

José Flávio Mayrink Pereira

## **CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA MATRIZ ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do título de Mestre profissional em Engenharia Ambiental com ênfase em Gestão Ambiental, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Machado Ferroli

Florianópolis  
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pereira, José Flávio Mayrink

Considerações a respeito da Matriz Energética de Minas Gerais / José Flávio Mayrink Pereira ; orientador, Paulo Cesar Machado Ferroli - Florianópolis, SC, 2013.  
135 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, . Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Matriz Energética; Sustentabilidade; Marco regulatório Ambiental; Setor Industrial. 3. Setor Industrial; Energias Renováveis. I. Ferroli, Paulo Cesar Machado . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

José Flávio Mayrink Pereira

**CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA MATRIZ ENERGÉTICA  
DE MINAS GERAIS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre profissional em Engenharia Ambiental” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional.

Local, 3 de junho de 2013.

---

Prof. Dr. Maurício Luiz Sens  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Paulo Cesar Machado Ferroli,  
Orientador  
UFSC

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lisiane Ilha Librelotto,  
UFSC

---

Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino  
UFSC

---

Prof. Dr. Ana Verônica Pazmino,  
UFSC

Este trabalho é dedicado a minha  
mãe Luiza Mayrink Pereira, ao  
meu pai, aos meus filhos Patrícia,  
Rodrigo, Luiza e aos meus netos  
Lorena, Diego e Vivian.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha filha Patrícia Franklin Mayrink Nogueira, Dra. em biologia e limnologia, que com carinho e comprometimento, orientou-me e direcionou-me na construção deste trabalho.

Agradeço à amiga e companheira de trabalho Cibele de Araújo Magalhães que a todo o momento me incentivou e muito me ensinou.

Agradeço a minha filha Luiza Franklin Mayrink, cursando biologia, que de maneira carinhosa, ajudou-me na primeira formatação deste trabalho.

Agradeço aos meus familiares e amigos, pelo carinho e incentivo.

Agradeço a todos das equipes de trabalho que estiveram comigo durante a minha caminhada, principalmente, na Cemig.

Agradeço à Federação das Indústrias de Minas Gerais pelo apoio e acesso as informações necessárias. Em especial ao Presidente da FIEMG – Dr. Olavo Machado Júnior, pela idealização e apoio ao Programa Minas Sustentável.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Cesar Machado Ferroli, pela disponibilidade, compreensão, orientações e conselhos que foram essenciais para a construção deste trabalho.

Agradeço a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Os grandes males que afligem nosso Planeta são a ignorância e a opressão, e não a ciência, a tecnologia e a indústria, cujos instrumentos, quando administrados adequadamente, são ferramentas indispensáveis para um futuro moldado pela humanidade por si e para si, superando grandes problemas como a superpopulação, a fome e as epidemias globais.

Petição de Heidelberg redigida na época da ECO-92, assinada por 4.000 signatários.(Incluindo 72 ganhadores do Prêmio Nobel)

## RESUMO

A população do Planeta atinge o quantitativo de sete bilhões de habitantes e equacionar energia para todo esse contingente de pessoas é um grande desafio. Desafio maior ainda, quando sabemos que existem muitas desigualdades sociais entre países e entre regiões de um mesmo país. Fazer recuar as demandas de consumo de energia de países desenvolvidos parece ser um exercício complicado e quase sempre sem bons resultados. Por outro lado, a busca da equidade social de países subdesenvolvidos e em desenvolvimento exercerá, necessariamente, uma grande pressão na demanda de energia. Estamos no limiar de grandes mudanças tecnológicas, pesquisas buscam novas tecnologias para obtenção de energias mais limpas, renováveis e com mais eficiência. Tecnologias que podem revolucionar o mundo e buscar novos caminhos para a humanidade. Assistimos atualmente, com muita expectativa, todas as possibilidades relacionadas ao Grafeno. As prospecções de matrizes energéticas devem levar em conta a inserção dessas novas tecnologias, bem como as oportunidades energéticas e particularidades regionais. Recentemente, em 2010, a FIEMG lançou o Programa Minas Sustentável que visa não só aumentar a adequação legal ambiental das indústrias de Minas, mas, principalmente, buscar a eficiência em seus processos de transformação minimizando assim a pressão sobre o capital natural e otimizando os ganhos econômicos e suas competitividades – transformando boas práticas ambientais em negócio. O sucesso deste programa pode impactar positivamente a matriz energética do Estado Minas Gerais, tornando-a mais atrativa do ponto de vista da sustentabilidade econômica e ambiental. Evidentemente, o arcabouço institucional ambiental tem uma relação estreita com a inserção dos diferentes recursos energéticos na matriz. Não só na graduação de suas inserções na matriz, mas também, em relação à dinâmica temporal de seus licenciamentos ambientais. Faz-se então necessário, algumas considerações conceituais a respeito desse arcabouço. A abordagem metodológica empregada neste trabalho está centrada em um amplo levantamento e pesquisas bibliográficas do assunto e, tem como objeto, fazer considerações sobre a Matriz Energética do Estado de Minas Gerais, levando em conta suas interações com a eficiência energética, as indústrias e com o marco regulatório ambiental brasileiro e mineiro.

Palavras-chave: Matriz Energética; Sustentabilidade; Marco regulatório Ambiental; Setor Industrial; Energias Renováveis.

## ABSTRACT

The population of the planet reaches the amount of seven billion inhabitants and energy to equate this whole contingent of people is a big challenge. Biggest challenge yet, when we know that there are many inequalities between countries and between regions within the same country. Curbing the demand for energy in developed countries appears to be a complicated exercise and almost always without good results. On the other hand, the pursuit of social equity in underdeveloped and developing exercise necessarily great pressure on energy demand. We are on the threshold of major technological changes, research new technologies seek to obtain cleaner energy, renewable and more efficient. Technologies that could revolutionize the world and seek new paths for mankind. Witnessing today, with much anticipation, all the possibilities related to graphene. The prospects of energy matrices must take into account the inclusion of these new technologies as well as energy opportunities and regional particularities. Recently, in 2010, launched by FIEMG the “Minas Sustainable Program” aimed not only to increase the legal adequacy of the environmental Minas industries, but mainly seek efficiencies in their manufacturing processes thereby minimizing the pressure on natural capital and optimizing gains their economic and competitiveness - turning good environmental practices in business. The success of this program can positively impact the energy matrix of the Minas Gerais State, making it more attractive from the point of view of economic and environmental sustainability. Of course, the environmental institutional framework has a close relationship with the insertion of different energy resources in the matrix. Not only in degree from their insertions in the matrix, but also in relation to the temporal dynamics of their environmental licenses. It is then necessary, some conceptual considerations concerning this framework. The methodological approach employed in this study is based on an extensive survey and research literature of the subject and the object is to make considerations about the Energy Matrix of Minas Gerais, taking into account their interactions with energy efficiency, the industries and the Brazilian and Minas Gerais regulatory environment.

