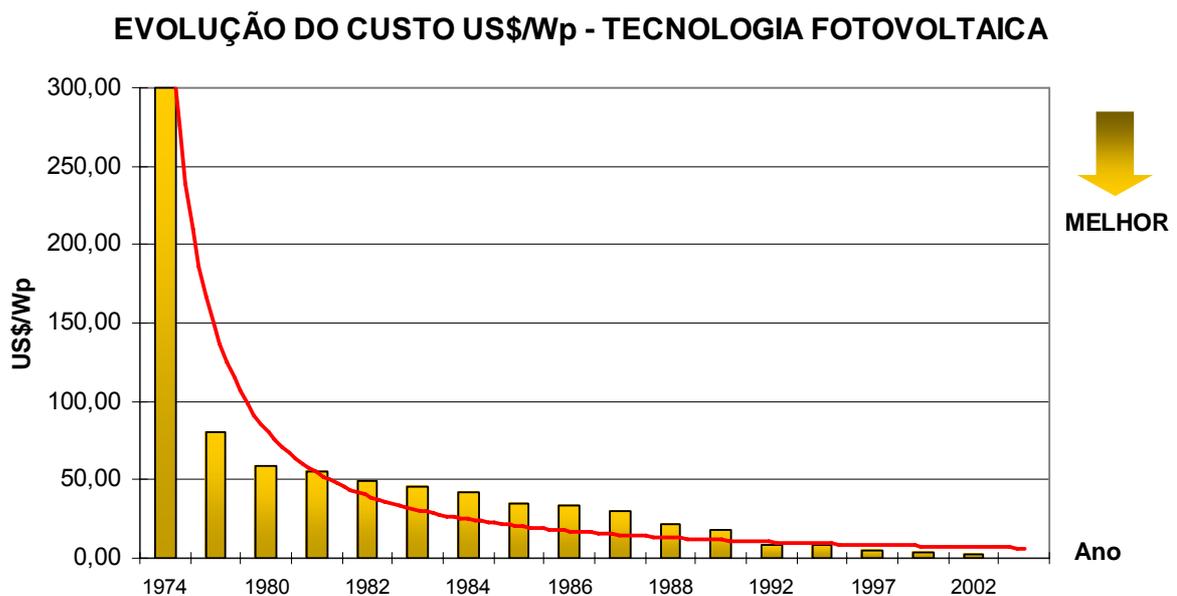


Figura 28 - Evolução no custo médio de geração da tecnologia fotovoltaica (elaboração própria a partir de PhotoVoltaic News, 2003).

3.4 Universalização e a meta 2004

A figura 29 mostra o gráfico do la por região relativo a meta 2004 do projeto de universalização por municípios. Também são apresentados os percentuais de contribuição de cada região para a meta nacional 2004.

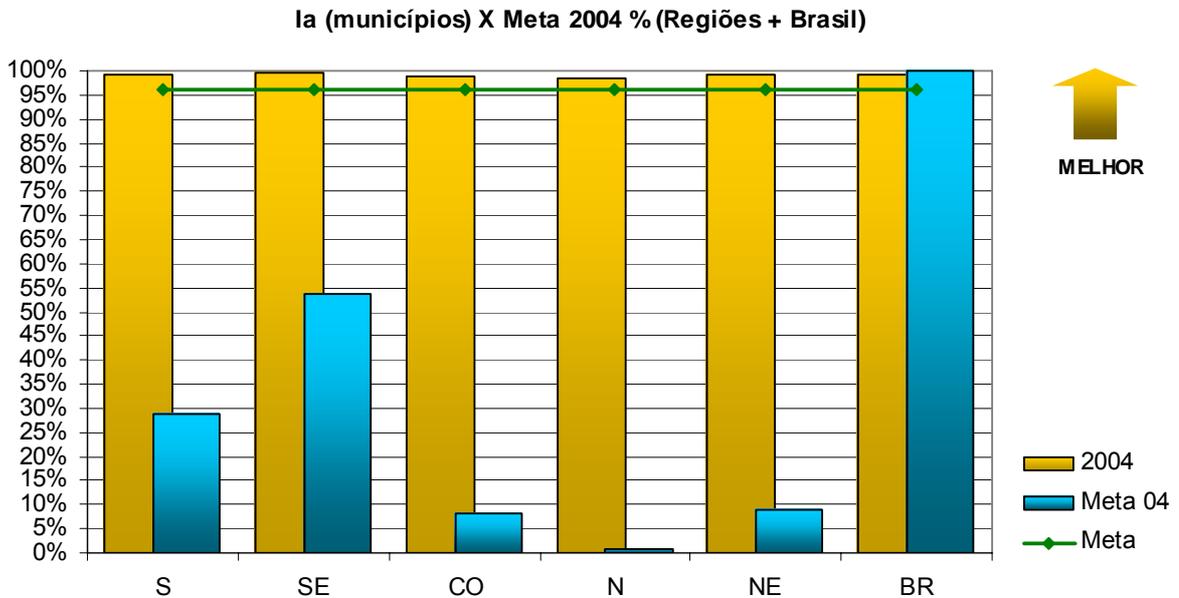


Figura 29 - Atendimento a meta 2004 por região e percentual de contribuição por região (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

A figura 30 mostra o la por UF no atendimento a meta por municípios em 2004. Também são apresentados os percentuais de contribuição de cada UF para a meta nacional 2004.

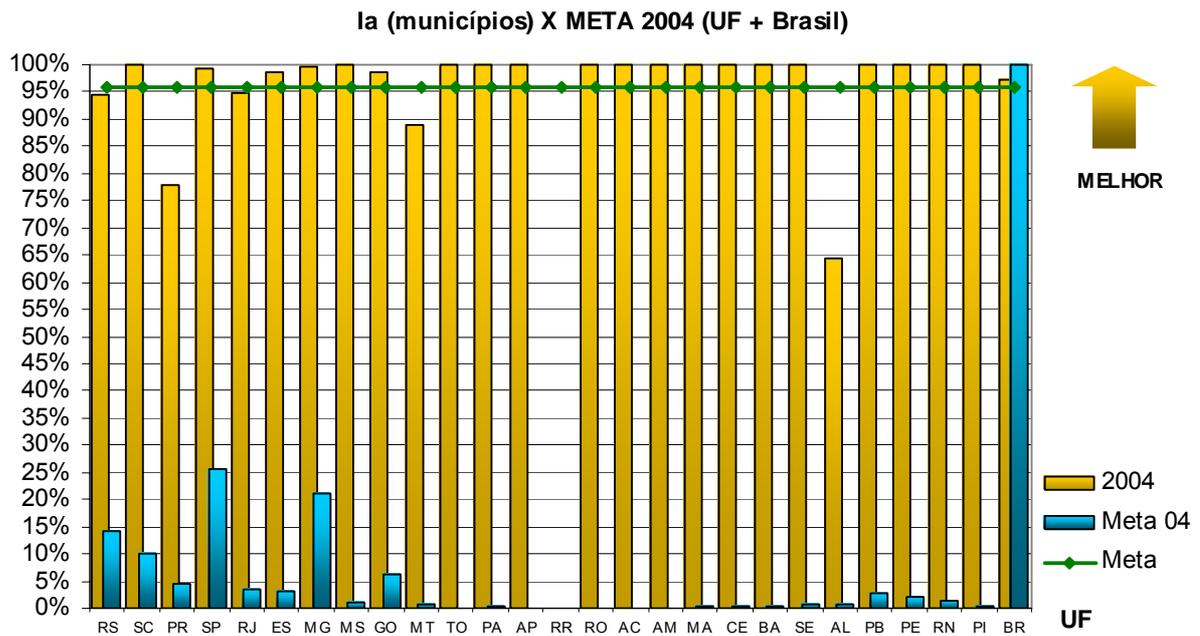


Figura 30 - Atendimento a meta 2004 por UF e percentual de contribuição por UF (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

O gráfico da figura 31 mostra as perspectivas de universalização de cada uma das regiões e do Brasil, segundo o projeto de universalização por municípios (2004-2015). São mostrados os percentuais para cada ano em cada uma das regiões e o somatório (contribuição) total por ano para o projeto nacional de universalização.