**Keywords:** Matrix Energy, Sustainability, Environmental Regulatory Framework; Industrial Sector, Renewable Energy.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Sistema de Transmissão do Brasil.....	29
<b>Figura 2</b> - Distribuição das Reservas de Gás de Xisto no Mundo.....	52
<b>Figura 3</b> - Esquema Geológico de Fontes de Gás Natural .....	53
<b>Figura 4</b> - Esquema de Extração do Gás de Xisto.....	54
<b>Figura 5</b> - Diagrama Simbólico dos Processos de Interação da Radiação Solar com a Atmosfera Terrestre .....	57
<b>Figura 6</b> - Parque Eólico de Vinderby – Dinamarca .....	59
<b>Figura 7</b> - Parque Eólico de Horns Ver – Dinamarca .....	60
<b>Figura 8</b> - Potencial Eólico do Brasil por Região .....	61
<b>Figura 9</b> - Potencial de Geração Eólica de Minas Gerais.....	62
<b>Figura 10</b> - Composição Gravimétrica dos Resíduos Orgânicos Urbanos no Brasil.....	71
<b>Figura 11</b> - Tocha Plasma .....	76
<b>Figura 12</b> - Fluxograma esquemático de uma instalação com o processo Plasma Gaseificação.....	77
<b>Figura 13</b> - Faixas de frequência de Radiações Eletromagnéticas (Hertz).....	78
<b>Figura 14</b> - Fluxograma do Processo e respectivos pontos de entrada de Resíduos. ....	79
<b>Figura 15</b> - Representação dos Fenômenos Astronômicos que dão origem as Marés de Sизígia e de Quadratura. ....	86
<b>Figura 16</b> - Pelamis em Parque de Ondas .....	88
<b>Figura 17</b> - Ilustração de uma Turbina utilizada para conversão da Energia Cinética das Correntes de Maré em eletricidade.....	89
<b>Figura 18</b> - Atos Normativos .....	100
<b>Figura 19</b> - Produção de Energia Primária no Brasil em 2011.....	102
<b>Figura 20</b> - Oferta Interna de Eletricidade no Brasil – 2011 .....	104
<b>Figura 21</b> - Demanda Global de Energia em Minas Gerais – 2010 .....	106
<b>Figura 22</b> - Demanda de Energia por Fontes e Setores em Minas Gerais – 2010 .....	107

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Recursos Hídricos no Mundo .....	30
<b>Tabela 2</b> - Capacidade Instalada em Hidrelétricas .....	30
<b>Tabela 3</b> - Potencial Hidrelétrico Brasileiro .....	31
<b>Tabela 4</b> - Capacidade Instalada atual, por Fontes de Geração (jun/2012) .....	31
<b>Tabela 5</b> - Capacidade Instalada, por Fonte de Geração (dez/2001).....	32
<b>Tabela 6</b> - Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração (MW) ....	33
<b>Tabela 7</b> - Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração 2011-2020 (MW).....	34
<b>Tabela 8</b> - Preços da Energia Gerada no Brasil, conforme suas fontes .....	37
<b>Tabela 9</b> - Produtividade da Solar Waldpolenz e da UHE de Belo Monte .....	39
<b>Tabela 10</b> - Produção e Consumo de Carvão Vegetal no Brasil. ....	42
<b>Tabela 11</b> - Reserva Mundial de Energéticos não Renováveis .....	48
<b>Tabela 12</b> - Participação de Energéticos no Consumo Global de Energia e Eletricidade.....	49
<b>Tabela 13</b> - Distribuição do Consumo Global de Carvão .....	49
<b>Tabela 14</b> - Distribuição das Sedes Municipais no Estado de Minas Gerais, segundo tamanho da População Urbana. ....	70
<b>Tabela 15</b> - Geração Média per capita de Resíduos Sólidos no Brasil.....	72
<b>Tabela 16</b> - Premissas de Taxas de Crescimento Real do PIB e do Valor Agregado Setorial da Economia Brasileira (% a.a.) .....	112
<b>Tabela 17</b> - Preços Diretores de Petróleo: Cabiúnas (US\$/barril).....	115
<b>Tabela 18</b> - Preços dos Derivados de Petróleo, Álcool e Gás Natural .....	116
<b>Tabela 19</b> - Preços dos Derivados de Petróleo, Álcool e Gás Natural .....	117

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ACESITA	Aços Especiais Itabira
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agencia nacional de Petróleo
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BEM	Balanco Energético Nacional
BIC	Coalizão das Indústrias Brasileiras
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCON	Comitê Coordenador de Operação do Norte/Nordeste
CECA	Comissão Estadual de Controle Ambiental (Rio de Janeiro)
CECPA	Comissão Estadual de Controle de Poluição Ambiental (Pernambuco)
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CEPRAM	Conselho Estadual de Proteção Ambiental (Bahia)
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (São Paulo)
CFURH	Compensação Financeira pela Utilização de Recursos
CGISE	Comitê de Gestão Integrada de Empreendimentos de Geração do Setor Elétrico
CICPAA	Comissão Intermunicipal de Controle de Poluição do Ar e das Águas
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor elétrico
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa
CNTs	Carbono Nano Tecnologia
COBEN	Comitê Coordenador do Balanço Energético Nacional
COMASE	Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Comissão de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais
COPPE/UFRJ	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CNTs	Nanotecnologias de Carbono
DNAE	Departamento Nacional de Água e Energia
DOE	Departamento de Energia dos EUA

ECELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.
ELETRONUCLEAR	Eletróbrás Eletronuclear S.A
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESALQ/USP	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
ESCO	<i>Energy Saving Company</i>
ETAC	<i>Edification Technology Application Center</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Rio de Janeiro)
FIEMG	Federação das Indústrias de Minas Gerais
GASBEL	Gasoduto Rio de Janeiro-Belo Horizonte
GASMIG	Companhia de Gás de Minas Gerais
GASPETRO	Petrobrás Gás S.A.
GCOI	Coordenador da Operação Interligada
GCPS	Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos
IAEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ICLEI	<i>Local Governments for Sustainability</i>
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INFRALOG	Programa de Otimização de Infraestrutura Logística
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MAED	<i>Model for Analysis of Energy Demand</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC/Secex	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MESSAGE	<i>Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact</i>
MME	Ministério de Minas Energia
OLADE	Organização Latino Americana de Energia
ONS	Operador nacional do Sistema
PDEE	Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica
Petrobras	Petróleo Brasileiro S.A.
PND	Programa Nacional de Desestatização
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PRC-Poço	Programa de Redução de Custos de Poços
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODESIN	Programa de Desinvestimento

PROEF	Programa de Aumento da Eficiência Operacional da Bacia de Campos
REGAP	Refinaria Gabriel Passos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SEMA	Secretaria Especial de Meio Ambiente
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SETEC	Secretaria Geral do Ministério de Minas e Energia
SIAM	Sistema Integrado de Informação Ambiental
SINTREL	Sistema Nacional de Transmissão
WEC	Conselho Mundial de Energia



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	23
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	23
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>25</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
4.1 FONTES ENERGÉTICAS.....	27
<b>4.1.1 Energia elétrica e hidroeletricidade</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1.2 Lenha e carvão vegetal</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1.3 Petróleo</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1.4 Carvão mineral</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1.5 Gás natural</b> .....	<b>50</b>
<b>4.1.6 Gás de xisto</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1.7 Solar</b> .....	<b>55</b>
<b>4.1.8 Eólica</b> .....	<b>57</b>
<b>4.1.9 Nuclear</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1.10 Energia geotérmica</b> .....	<b>66</b>
<b>4.1.11 Etanol</b> .....	<b>67</b>
<b>4.1.12 Resíduos orgânicos</b> .....	<b>70</b>
4.1.12.1 <i>Incineração</i> .....	72
4.1.12.2 <i>Pirólise</i> .....	72
4.1.12.3 <i>Gaseificação</i> .....	73
4.1.12.4 <i>Metanização</i> .....	74
4.1.12.5 <i>Plasma</i> .....	76
4.1.12.6 <i>Microondas</i> .....	77
4.1.12.7 <i>Coprocessamento</i> .....	78
4.1.12.8 <i>Biogás de Aterro Sanitário</i> .....	80
<b>4.1.13 Biodiesel</b> .....	<b>80</b>
<b>4.1.14 Energia maremotriz</b> .....	<b>83</b>
4.1.14.1 <i>Ondas</i> .....	87
4.1.14.2 <i>Correntes Marítimas</i> .....	88
4.2 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS.....	89
4.3 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A INFLUÊNCIA DAS INDÚSTRIAS NA MATRIZ ENERGÉTICA.....	90
4.4 O ARCABOUÇO INSTITUCIONAL DE MEIO AMBIENTE NO BRASIL.....	95
4.5 OS BALANÇOS ENERGÉTICOS DO BRASIL E MINAS GERAIS .....	101
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>119</b>

**REFERÊNCIAS..... 123**



## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o primeiro Balanço Energético foi instituído em 1976. A partir daí, nos anos que se seguiram, houve um grande esforço de aprimoramento metodológico e o engajamento paulatino dos estados brasileiros na sua elaboração.

Em 1978, foi criado o Comitê Coordenador do Balanço Energético Nacional- COBEN, vinculado a Secretaria Geral do Ministério das Minas e Energia e, no mesmo ano, conseguiu elaborar e publicar o primeiro balanço. Na mesma época, a Organização Latino Americana de Energia- OLADE liderou a unificação da metodologia dos Balanços Energéticos para todos os seus países membros.

Em 1982, foi incentivada a criação de equipes estaduais e regionais para a elaboração de balanços energéticos estaduais, sob a supervisão da Secretaria Geral do Ministério de Minas e Energia- SETEC. A resposta desses estados foi bastante difusa. O Rio Grande do Sul, por exemplo, apresentou o balanço energético com base em energia útil para 1982. Enquanto que, Minas Gerais apresentou um balanço parcial embora regionalizado (1987). Outros estados se limitaram a fechar o quadro mínimo contábil dos fluxos energéticos anuais entre a produção de energia primária, centros de transformações e consumo final de energia secundária. Em 1987, já havia uma metodologia consolidada e a adesão de um grande número de estados (BAJEY, 1992).

Em 1985, foi criado o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL para, em 2003, ser aperfeiçoado com a criação do subprograma PROCEL Indústria, tendo como objetivo principal combater o desperdício de energia elétrica nos sistemas motrizes das indústrias, já que o setor industrial é responsável por 46% do consumo de energia elétrica no Brasil e o consumo de eletricidade nos sistemas motrizes representa 62% do total de energia elétrica consumido na indústria. (FERREIRA, 2009).

Segundo acervo do PROCEL Indústria e de outras entidades, a maioria dos diagnósticos energéticos realizados nas indústrias brasileiras, apresentam como recomendação principal substituição de motores elétricos, acompanhada, algumas vezes, por adequação no sistema de iluminação, correção do fator de potência e análise tarifária, sendo que, esses dois últimos itens, normalmente, são mais aplicados à redução do custo com energia elétrica do que à redução do consumo de energia elétrica, propriamente dita. A execução das melhorias recomendadas nos diagnósticos energéticos apresentam, de uma maneira geral, altos tempos de retorno de investimento, o que tem desestimulado

a implementação das ações recomendadas, por parte do meio empresarial.

Como qualquer outro conversor de energia, o motor consome uma parcela de energia relativa às suas perdas internas (efeito Joule, histerese, correntes parasitas, perdas mecânicas, etc.), mas esse valor corresponde a uma quantidade bem reduzida em relação à energia que é convertida da forma elétrica para mecânica, uma vez que os motores elétricos são máquinas de alta eficiência. Assim o maior potencial de economia de energia está a partir da ponta do eixo dos motores elétricos.

O PROCEL Indústria vem desenvolvendo, nos últimos anos, com esforço muito grande junto às federações estaduais de indústria e universidades difundindo os conceitos eletromecânicos necessários sobre sistemas motrizes. Considerando-se que o motor elétrico é um conversor e não o grande consumidor de energia, o PROCEL Indústria foca suas atividades, atualmente, em sistemas motrizes, através dos quais o sistema completo para acionamento fluido-mecânico é levado em consideração: acionamento eletroeletrônico, motor elétrico, acoplamento motor-carga, cargas fluido-mecânicas acionadas (bombas, compressores, ventiladores, exaustores e correias transportadoras) e instalações mecânicas (transporte e consumo dos fluidos) (FERREIRA, 2009).