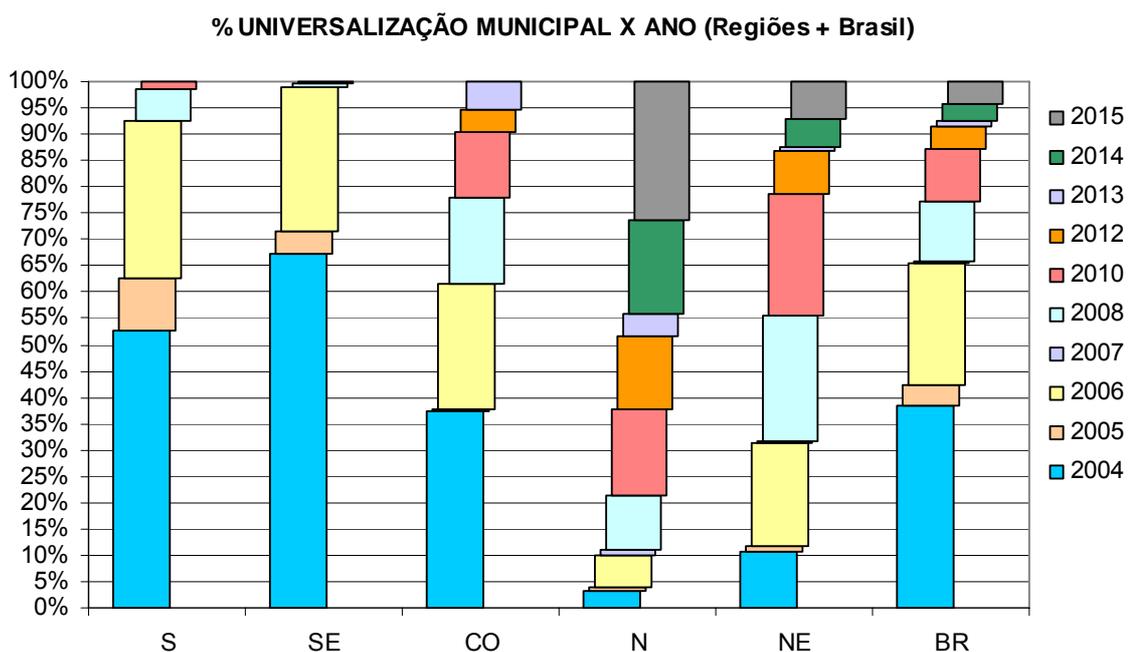


Figura 31 - Integralidade da universalização no Brasil (elaboração própria a partir de ANEEL).

3.5 Gráficos de inclusão e exclusão

A figura 32 mostra a situação global do la em cada região do Brasil, ou seja, o percentual de atendimento geral (% domicílios) para cada região no final do ano de 2004.

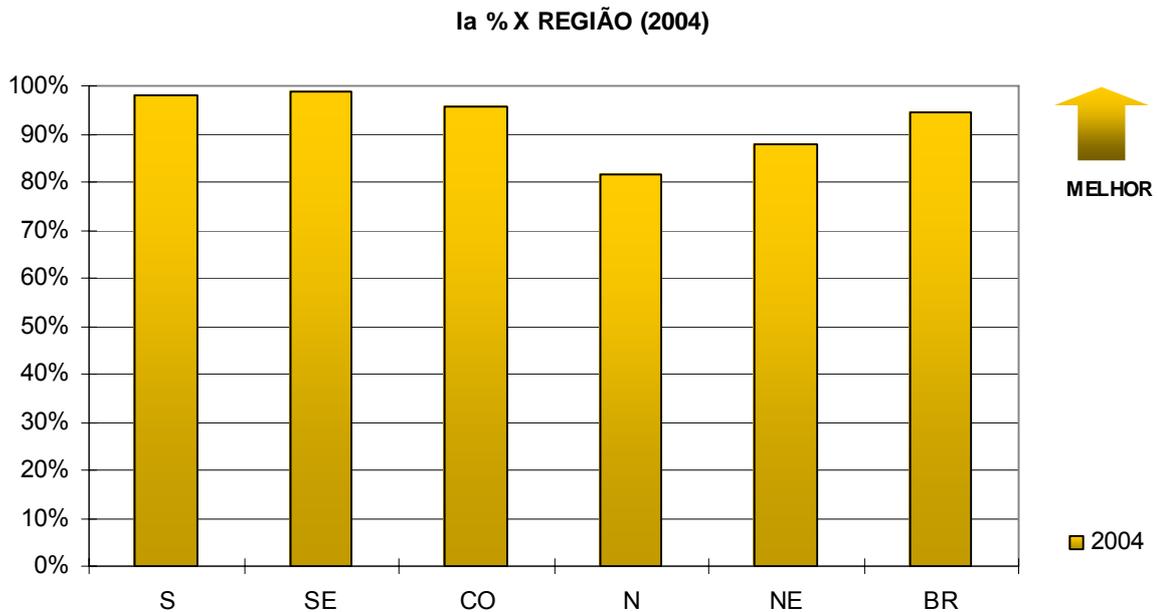


Figura 32 - Percentual de domicílios universalizados por região (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

Complementando a figura 32 é apresentado na figura 33, por região e Brasil, o número (em milhões) de domicílios não atendidos por energia elétrica.

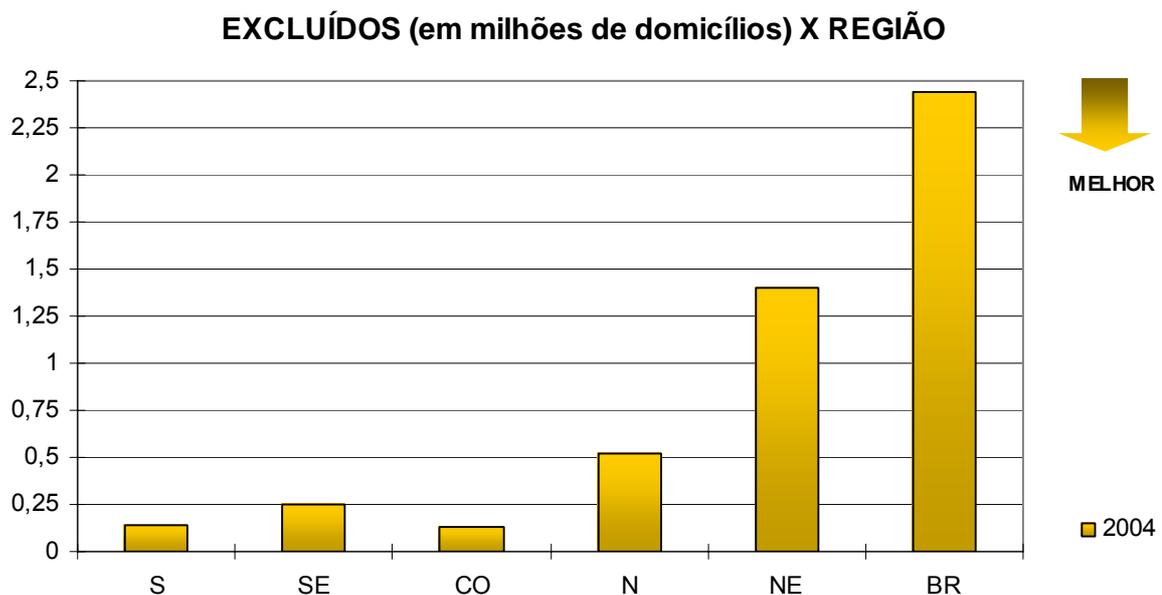


Figura 33 - Total de domicílios não atendidos por energia elétrica por região e Brasil (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

Segundo dados do IBGE, a distribuição percentual dos habitantes sem acesso a energia elétrica está dividida segundo a figura 34 em parcelas de população urbana e rural.