Ainda no que diz respeito à eficiência energética nas indústrias, em 2010, foi lançado pela FIEMG, o Programa Minas Sustentável. O programa visa estimular a adoção de processos produtivos mais sustentáveis na indústria e em sua cadeia produtiva. Busca soluções que proporcionem economia e, ao mesmo tempo, receita para as empresas. Através de uma nova filosofia de gestão, que alia processos produtivos baseados na otimização de resultados econômicos, ambientais e sociais.

O programa disponibiliza para as indústrias participantes um completo diagnóstico que avalia os impactos e as oportunidades de melhoria em cinco pilares principais: conservação de energia; reuso de água; redução e reciclagem de resíduos; responsabilidade social e emissões atmosféricas. O Programa tem por objetivo oferecer às indústrias do Estado de Minas Gerais, em especial às micro, pequenas e médias empresas, ferramentas que as capacitam para alcançar: conformidade legal, conformidade normativa, eficiência nos processos produtivos e nos aspectos ambientais e responsabilidade social.

O programa está estruturado na promoção do desenvolvimento Sustentável, por meio de gestão responsável e integrada, considerando os aspectos econômico, social ambiental e cultural. Objetiva construir um ambiente mais competitivo, moderno e alinhado com o

desenvolvimento sustentável. O programa busca liderar o processo de desenvolvimento sustentável da Indústria em Minas Gerais, fortalecendo sua competitividade e buscando a melhoria contínua das condições socioeconômicas do estado e do país.

Outro fator importante é o marco regulatório ambiental vigente, visto que existe hoje uma quantidade enorme de diplomas legais nas esferas federal, estadual e municipal. Não só restritos as leis e portarias, mas principalmente, a deliberações de órgãos colegiados – CONAMA a nível federal e COPAM em Minas Gerais.

É importante ressaltar o que está acontecendo, atualmente, com as pesquisas e inovações tecnológicas no mundo, principalmente, nas nanotecnologias de carbono – CNTs.

Entre 1991 e 2009, o cumulativo dos estudos em CNTs alcançou um total de mais de 50000 artigos e atas de conferências (proceedings). Um enorme volume de literatura foi produzido em um reduzido intervalo de tempo. É inédito para materiais de carbono e, extremamente raro, para qualquer outra substância (SILVA, 2010).

Em 2004, um grupo do Centro de Nanotecnologia da Universidade de Manchester, liderado pelo Prof. A. K. Geim conseguiu isolar pequenos fragmentos de monocamadas de grafeno, a partir do grafite. O grafeno é constituído de uma camada única de átomos de carbono dispostos em uma estrutura semelhante a um favo de mel, sendo um material da espessura de um átomo, composto de átomos de carbono arranjado em uma rede hexagonal. Muito se propaga a respeito do grafeno e de suas propriedades. Muito mais resistente e muito mais leve que o aço, condutividade bem maior do que o cobre e o silício e, principalmente, com a característica de multiplicação de carga. Quando um fóton incide sobre o grafeno, libera vários elétrons. Isto pode implicar, em futuro próximo, ter placas fotovoltaicas a grafeno com altos rendimentos se comparados com as atuais.

Os Balanços Energéticos, em geral, mostram as inter-relações entre a oferta, transformação e uso final de energia, sendo assim, um instrumento importante para o planejamento energético e para tomada de decisões, uma vez que disponibiliza conhecimento preciso das estruturas de produção e consumo.

Enquanto que as Matrizes Energéticas, suportadas pelas análises da conjuntura econômica, da estrutura de demanda, das possibilidades tecnológicas e econômicas dos diversos energéticos, montam cenários de prospecções energéticas.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar as possibilidades de sustentabilidade da Matriz Energética no Estado de Minas Gerais com relação aos energéticos disponíveis, marco regulatório ambiental, novas tecnologias e comportamento das indústrias em ecoeficiência.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Considerar as interações da Matriz energética de MG com as indústrias e com o marco regulatório ambiental brasileiro.

Fazer considerações a respeito da matriz energética no Estado de Minas Gerais.

Conhecer todos os energéticos já disponíveis tecnologicamente maduros e aqueles em estudo avançado com perspectivas de utilização em médio prazo e os possíveis energéticos candidatos a sua inserção na matriz, mantendo coerência com as particularidades do Estado de MG.



### 3 JUSTIFICATIVA

O Planeta Terra, a casa que habita os sete bilhões de seres humanos, é extremamente dependente do Sol, principalmente, energeticamente. Todas as energias até então desenvolvidas e aproveitadas pelo homem são provenientes da radiação solar. Algumas de forma muito direta como dos coletores solares tanto para produzir calor quanto para conversão direta em eletricidade. Outras de forma indireta como as eólicas, as hidráulicas e as provenientes de biomassa. Mesmo as energias fósseis tiveram suas origens através do sol. Somente a energia proveniente de combustíveis fósseis é que parece não ter uma relação mais estreita com o sol.

A primeira grande utilização de energia pelo homem, no seu processo evolutivo, foi quando conseguiu produzir o fogo. Daí em diante, veio descobrindo como extrair energia da natureza. Ainda, em priscas épocas, teve a percepção de que poderia extrair energia dos ventos. As navegações do período do expansionismo ou da era dos descobrimentos são exemplos marcantes. Quando Cristóvão Colombo chegou as Américas em 1492, suas naus Santa Maria, Pinta e Nina atravessaram o Atlântico usando a força dos ventos (energia eólica), da mesma forma assim o fez Américo Vespúcio e Pedro Álvares Cabral. Outra antiga utilização desta energia são os moinhos utilizados para recalcar água e para moer trigo.

Uma das energias há muito tempo utilizada pelo homem, é a hidráulica. Monjolos, moinhos de trigo e rodas d'água foram largamente utilizadas na Europa, Ásia e Américas. No Brasil, foi a energia dos primeiros anos de colonização e é, até hoje, muito utilizada no meio rural. Em Minas Gerais, vem sendo largamente utilizada desde o ciclo do ouro.

Como o homem, desde o iluminismo, vem se apropriando das mais diferentes formas de energia para atender a uma sociedade econômica e sócio-cultural, cada vez mais exigente em qualidade de vida, ocorreu a necessidade de se fazer planejamentos energéticos e aumentar a eficiência energética vislumbrando a adequação econômica e ambiental rumo a um desenvolvimento sustentável.

Com a revolução industrial a máquina a vapor foi utilizada, a exemplo de outros países do mundo, no Brasil e em Minas principalmente na indústria têxtil e na navegação. As embarcações do Rio São Francisco, por exemplo, fazendo a integração do Nordeste com o Sudeste brasileiro, utilizavam caldeiras a vapor para suas propulsões.

Com certeza, a adequação de energia sustentável para os sete bilhões de habitantes do planeta é, sem dúvida, um dos nossos maiores desafios civilizatórios. Esta é a importância dos estudos de cenários de sustentabilidade das matrizes energéticas.

Importante também é saber como o comportamento das indústrias pode influenciar a matriz, as indústrias sustentáveis que trabalham com eficiência e procuram fazer mais com menos, evidentemente, impactam menos o capital natural.

Faz-se necessário também considerar os avanços tecnológicos, que segundo narrativa de Freire et. al. (2011), a nanotecnologia vem revolucionando o mundo científico e tecnológico nos últimos 20 anos, cujo objeto de estudo envolve a criação e construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos.

Atualmente, diversas técnicas e ferramentas estão em desenvolvimento com o objetivo de promover e amplificar a capacidade de manipular átomos e moléculas nas quantidades e combinações desejadas (SILVA, 2011).

Neste contexto, as nanoestruturas de carbono vêm revelando diversas aplicações e tem desempenhado um papel significativo na ciência de nanomateriais, devido à diversidade de suas formas estruturais e propriedades peculiares (KHOLMANOV, et al., 2010).

Pesquisas recentes apontam para mais uma propriedade do grafeno, da multiplicação de carga. Um fóton no silício libera um único elétron, enquanto que no grafeno, um fóton é capaz de liberar vários elétrons. Desta forma, pode-se dizer que existe a probabilidade, de num futuro não muito distante, da disponibilização de células fotoelétricas a grafeno com rendimentos superiores aos atuais.

Embora se tenha usado várias informações a respeito de energéticos e de Matriz Energética tocante ao Brasil, esta dissertação tem como foco o Estado de Minas Gerais. É sobre ele e sua composição energética que são tecidas considerações, apesar de, em algumas circunstâncias, extrapolar seus limites. É que em algumas situações fica impossível separar as partes do todo. É necessário reflexões sobre algumas variáveis e conceitos considerados como premissas na prospecção de matrizes energéticas, tendo a Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030 como fulcro: Conceitos relacionados aos Marcos Regulatórios Ambientais; Velocidades da inserção de inovações tecnológicas na matriz; Parcelas de eficiência energética; Horizontes de prospecção e ciclos de atualizações.



## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 FONTES ENERGÉTICAS**

O rápido crescimento econômico experimentado a partir do fim do milênio passado tem implicado em um aumento cada vez maior na demanda de energias em países, principalmente naqueles em desenvolvimento. O aumento de urbanização e industrialização, a demanda por transporte e serviços – saneamento, saúde, segurança e comércio requisitarão, obrigatoriamente, novos quantitativos de energia.

#### **4.1.1 Energia elétrica e hidroeletricidade**

Segundo a Eletrobrás, o Brasil, liderado por D. Pedro II, foi um dos países que rapidamente procurou incorporar em seu território a recém-descoberta eletricidade e a iluminação através da lâmpada elétrica. Já em 1879, Dom Pedro II concedeu a Thomaz Edson o primazia de introduzir no país aparelhos e processos de sua invenção destinados à utilização da eletricidade na iluminação pública. Foi inaugurada, nas dependências da “Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II”, atual Central do Brasil, a primeira instalação de iluminação elétrica permanente. Em 1881, a Diretoria de Telégrafos instalou, na cidade do Rio de Janeiro, a primeira iluminação externa pública do país no trecho da Praça da República. Logo em seguida, em 1883, entrou em operação a primeira usina hidrelétrica no país, localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do Rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina. Ainda na década de 1880, D. Pedro II inaugurou na cidade de Campos, o primeiro serviço público municipal de iluminação elétrica do Brasil e da América do Sul e, em 1889, entrou em operação a primeira hidrelétrica de maior porte no Brasil, Marmelozero da Companhia Mineira de Eletricidade, pertencente a Bernardo Mascarenhas, em Juiz de Fora - MG.

Desde então várias usinas hidrelétricas foram sendo implantadas no país. Concomitantemente ao crescimento do parque de hidrelétricas, foi-se interligando todo o sistema elétrico brasileiro e se desenvolvendo não só a estrutura do setor, mas também, modelos e critérios de planejamento, operação e gestão de sistemas com predominância de usinas hidrelétricas.

O Brasil desenvolveu um grande sistema interligado de transmissão que soma, hoje, quase 100 mil quilômetros de rede.

Praticamente todas as regiões do País estão interligadas: Norte, Nordeste, Sudeste, Centro Oeste e Sul. Somente algumas poucas exceções, quase todas localizadas na Amazônia, são atendidas por sistemas isolados, abastecidas por geração térmica a óleo. Todo esse sistema tronco se conecta a redes secundárias de transmissão e a rede de distribuição levando energia aos consumidores (ANEEL).

À Rede Básica estão conectadas as unidades geradoras que produzem energia elétrica. O processo de planejamento, de gestão da produção e da transmissão de energia elétrica é feito pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em Brasília.

O Brasil tem 12% de toda disponibilidade de água doce do Planeta (BRANCO, 2006), tal fato representa, sem dúvida nenhuma, uma grande oportunidade para o estado brasileiro, com seus múltiplos desdobramentos, sendo, por exemplo, muito significativo para agropecuária brasileira possibilitando grandes quantitativos de culturas irrigadas e um potencial relativamente grande de energia hidráulica disponível para a sociedade brasileira. Assim, desde os primórdios, o Brasil começou a desenvolver seu parque de hidrelétricas.

O país foi suficientemente competente para desenvolver um parque hidrelétrico que totalizou, em 2011, um montante de 81,43 GW instalados em 929 usinas hidrelétricas (ANEEL). Entre as maiores hidrelétricas pode-se citar Tucuruí, Itaipú, Ilha Solteira, Xingó e Paulo Afonso. Além disso, conseguiu interligar praticamente todas as regiões do território: Norte, Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul. (Figura 1).

**Figura 1-** Sistema de Transmissão do Brasil



**Fonte:** ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

Abbud (2012) afirma que, embora o Brasil seja o primeiro país do mundo em recursos hídricos (TABELA 1) é somente o quarto em utilização desse recurso (TABELA 2).