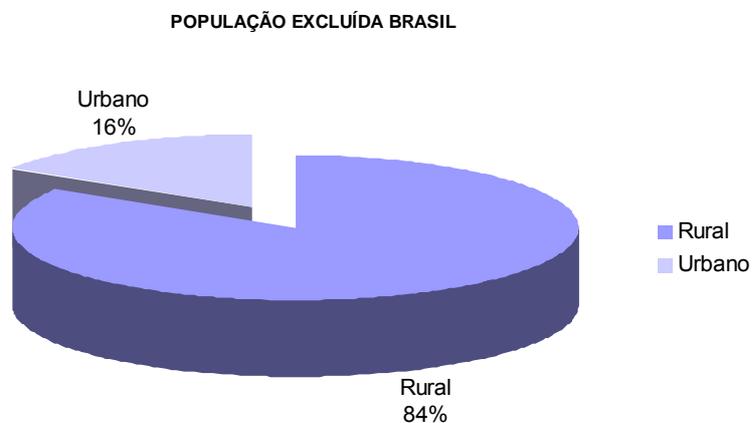


Figura 34 - Percentual por zona (elaboração própria a partir de IBGE 2005).

Relativos a esses percentuais, ou seja, do total dos 16% da população urbana sem acesso a energia elétrica, é mostrada na figura 35 a sua distribuição (%) por região.

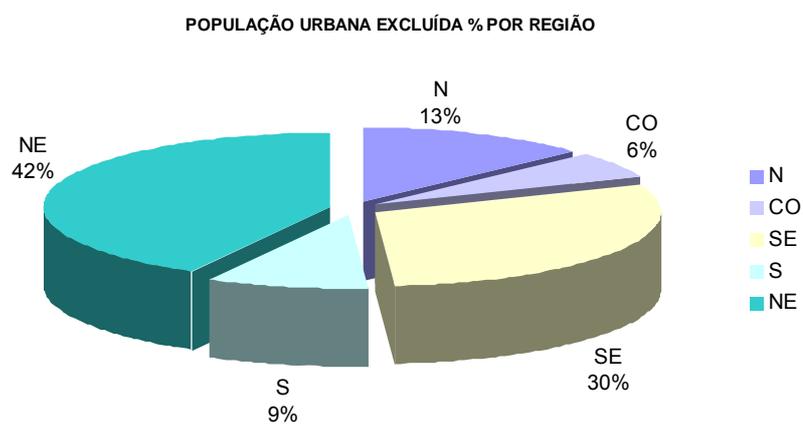


Figura 35 - Percentual por UF, zona urbana (elaboração própria a partir de IBGE 2005).

Já dos 84% da população rural sem acesso a energia elétrica, a distribuição está dividida de acordo com a figura 36 por região do Brasil.

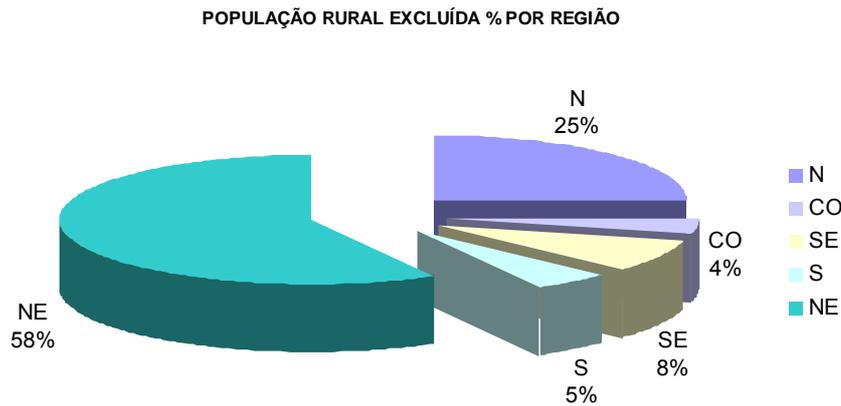


Figura 36 - Percentual por UF, zona rural (elaboração própria a partir de IBGE 2005).

3.6 IDH e acesso a energia elétrica

A figura 37 mostra um diagrama de dispersão onde cada ponto representa um município do país, este gráfico correlaciona o acesso a energia elétrica ao IDH local para todos os municípios do país.

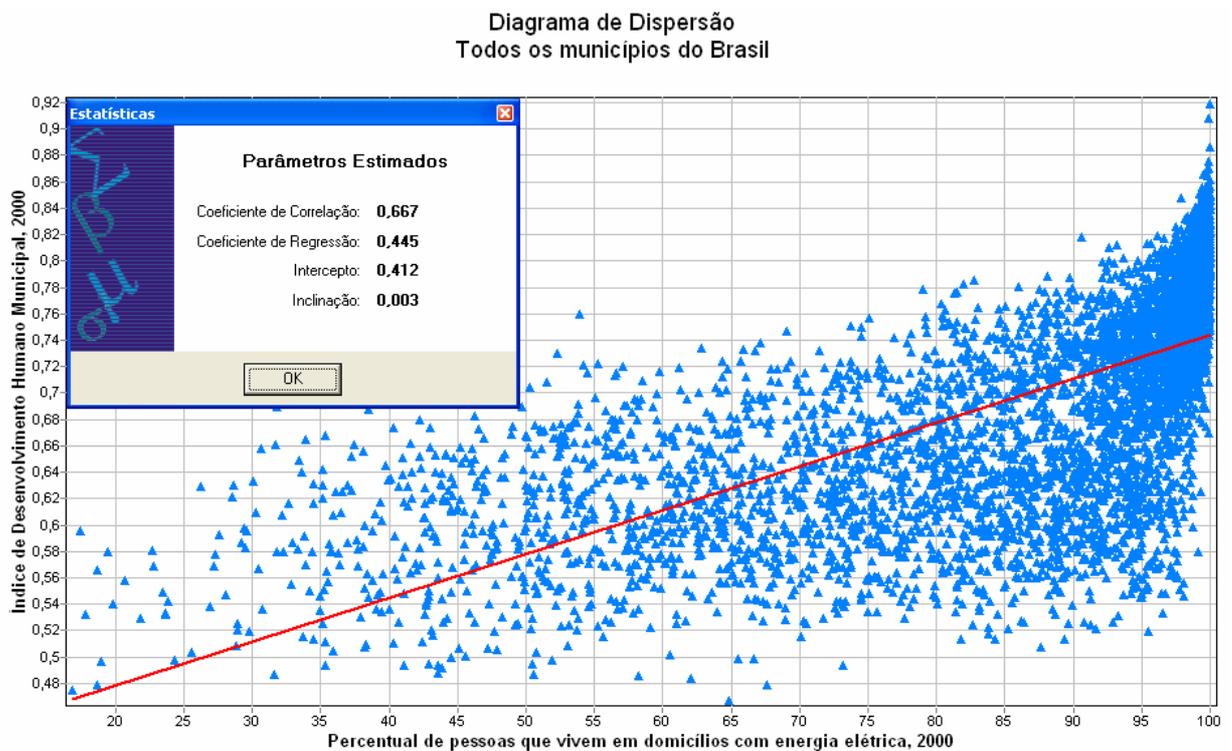


Figura 37 - Correlação entre IDH e Acesso a energia elétrica (Atlas do Desenvolvimento Humano 2000, IBGE).