**Tabela 1 - Recursos Hídricos no Mundo**

<b>Países</b>	<b>Km<sup>3</sup>/ano</b>
Brasil	8,2
Rússia	4,5
Canadá	2,9
Indonésia	2,8
China	2,8
EUA	2,0
Peru	1,9

**Fonte:** Abbud (2004).

**Tabela 2 - Capacidade Instalada em Hidrelétricas**

<b>Países</b>	<b>GW</b>
EUA	79,5
Canadá	66,9
China	65,0
Brasil	57,5
Rússia	44,0
Noruega	27,5
Japão	27,3
França	25,3

**Fonte:** Abbud (2004).

O Brasil tem recursos hidrelétricos que não são usados na proporção de países desenvolvidos como, por exemplo, os Estados Unidos. Utilizamos somente 25% do nosso potencial hidrelétrico, enquanto que os Estados Unidos utilizam cerca de 80%. (TABELAS 1 e 2).

**Tabela 3** - Potencial Hidrelétrico Brasileiro

Estágio	Imv/Vlab/PB		Construção		Operação		Total
	(MW)	%		%		%	
UF							
Minas Gerais	8.159,50	34,5	258,35	1,1	12.074,69	51,0	23.670,91
Brasil	91.114,68	37,2	18.834,30	7,7	86.702,62	35,4	244.973,64

**Fonte:** Eletrobrás

Somente 35,4 % do potencial hidrelétrico está em operação, enquanto que, em Minas Gerais este percentual chega a 51%, portanto, existem ainda 91,1 GW e 8,1 GW para serem explorados no Brasil e em Minas Gerais, respectivamente. (TABELA 3).

Em relação ao Brasil, segundo Abbud (2012), a matriz de geração do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é quase integralmente hidrotérmica, isto é, 98% da capacidade de geração vêm, predominantemente, de usinas hidrelétricas e de uma pequena parcela de térmicas – movidas a óleo, gás, carvão e combustível nuclear. (TABELA 4).

**Tabela 4** - Capacidade Instalada atual, por Fontes de Geração (jun/2012)

Tipo	Potência	% do
Usina Hidrelétrica de Energia (UHE)	78.685,53	66,49
Usina Termoelétrica de Energia (UTE)	31.862,19	26,92
Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	4.013,74	3,39
Usina Termonuclear (UTN)	2.007,00	1,70
Central Eolielétrica (EOL)	1.543,04	1,30
Central Hidrelétrica (CGH)	229,44	0,19
Central Solar Fotovoltaica (SOL)	1,49	0
<b>Total</b>	<b>118.342,45</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** ANEEL

Mas essa predominância já foi bem maior há dez anos.(TABELA 5).

**Tabela 5** - Capacidade Instalada, por Fonte de Geração (dez/2001)

<b>Tipo</b>	<b>Potência</b>	<b>% do total</b>
Usina Hidrelétrica de Energia (UHE)	61.554,00	82,21
Usina Termoelétrica de Energia (UTE)	10.481,14	14,00
Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	855,00	1,14
Usina Termonuclear (UTN)	1.966,00	2,63
Central Eolielétrica (EOL)	21,00	0,03
Central Hidrelétrica (CGH)	0	0
Central Solar Fotovoltaica (SOL)	0	0
<b>Total</b>	<b>74.877,00</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Abbud (2012).

O aumento da participação das fontes térmicas que aconteceu a partir da crise energética de 2001, é fruto, principalmente, da descontinuidade dos investimentos privados decorrente do processo de mudança da legislação do setor elétrico entre 2003 e 2005 e da forte oposição enfrentada pelos projetos de construção de novas usinas hidrelétricas.

A matriz projetada no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) do Governo Federal para 2020 indica mudanças ainda maiores (TABELAS 6 e 7).

**Tabela 6 - Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração (MW)**

<b>Fonte</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Hidro (*)	86.741	88.966	89.856	94.053	98.946	104.415	109.412	111.624	115.123
PCH	4.230	4.376	4.633	4.957	5.187	5.457	5.737	6.047	6.447
Gás Natural	10.184	11.309	11.309	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659
Carvão	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
Óleo combustível	5.172	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790
Óleo Diesel	1.471	1.471	1.471	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
Gás de Processo	686	686	686	686	686	686	686	686	686
Biomassa	6.272	7.053	7.053	7.353	7.653	8.003	8.333	8.703	9.163
Urânio	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
Eólica	3.224	6.172	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
Total (**)	123.192	132.763	135.182	140.853	148.441	155.430	161.887	165.779	171.138

**Fonte:** Empresa de Planejamento Energético (EPE)

(\*) Inclui a estimativa de importação de Itaipu não consumida pelo Paraguai.

(\*\*) não considera a autoprodução (produção para consumo próprio), tratada como abatimento de demanda.

As fontes térmicas deverão perder espaço, a ser ocupado principalmente pelas eólicas, que somarão 6,7% da matriz brasileira (contra 1%, hoje). O aumento da produção nuclear se dará limitada ao projeto de expansão de Angra dos Reis.

**Tabela 7** - Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração 2011-2020 (MW)

<b>Fonte</b>	<b>2011</b>	<b>% do total</b>	<b>2020</b>	<b>% do total</b>
Hidrelétrica	81.459	71,04	121.570	71,03
Térmica	30.116	26,26	34.624	20,23
Nuclear	2.007	1,75	3.412	1,99
Eólica	1.074	0,93	11.532	6,73
<b>Total</b>	<b>114.656</b>	<b>100,00</b>	<b>171.138</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Empresa de Planejamento Energético (EPE)

Obs.: A fonte solar não foi incluída na tabela do PDE 2020.

O modo como essa matriz vem sendo construída, ao longo de décadas, obedece a uma lógica econômica, determinada pela oferta de recursos naturais e pelo custo de produção. Como se sabe, o preço da energia elétrica gerada a partir de fonte hídrica foi e segue sendo menor. Além disso, a geração hidrelétrica é renovável e tem vantagens ambientais que as outras formas de geração renováveis não oferecem, sem contar que são construções com alto índice de nacionalidade.

O Brasil ocupa o terceiro lugar entre os países que dispõem dos maiores potenciais hidrelétricos, com 10% da disponibilidade mundial, atrás da China, com 13% e da Rússia, com 12%. O potencial brasileiro é de 260 mil MW com, aproximadamente, 30% (83.000 MW) já construídos. O potencial possível de aproveitamento é estimado em 126 mil MW, conforme o Plano Nacional de Energia 2030, estando mais de 70% dele localizados nas Bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia (ABBUD, 2012).

É importante lembrar que um dos problemas enfrentados entre a produção e o consumo de energia elétrica é o armazenamento. Em boa parte das energias primárias, a energia produzida precisa ser imediatamente consumida, porque não tem como ser armazenada. Nas hidrelétricas, seus reservatórios são utilizados exatamente para armazenar energia.

Cerca de 70% da capacidade nacional é proveniente de usinas hidrelétricas; em seus reservatórios, a água é guardada e utilizada ao



longo do ano ou em seqüência de anos de pouca pluviometria – período crítico. Os grandes reservatórios das usinas da Região Sudeste/Centro-Oeste representam 71% de todo o Sistema Interligado Nacional, constituindo a melhor alternativa de armazenamento de energia elétrica, uma riqueza de que poucos países dispõem. Mas a água desses reservatórios não é suficiente para atender à demanda durante todo o ano. A forma mais segura de suprir o que faltar é a geração por termoelétricas, que podem ser acionadas sempre que necessário, embora com custo de geração maior. Desta maneira, quanto mais bem dimensionados os reservatórios, menor será a utilização das usinas térmicas.

Entretanto, o país vem diminuindo sistematicamente o volume dos reservatórios das novas usinas em função de adequações relacionadas ao meio ambiente, principalmente, dos problemas relacionados à ocupação de suas áreas alagadas. Como exemplo, podemos citar as hidrelétricas de Belo Monte e as usinas do Rio Madeira (Jirau e Santo Antônio), com grandes variações de vazão e, sem reservatórios de regularização constituindo uma grande irracionalidade técnica e econômica, com enormes prejuízos para sociedade brasileira. Um led engano dos tomadores de decisão, uma vez que as áreas totais ocupadas por reservatórios de hidrelétricas representam o ínfimo percentual de 0,46% do território nacional (SIPOT).

As térmicas nucleares, embora firmes e constantes, ou seja, com altos fatores de capacidade e utilização e de custo razoável, apresentam problemas de disposição dos resíduos radioativos e de apreensão por parte da sociedade, reforçada por eventos como os de Three Mile Island, nos USA, Chernobyl, na Rússia e Fukushima, no Japão.

A cogeração a biomassa, principalmente do bagaço e da palha de cana, permite produzir simultaneamente calor e energia elétrica, com grande economia de combustível, sendo mais eficiente do que a geração que utiliza combustíveis fósseis. Entretanto, seu uso só é considerado no Brasil, durante a safra da cana de açúcar. Embora essa seja uma limitação relevante, é importante registrar que a safra ocorre exatamente nas épocas em que os reservatórios estão baixos, sendo assim, complementar à geração hidrelétrica. A capacidade de produção por biomassa, contudo, ainda é limitada, respondendo por cerca de 5% da potência instalada nacional.

Por último, os parques de geração eólica poderão representar em um futuro não muito distante, promessa relevante para o abastecimento nacional. Ultimamente, o custo de geração dessa energia tem se tornado bastante competitivo em virtude dos incentivos governamentais e do

barateamento dos equipamentos de geração. A geração eólica não produz energia firme e constante, já que depende dos ventos. Contudo, é excelente fonte complementar ao sistema hidrotérmico, gerando mais nos períodos de baixa pluviometria quando os reservatórios estão mais baixos.

O preço da energia é considerado elemento prioritário na decisão sobre fontes geradoras de energia. A abundância e o custo, além de aspectos ligados à segurança do abastecimento, são os fatores que determinam a composição das matrizes energéticas dos países. Trata-se, obviamente, do cálculo econômico, presente em toda atividade humana.

O setor elétrico brasileiro utiliza do princípio econômico da produtividade marginal decrescente, o que significa dizer que as usinas mais baratas serão construídas primeiro. O primeiro fator na determinação dessas usinas é o custo da geração, medido em R\$/MWh, decorrente de projetos de execução e operação mais econômicos, incluídos os custos de transmissão.

Não menos relevante, no caso de hidrelétricas, é a partição de quedas de uma bacia hidrográfica, técnica que otimiza o aproveitamento do curso d'água para efeito de geração de eletricidade. Trata-se do aproveitamento ótimo, conceito legalmente estabelecido no Brasil, que deve presidir a elaboração dos projetos das usinas hidrelétricas. Os potenciais hídricos e as usinas hidrelétricas são bens da União, conforme estabelecido na Constituição Federal, constituindo patrimônio de toda a sociedade brasileira.

Também são considerados melhores os aproveitamentos que permitem reservatórios de grande capacidade e pequena exigência de área inundável. Quando operam em cascata, a capacidade de geração e a contribuição das usinas para a regularização do rio são potencializadas, sendo particularmente preciosas as primeiras do conjunto, dado seu maior fator de produtividade: suas águas turbinadas irão gerar nas usinas de jusante de toda a cascata.

Além disso, os reservatórios agregam vantagens comparativas únicas, fornecendo água para consumo e irrigação, servindo como criatórios de peixes, viabilizando a navegação e possibilitando atividade turística, além de controlar as enchentes.

Por fim, as hidrelétricas indenizam os Estados e Municípios pela área que inundam. Em 2011, pagaram R\$ 1,63 bilhão como Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos e R\$ 370 milhões em royalties (compensação financeira específica, devida pela Usina de Itaipu). (ABBUD, 2012).

**Tabela 8** - Preços da Energia Gerada no Brasil, conforme suas fontes

<b>Fonte</b>	<b>Custo fixo</b>	<b>CVU</b>	<b>Preço</b>
Hidrelétrica	84,58	-	84,58
Eólica	99,58	-	99,58
Hidrelétrica de médio	147,46	-	147,46
Pequena central hidrelétrica	158,94	-	158,94
Térmica nuclear	145,48	20,13	165,61
Térmica a carvão	159,34	169,09	328,43
Térmica a biomassa	171,44	167,23	338,67
Térmica a gás natural	166,94	186,82	353,76
Térmica a óleo combustível	166,57	505,76	672,33
Térmica a óleo diesel	166,57	630,29	796,86
Solar Fotovoltaica	Não informado	-	-

**Fonte:** Abbud (2012).

As grandes usinas hidrelétricas continuam oferecendo os menores preços de energia (TABELA 8), contudo, os grandes potenciais ainda disponíveis estão localizados nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia, o que acarreta dois problemas.