O diagrama de dispersão da figura 38 correlaciona o acesso a energia elétrica ao IDH local e a renda auferida, também local, para todos os municípios do país.

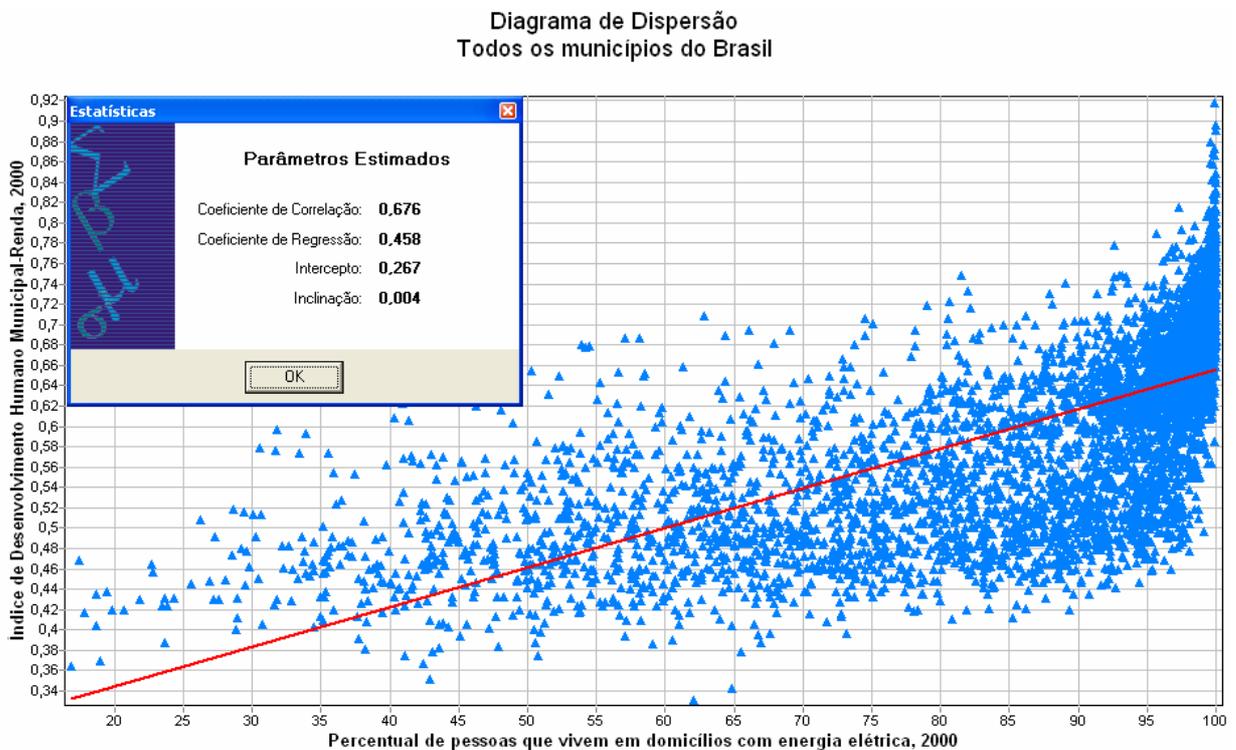


Figura 38 - Correlação entre IDH-Renda e Acesso a energia elétrica (Atlas do Desenvolvimento Humano 2000, IBGE).

3.7 Qualidade da energia elétrica

Desde a criação da ANEEL, a qualidade da energia elétrica passou a ser monitorada. Na figura 39 é mostrada a evolução nos índices DEC (h) e FEC (unid), para a energia fornecida no Brasil ao longo dos últimos 9 anos.

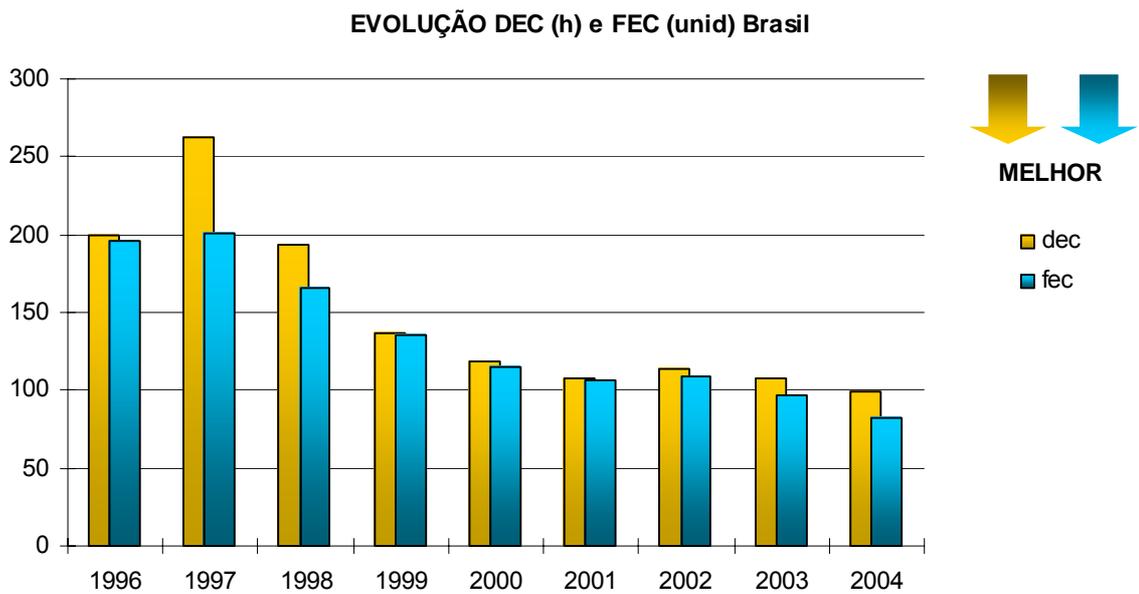


Figura 39 - Evolução dos índices DEC e FEC por ano – Brasil (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

A figura 40 mostra os mesmos índices da figura 39, porém abertos por região e relativos ao ano de 2004, ano este que se deu início ao projeto de universalização.

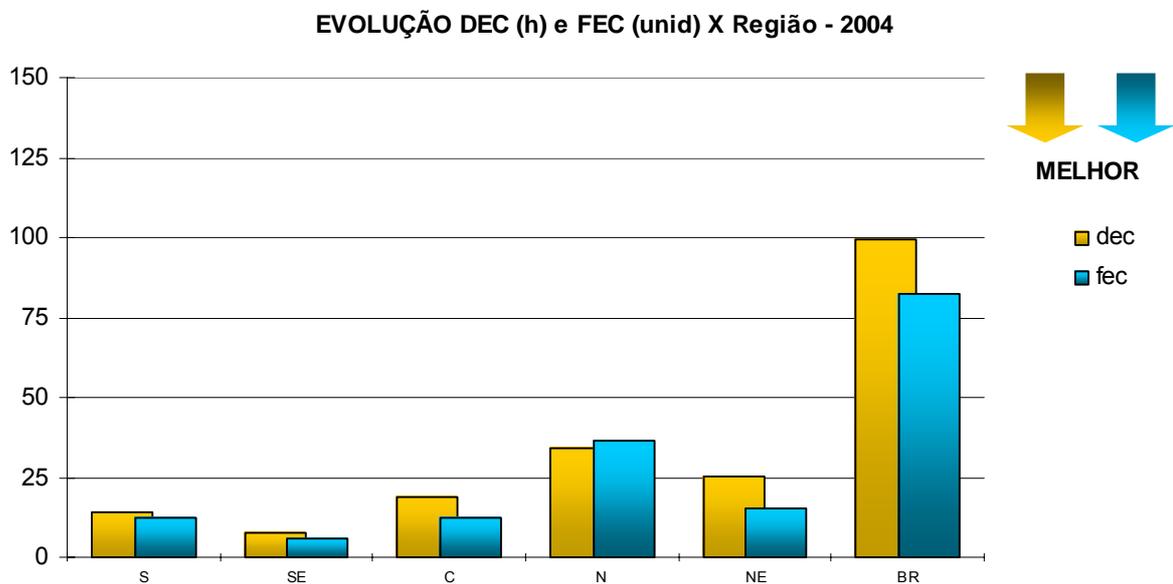


Figura 40 - Índices DEC e FEC 2004 – Regiões (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

O gráfico da figura 41 também mostra os índices DEC (h) e FEC (unid.) abertos por UF para o ano de 2004.

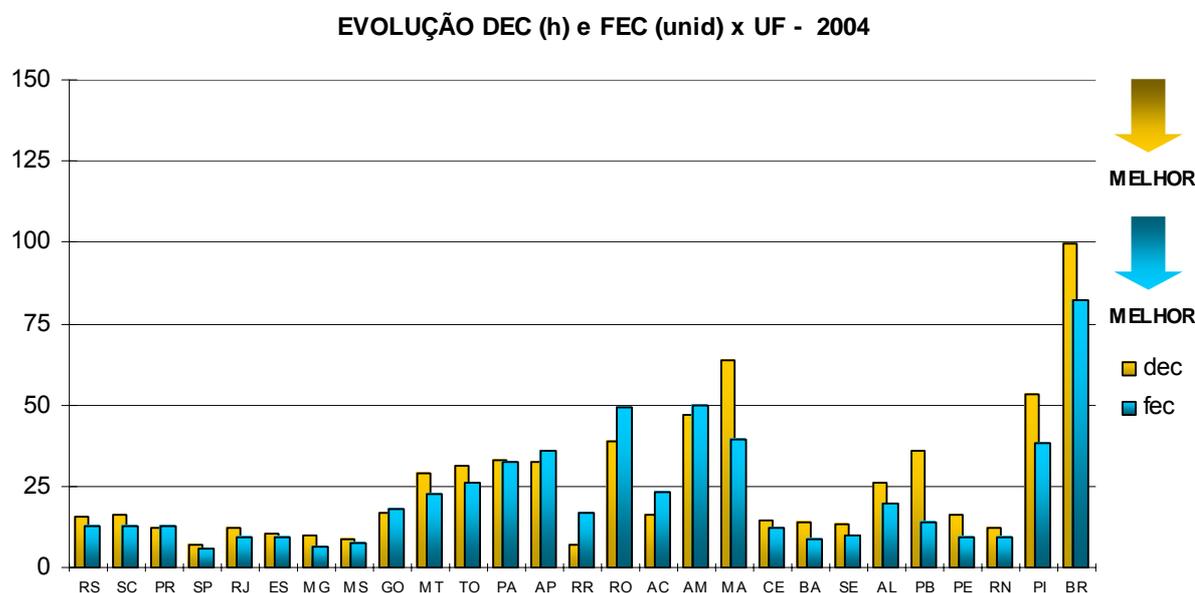


Figura 41 - Índices DEC e FEC 2004 – UFs (elaboração própria a partir de ANEEL, 2005).

3.8 Comparativo

A tabela 3 reúne dados variados, referentes aos resultados apresentados em gráficos e ao desenvolvimento textual deste trabalho. São reunidos aqui dados relativos a: universalização (% excluídos na área rural e urbana), potencial eólico para ventos com velocidade superiores a 6m/s, intervalos dos índices de desenvolvimento humano e crescimento demográfico, agrupados por região.

Os dados referentes ao IDH mostram a faixa do pior (menor IDH) ao melhor (maior IDH) para cada uma das regiões do Brasil.

Tabela 3 – Universalização, potencial eólico, IDH e crescimento demográfico.

Reg	Excl.		Pot. Eólico				IBGE		
	U %	R %	> 7m/s GW	6 < P. E. <= 7m/s TWh	6 < P. E. <= 7m/s GW	6 < P. E. <= 7m/s TWh	IDH	IDH-Renda	C. D.
S	9	5	22,76	41,1	442,28	577,62	0,620 < IDH < 0,875	0,516 < IDH-R < 0,869	< 1,5%
SE	30	8	29,74	54,9	474,06	636,15	0,568 < IDH < 0,919	0,423 < IDH-R < 0,918	2 a 3%
CO	6	4	3,08	5,4	120,78	149,9	0,600 < IDH < 0,844	0,479 < IDH-R < 0,842	> 4%
N	13	25	12,84	26,4	70,9	115,4	0,475 < IDH < 0,806	0,364 < IDH-R < 0,754	> 4%
NE	42	58	75,05	144,3	677,24	971,81	0,467 < IDH < 0,862	0,331 < IDH-R < 0,829	< 1,5%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÃO

O crescimento no consumo de energia elétrica, diante da oferta mostra que até o ano 2000 tínhamos um equilíbrio entre oferta e consumo, com ligeira margem de folga para oferta, no entanto, as linhas de tendência indicavam que o suprimento de energia elétrica seria afetado, uma vez que a oferta passaria a ser superada pelo consumo, acompanhada por semelhante tendência no crescimento do PIB, como reflexo da retomada do desenvolvimento do Brasil. Observa-se que a importação de energia elétrica também cresceu fortemente a partir de 1985 e que a mesma (compra de energia elétrica pelo Brasil) esteve prejudicada no ano de 2000 por fatores externos.

Dentre os setores com maior crescimento, destacam-se o setor industrial e o residencial. O setor industrial atraiu grandes investimentos de capital, tanto internos como externos, reflexo da estabilidade econômica que deu ao país credibilidade na atração de novos investimentos e investidores. O setor residencial foi marcado pelo aumento do poder de aquisição da população brasileira resultando em maiores acessos aos serviços de energia elétrica e consumo de produtos a ela relacionados.

Como reflexo deste desequilíbrio, adicionado a alguns problemas relacionados à geração, como por exemplo, a parada pelo período de quase um ano de uma das turbinas da Itaipu Binacional; em 2001 o país operou os setores industrial, comercial e residencial com grandes dificuldades em relação a oferta de energia elétrica. Como tentativa de amenizar o problema e evitar cortes no fornecimento houve grande esforço governamental para redução do consumo de energia elétrica através do incentivo à adoção de programas de eficiência energética para redução de desperdício, como por exemplo, o PROCEL.

Buscando evitar o uso da capacidade máxima de geração e a sobrecarga do sistema de transmissão e distribuição, o esforço foi efetivo e resultou em redução de consumo por parte, principalmente, dos setores residencial e industrial, porém não foi suficiente. O resultado desses desajustes foi o estrangulamento da

capacidade de operação do SIN, culminando com o famoso “apagão” no final de 2001.

Como reflexo dessa desaceleração forçada no consumo de energia elétrica, os resultados dessa política fizeram-se sentir no PIB do ano. Evidências fortes mostram-se nesses setores, que foram freados para evitar maiores perdas, dessa forma, houve significativa redução no percentual de crescimento do PIB, em relação ao ritmo dos anos anteriores.

Esses descompassos no SEB impulsionaram o GF no sentido de tomar providências quanto ao suprimento de energia elétrica necessário aos setores produtivos e consumidores e a necessidade de diversificação da matriz de geração. Porém, tal esforço ainda não se mostra efetivo em face da aceleração desses mercados, deixando o país num lençol de incertezas, pois não se tem a garantia do pleno fornecimento. De qualquer maneira, não se pode tolerar que o mercado fique a mercê do regime hidrológico, por mais que este tenha, também, complementaridade entre as regiões.

Analisando a composição da matriz de geração (atual e futura) de energia elétrica nacional, é possível afirmar que as fontes renováveis terão participação mais relevante na próxima década, seja a energia elétrica oriunda de PCHs, biomassa, eólica ou solar. Porém, no contexto da legislação abrangida por essa dissertação (fontes renováveis eólica e solar fotovoltaica), percebe-se um grande potencial de oportunidades de aproveitamento para a energia eólica.

A complementaridade entre os regimes hidrológico e eólico, principalmente, na região do Rio São Francisco, apontam por um mercado promissor de geração de energia elétrica a partir dos ventos, segundo os dados do PROINFA. Nesta primeira fase, os projetos selecionados para energia eólica não estão distribuídos apenas em regiões de baixos índices de universalização (como é o caso do Ceará e Rio Grande no Norte), mas também em regiões de vasto potencial como o litoral gaúcho, catarinense e fluminense.

Assim, espera-se que a energia eólica venha a constituir-se numa fonte próspera na matriz de geração brasileira, não apenas para geração complementar, mas também como potencial de energia firme, porém sazonal, pois não se tem plena garantia de potencial pleno em todos os dias. Constitui-se assim, uma oportunidade ao SIN para as décadas futuras, constituindo-se numa alternativa as necessidades

de consumo pelos setores produtivos, especialmente nas regiões centro e norte de Minas Gerais, dado o potencial a ser explorado.

Para as sub-regiões sem atendimento e/ou com comunidades isoladas, como é o caso no Nordeste brasileiro, verificam-se bons potenciais em todo o litoral, regiões centro da Bahia, sul do Piauí, norte de Roraima e centro do Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas. Na região Norte do país, a exceção do norte de Roraima e litoral do Pará, não existem bons potenciais para aproveitamento.

Nessas regiões, onde existem ventos com velocidade superior a 7m/s, constitui-se uma boa alternativa para turbinas de grande porte para instalação à altura de 50m ou superior, ao passo que em regiões com ventos com velocidades superiores a 6m/s e inferiores a 7m/s, mostram-se com relativo potencial aproveitável em alturas inferiores a 25 metros, sendo propícias para aplicação de turbinas menores para geração descentralizada visando atender as comunidades isoladas e não-interligadas.

Mesmo não tendo caráter de energia estocável (eólica e solar) dificultando assim as conexões com o sistema de transmissão e distribuição, o aproveitamento de energia eólica como potencial de energia firme (porém não de potência firme e permanente), principalmente no Nordeste brasileiro também é uma alternativa para liberar potência do SIN para a região Sudeste, especialmente para o estado de São Paulo. Os horizontes para geração de energia elétrica a partir da energia dos ventos parecem ser promissores, mesmo que inicialmente os projetos estejam relacionados a demandas pontuais, a energia eólica deve ter importância estratégica para o país, dadas as características dos programas de incentivo no que toca a absorção de tecnologia e grandes percentuais de investimentos com capital nacional.

Quanto às tecnologias fotovoltaicas, o custo e a eficiência da conversão são os principais problemas. Percebe-se que a tecnologia solar fotovoltaica ficará reservada, preferencialmente, para projetos de pré-eletrificação nas regiões cujo acesso por redes de distribuição constitui-se numa alternativa inviável economicamente (mesmo assim, ainda é uma fonte dependente de programas especiais para sua aplicação, dada o longo período para se recuperar o capital investido), além do potencial de outras fontes não ser atrativo, tanto econômica como tecnicamente, ou então, atuando juntamente a outra fonte de energia em sistemas híbridos de geração.

Os custos e eficiência para a tecnologia fotovoltaica não são atrativos para aplicações em maior escala, visto que estes parecem ter estagnado na evolução quanto à melhoria da eficiência e redução de custos de produção, não se constituindo assim numa fonte de geração atrativa (para grandes projetos) no Brasil para a atual conjuntura de desenvolvimento, mesmo observados seus benefícios de tecnologia renovável. Parece ser consenso que os países que utilizam, hoje, em maior escala a energia solar fotovoltaica, já esgotaram seus potenciais mais baratos de geração, além de terem desenvolvido legislação específica, pois apenas nestes países as empresas de produção de módulos ou filmes de PV tem progredido.

Quanto ao acesso a energia elétrica, o percentual de excluídos está distribuído da seguinte maneira: 16% concentram-se em áreas urbanas, destes, 42% estão no Nordeste, 13% no Norte e 30% no Sudeste; os 84% restantes estão na área rural e destes 58% no Nordeste e 25% no Norte, configurando-se nas UFs com maiores índices de exclusão do país.

Para a universalização do acesso a energia elétrica, os resultados mostram que as regiões Norte e Nordeste, com menor número de municípios e domicílios atendidos, também são as que possuem atendimento mais precário, ou seja, os domicílios, indústria, comércio e outros setores, são afetados por energia elétrica de menor qualidade (maiores DEC e FEC).

Também nessas regiões, segundo os dados do IBGE, se apresentam os piores IDH e IDH-Renda e comprovam a existência de correlação entre o acesso a energia elétrica e esses índices, mostrando a realidade dos municípios brasileiros que, com menor IDH, também tem seus domicílios (famílias) com menor ou sem acesso a energia elétrica, além da baixa renda.

Vislumbrando o horizonte de universalização 2005-2015 como cenário estático, tais regiões também serão as últimas a atingirem o acesso (na sua integralidade) a energia elétrica.

Reflexo do projeto de universalização, percebe-se que os maiores percentuais como meta de acesso 2004 ficaram para as regiões Sul e Sudeste, igualmente para os anos 2005 e 2006, onde estas regiões devem atingir quase a sua totalidade de domicílios plenamente atendidos. Também nelas, foi registrada a melhor qualidade (menor DEC e FEC) de energia elétrica fornecida, mesmo nos estados em que não foram atingidas as metas de universalização (meta 2004), como é o caso do Rio Grande do Sul, Paraná e Rio de Janeiro. Porém, para as regiões

Norte e Nordeste, tornam-se preocupante, o fato dos maiores percentuais de universalização estarem previstos para os anos 2008 a 2015, mostrando-se assim um possível cenário de adiamento quando da obtenção plena e integral dos índices de universalização e atendimento.

Na região Norte, para atendimento às localidades com maiores barreiras logísticas, não restam muitas alternativas a não ser por sistemas fotovoltaicos puros ou híbridos para atendimento a comunidades isoladas. Porém, nesses projetos, a orientação para educação dessas comunidades no cuidado com a manutenção dos sistemas de energia são fundamentais, dadas as dificuldades de acesso para posteriores ajustes ou reparações acarretando em altos custos de manutenção.

Considerando, ainda na região Norte, que o potencial de ventos é fraco e o potencial para aproveitamento hidrelétrico é comprometido em função das características de relevo, vegetação e implicações ambientais, torna-se também uma alternativa a geração por biomassa. Observa-se, ainda, que nesta região também se apresenta o maior crescimento demográfico registrado para o Brasil entre 1991 e 2000, fato que deve ser considerado quando da previsão de novos projetos de geração.

Dessa forma, aproveitados esses potenciais, estar-se-á também contribuindo com o crescimento do IDH, entenda-se: longevidade, educação e renda; e para a universalização; já que o acesso a energia elétrica e serviços a ela associados vêm a contribuir para o desenvolvimento local dessas comunidades.

4.1 Sugestões a trabalhos futuros

No caso do SEB, a reunião de informações sobre disponibilidade de recursos energéticos, tecnologias e sistemas de geração, transmissão, distribuição e uso final de eletricidade, é fundamental para a elaboração e cumprimento das políticas e diretrizes do setor. Igualmente importantes são as informações socioeconômicas e ambientais de interesse do setor.

O mapeamento sistematizado dessas informações certamente auxiliará na identificação, análise e solução de problemas relacionados ao suprimento e (ou) à demanda de eletricidade. A diversidade de formatos dos dados necessários para o desenvolvimento de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) para o SEB deve-se as suas características de capacidade de apresentação cartográfica de

informações complexas, base integrada de objetos espaciais e por ser um sofisticado instrumento analítico, composto por um conjunto de procedimentos e ferramentas de análise espacial.

Dada o amplo número de variáveis a serem analisadas, para a tomada de decisão de projetos de eletrificação e pré-eletrificação (baseados em geração de energia elétrica oriunda do potencial de ventos e radiação solar), é possível levantar alguns pontos a serem aprofundados visando facilitar a escolha por alternativas a geração em sistemas isolados ou não-interligados, constituindo-se em desafios e propostas a futuros estudos na área:

1. levantar os potenciais energéticos nos sistemas: isolado e interligado;
2. aprofundar as externalidades positivas e internalizá-las na análise econômico-energética;
3. orientar projetos para absorção de tecnologia ao nível de 100%;
4. desenvolver projetos de mercados de certificados verdes e de redução de emissão;
5. elaborar projetos de adequação ao novo modelo energético: modicidade tarifária e confiabilidade do sistema.

4.2 Dificuldades encontradas

A maior dificuldade encontrada no desenvolvimento deste estudo, esteve no grande volume de informações do SEB. Porém, informações desconhecidas, de pouca confiabilidade e de diferentes fontes são um entrave ao objetivo de se chegar a conclusões precisas, justificando o desenvolvimento de um SIG para o SEB. Tem-se o exemplo de outros países, como os EUA, que disponibilizam um grande número de softwares para estudos energéticos de regiões e sub-regiões, como é o caso do software LEAP, o qual reúne informações de um banco de dados nacional e que leva em consideração os aspectos da geografia física, disponibilidade de combustíveis, desenvolvimento regional, variáveis ambientais entre outras.

Outra grande barreira foi o acesso as informações relativas aos projetos de universalização, tanto perante a ANEEL, como, nas agências regionais vinculadas a essa. Um exemplo dessa ordem são os índices NUU e NRU que como os índices DEC e FEC e la por municípios, também deveriam ter sido divulgados até o fim de 2004, mas que até o momento não estão disponíveis para consulta pública. Outros

exemplos são os projetos do PRODEEM e Luz para Todos, que parecem ter administração difícil, pois para ambos não se consegue informação precisa.

CAPÍTULO 5

REFERÊNCIAS

LIVROS, TESES, DISSERTAÇÕES E REVISTAS

AGUIAR, W. M. de. **O uso de fontes alternativas de energia como fator de desenvolvimento social para segmentos marginalizados da sociedade**. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ANEEL. OMM. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, Brasil. 2002.

BORENSTEIN, C. R.; CAMARGO, C. de B. **O setor elétrico no Brasil: dos desafios do passado às alternativas do futuro**. 1.ed. Florianópolis, Ed. Sagra Luzzatto, 1997.

BOYLE, G. **Renewable energy: Power for a Sustainable Future**. New York: Oxford University Press, 1996.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 1.ed. Santa Maria, Ed. Da UFSM, 1999.

GOLDEMBERG, J. O papel das energias renováveis na expansão do acesso à eletricidade para camadas mais pobres da população brasileira. **X CBE**, p. 01-08, 2004.

HAWKEN, P.; LOVINS A.; LOVINS L. H. **Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial**. São Paulo. Ed. Cultrix, 1999.

HOFFMANN, R. **Método avaliativo da geração regionalizada de energia, em potencias inferiores a 1MW e a partir da gestão dos resíduos de biomassa: O caso da casca de arroz**. Promec/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

IEA. OECD. **Energy to 2050, scenarios for sustainable future**. Paris, França.2003.

INMET. LabSolar. Atlas de Irradiação Solar do Brasil, Brasília, Brasil. 1998.

JANNUZZI, G. de M. **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado**: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil. 1.ed. São Paulo, Ed. Autores Associados, 2000.

JANNUZZI, G. de M.; SWISHER, J. P. **Planejamento integrado de recursos energéticos**: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. 1.ed. São Paulo, Ed. Autores Associados, 1997.

JOHANSSON, T. B; KELLY H; REDDY, A; WILLIAMS, R. **Renewable energy**: sources for fuels and electricity. Washington, D.C., 1993.

LABSOLAR. Panorama atual da utilização da energia solar fotovoltaica. Florianópolis, Brasil, 2001.

MARTIN, J. M. **Palestra inaugural X CBE**. 2004.

MME. Eletrobrás. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília, Brasil. 2001.

OLIVEIRA, L. C. de. **Perspectivas para a eletrificação rural no novo cenário econômico-institucional do setor elétrico brasileiro**. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

PALZ, Wolfgang. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo. Ed. Hemus, 1995.

PETERSON, J. A. WORLD WATCH INSTITUTE. **Micropower**: the next electrical era. Washington D.C., EUA. 2001.

POOLE, A. D.; TOLMASQUIM, M.T. **Os caminhos da eficiência energética no Brasil**. Seminário, INEE, Rio de Janeiro, 1994.

Photon International: the photovoltaic magazine. Chicago. 2000.

PhotoVoltaic News: Warrenton, VA. 2003.

Recent developments in photovoltaics. **Solar Energy**. Austrália. 2004.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. São Paulo, Ed. Estúdio Nobel Ltda, 1993.

SANTOS, M. A. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas**. Tese de D.Sc. COPPE /UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

VERDE, V. de S. V. **A conservação de energia elétrica no novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro**. 99f, Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

LEIS, DECRETOS, MEDIDAS PROVISÓRIAS E RESOLUÇÕES

ANEEL. Resolução n. 112, de 18 de maio de 1999. Estabelece os requisitos necessários à obtenção de Registro ou Autorização para a implantação, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras termelétricas, eólicas e de outras fontes alternativas de energia.

ANEEL. Resolução n. 245, de agosto de 1999. Estabelece as condições e prazos para a extensão dos benefícios da sistemática de rateio da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) a empreendimentos de geração de energia elétrica que substituam a geração termelétrica a derivados de petróleo em sistema elétrico isolado.

ANEEL. Resolução n. 24, de 27 de janeiro de 2000. Estabelece as disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras.

ANEEL. Resolução n. 223, de 29 de abril de 2003. Estabelece as condições gerais para elaboração dos Planos de Universalização de Energia Elétrica visando ao atendimento de novas unidades consumidoras ou aumento de carga.

ANEEL. Resolução n. 245, de 11 de agosto de 1999. Estabelece a utilização de recursos da conta consumo de combustíveis – CCC – por empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis nos sistemas isolados.

ANEEL. Resolução n. 22, de 22 de fevereiro de 2001. Atualiza os valores normativos, cria e define a classificação biomassa e resíduos e da outras providências.

ANEEL. Resolução n. 456, de 29 de novembro de 2000. Estabelece de forma atualizada e consolidada as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.

Brasil. Decreto n. 2.003, de 10 de setembro de 1996. Define e regulamenta a produção independente e a autoprodução de energia elétrica, modalidades importantes na geração de energia elétrica com fontes alternativas e renováveis.

Brasil. Decreto n. 5.163, de 2004. Define que concessionárias, permissionárias e autorizadas poderão contratar geração distribuída, observados os limites de contratação.

Brasil. Decreto de 27 de dezembro de 1994. Institui o PRODEEM.

Brasil. Decreto n. 5.025, de 30 de março de 2004. Regulamenta o inciso I e os §§ 1º, 2º, 3º, 4º e 5º do art. 3º da Lei n.º 10.438, de 26 de abril de 2002, no que dispõem sobre o PROINFA, primeira etapa, e dá outras providências.

Brasil. MP n. 14, de 21 de dezembro de 2001. Institui o PROINFA que tem a finalidade de agregar ao sistema elétrico brasileiro 3.300MW de potência instalada a partir de fontes alternativas e renováveis.

Brasil. Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, n.º 9.648, de 27 de maio de 1998, n.º 3.890-A, de 25 de abril de 1961, n.º 5.655, de 20 de maio de 1971, n.º 5.899, de 5 de julho de 1973, n.º 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências.

Brasil. Lei n. 10.762, de 11 de novembro de 2003. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis n.º 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.

Brasil. Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), disciplina o regime das concessões de serviços públicos

de energia elétrica e dá outras providências, entre elas a redução não-inferior a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, a livre comercialização de energia com consumidores de carga igual ou superior a 500 kW e a isenção do pagamento de compensação financeira pela utilização de recursos hídricos, para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas).

Brasil. Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional e, entre outros aspectos, determina as diretrizes para o uso racional das fontes de energia, incluindo as fontes e as tecnologias alternativas, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis (inciso VIII do art. 1o).

Brasil. Lei n o 9.648, de 27 maio de 1998. Altera várias leis do setor elétrico e, entre outros aspectos, estabelece incentivos às fontes alternativas renováveis de energia que substituam geração termelétrica a derivado de petróleo em sistema elétrico isolado. Permite que essas fontes usufruam os benefícios da sistemática de rateio da Conta Consumo de Combustíveis – CCC – para geração de energia elétrica em sistemas isolados, conforme estabelecido na Lei n o 8.631, de 4 de março de 1993 (§ 4º do art.11). A regulamentação desse dispositivo é feita pela Resolução ANEEL n. 245, de 11 de agosto de 1999.

Brasil. Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000. Obriga as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor elétrico a investirem parcela mínima em eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

FUNDO SETORIAL DE ENERGIA. CTENERG. Define as diretrizes básicas para o plano nacional de ciência e tecnologia do setor elétrico. 2001.

FUNDO SETORIAL DE ENERGIA. CTENERG. Define as diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia Elétrica. 2001.

WORLD WIDE WEB

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>legislação>legislação completa>. Acesso em: 10 ago, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>legislação>resoluções normativas>. Acesso em: 10 ago, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>mais energia eletrica>Cogeracao>. Acesso em: 17 jul, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>mais energia eletrica>CCC>. Acesso em: 02 jul, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>mais energia eletrica>Fontes Renováveis>. Acesso em: 21 set, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>mais energia eletrica>importação de energia>. Acesso em: 10 jan, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>mais energia eletrica>PCH>. Acesso em: 17 jul, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>mais energia eletrica>Potenciais Hidraulicos>. Acesso em: 17 jul, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br>Banco de informações de geração \(BIG\)](http://www.aneel.gov.br>Banco de informações de geração (BIG)). Acesso em: 23 dez, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>qualidade em energia elétrica>indicadores de qualidade>. Acesso em: 15 fev, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>universalização>Metas de Universalização>. Acesso em: 12 set, 2005.

AMERICAN WIND ENERGY ASSOCIATION. AWEA. Disponível em: <http://www.awea.org/faq>. Acesso em: 11 jan, 2005.

BRITISH PETROLEUM AMOCO. BPAMOCO. Disponível em: <http://www.bpamoco.com>world energy>. Acesso em 04 nov, 2004.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. CRESESB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>potencial energético>eólico>. Acesso em: 11 jan, 2005.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. CRESESB. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br>potencial energético>solar](http://www.cresesb.cepel.br>potencial_energético>solar). Acesso em: 11 jan, 2005.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. CRESESB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>FAQ>. Acesso em: 11 jan, 2005.

COPPE. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: [http://www.coppe.ufrj.br>banco de teses](http://www.coppe.ufrj.br>banco_de_teses). Acesso em: 20 out, 2004.

ELETRONUCLEAR. Disponível em: [http://www.eletronuclear.gov.br>energia nuclear>energia nuclear no Brasil](http://www.eletronuclear.gov.br>energia_nuclear>energia_nuclear_no_Brasil). Acesso em: 18 set, 2005.

EÓLICA. Disponível em [http://www.eolica.com.br>energia eólica](http://www.eolica.com.br>energia_eólica). Acesso em 05 jan, 2005.

GASNET. Disponível em [http://www.gasnet.com.br>O que é gás natural](http://www.gasnet.com.br>O_que_é_gás_natural). Acesso em 03 ago, 2004.

GASNET. Disponível em [http://www.gasnet.com.br>O combustível](http://www.gasnet.com.br>O_combustível). Acesso em 03 ago, 2004.

GASNET. Disponível em [http://www.gasnet.com.br>O produto](http://www.gasnet.com.br>O_produto). Acesso em 03 ago, 2004.

GASNET. Disponível em <http://www.gasnet.com.br>Vantagens>. Acesso em 03 ago, 2004.

GASNET. Disponível em [http://www.gasnet.com.br>Informações gerais](http://www.gasnet.com.br>Informações_gerais). Acesso em 03 ago, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br>Atlas do IDH 2000](http://www.ibge.gov.br>Atlas_do_IDH_2000). Acesso em: 11 jan, 2005.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Disponível em: <http://www.iea.org>statistics>brazil>indicators>. Acesso em: 11 jan, 2005.

MERCADO ATACADISTA DE ENERGIA. MAE. Disponível em: [http://www.mae.gov.br>Relatórios ao Público](http://www.mae.gov.br>Relatórios_ao_Público). Acesso em: 10 out, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br>>Programa Luz para Todos. Acesso em: 17 fev, 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br>>PROINFA. Acesso em: 17 fev, 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br>>BEN 2003. Acesso em: 14 jan, 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br>>Notícias 2003. Acesso em: 02 fev, 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br>>PRODEEM. Acesso em: 17 fev, 2005.

WINDPOWER. Disponível em <http://www.windpower-monthly.com>>Wind insight.
Acesso em 05 jan, 2005.