O primeiro é a distância dos grandes centros consumidores, o que encarece a energia. O segundo é que a construção de usinas na região Norte, devido as particularidades geomorfológicas da região, tende a aumentar a área alagada. Tal fato tem levado a construção de usinas a fio d'água ou sem reservatório, que não acumularão reservas para geração na estação seca nem contribuirão para regularizar as vazões dos rios.

É importante notar, também, que a energia hidrelétrica reduz seus custos ao longo do tempo, em função do longo tempo de vida útil das usinas e do baixíssimo custo de operação. Neste momento, 18 mil MW de hidrelétricas antigas, cujas concessões vencem até 2015, terão seus preços reduzidos em cerca de 25%, segundo estimativa da ANEEL, projetando preços da ordem de R\$ 70 a R\$ 75/MWh.

Não há geração de energia sem impactos ambientais. A melhor solução, portanto, combina menor preço e menor impacto, sem esquecer que mitigar impactos encarece a energia.

Os principais impactos de cada fonte de geração podem ser assim descritos:

As nucleares padecem de dois problemas principais: a possibilidade de acidentes e a falta de solução satisfatória para os rejeitos radioativos, embora eles sejam relativamente poucos. Em um ano, um reator nuclear de 1.200 MW, como o de Angra II, produz 265 kg de resíduos. Importante citar que atualmente estão sendo desenvolvidos novos reatores que procuram minimizar resíduos radioativos e outras tecnologias que utilizam resíduos radioativos como combustíveis. (ABBUD, 2012).

A geração eólica também produz impactos ambientais: a ela, é atribuído o impacto na paisagem, o ruído decorrente de sua operação, da ordem de 40 decibéis, o espaço ocupado pelas torres e eventuais prejuízos às correntes migratórias de pássaros. A geração eólica serve apenas como fonte complementar à elétrica, já que depende dos ventos, ajudando a economizar água dos reservatórios e evitando o uso da energia térmica, mais poluente e onerosa.

A energia de fonte solar fotovoltaica tem preço elevadíssimo e depende da luz intermitente do sol, também caracterizando forma de geração complementar. A energia solar pode ter grandes possibilidades em futuro próximo com aumento de seus rendimentos advindos de avanços tecnológicos. Dotada de boa imagem, essa fonte tem um problema raramente mencionado: ela inutiliza as extensas áreas ocupadas pelos parques solares. O Parque Solar Waldpolenz, na Alemanha, tem potência instalada de 40 MW, gerando 40 GWh/ano, em média, graças a 550.000 painéis solares, instalados em 2,2 km<sup>2</sup>. A potência média de Waldpolenz assim calculada é de 4,57 MW, o que implica num baixo fator de capacidade, da ordem de 11,4%, e numa igualmente baixa produtividade energética, de 18,2 GWh/ano por km<sup>2</sup> ocupado (Abbud, 2012). A título de comparação, a Usina Belo Monte tem uma potência instalada de 11.233 MW e gerará 40 milhões MWh/ano, numa área de 516 km<sup>2</sup>. Assim, sua operação terá potência média de 4.571 MW, fator de capacidade de 40,7%, e produtividade energética de 77,6 GWh/ano por km<sup>2</sup>. (TABELA 9).

**Tabela 9** - Produtividade da Solar Waldpolenz e da UHE de Belo Monte

<b>Instalação</b>	<b>Potência instalada (MW)</b>	<b>Potência média (MWh/a no)</b>	<b>Fator de capacidade</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Produtividade (GWh/a no/km<sup>2</sup>)</b>
Waldpolenz	40,0	4,57	11,4%	2,2	18,2
Belo Monte	1.233,0	40.000,0	40,7%	516,0	77,6
		00,00			

**Fonte:** Abbud (2012)

Com isso, Belo Monte gerará 4,2 vezes mais energia por km<sup>2</sup> ocupado que Waldpolenz, instalação considerada modelar. Para gerar mesma quantidade de energia que Belo Monte, uma usina como Waldpolenz precisaria de uma área de 2.200 km<sup>2</sup>, impossibilitando a área para outros aproveitamentos. Cabe mencionar ainda os potenciais impactos negativos dos materiais utilizados na construção dos painéis solares, tais como chumbo, mercúrio e cádmio. (ABBUD, 2012).

Já o reservatório de Belo Monte, passado o impacto inicial da construção, tornar-se-á um novo ecossistema, tão vivo, estável e sustentável quanto o anterior, a exemplo do que ocorre com outras hidrelétricas.

Faz-se necessário uma reflexão sobre os impactos da construção de usinas hidrelétricas. A Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, divulgou dado segundo o qual, somadas as áreas dos reservatórios das usinas construídas e a construir na Amazônia, seriam alagados 10.500 km<sup>2</sup>, ou seja, 0,16% de todo o bioma amazônico. A título de comparação, foram desmatados 6.418 km<sup>2</sup> na Amazônia brasileira somente em 2011, ano em que menos se destruiu a floresta desde 1988, quando o INPE iniciou esse levantamento (ABBUD, 2012). Aproveitar todo o potencial hidrelétrico da Amazônia produzirá impacto pouco superior ao do desmatamento ocorrido num ano de baixo índice de desmatamento. A alternativa é optar por queimar combustível fóssil ou construir usinas nucleares, já que as fontes eólicas e solares não oferecem a segurança necessária ao abastecimento, como visto.

O deslocamento de populações atingidas é outro problema da construção de hidrelétricas. Conduzida adequadamente, o remanejamento dessas populações deve representar melhora das suas condições de vida, em vista das exigências feitas aos empreendedores de benefícios aos remanejados. Trata-se apenas de conduzir o

remanejamento adequadamente, o que pode e deve ser considerado no licenciamento ambiental e fiscalizado pelo Poder Público.

Finalmente, temos o tema emblemático das terras indígenas, protegidas pela Constituição Federal. De acordo com dados da imprensa, as terras demarcadas somam 112,7 milhões de hectares, 13,2% do território nacional abrigando 502 mil indígenas (0,26% da população), o que significa dizer que cabe a cada índio 224,5 ha. Comparando essa ocupação à dos assentamentos rurais, que abrigam quatro milhões de pessoas (2,1% da população), a média ocupada é dez vezes menor, de 22 ha/assentado. É preciso, portanto, encontrar solução negociada e satisfatória para a construção das hidrelétricas no tocante aos direitos indígenas. (ABBUD, 2012).

Também é imperativo discutir a opção pela construção de usinas hidrelétricas sem reservatório ou a fio d'água e abrir o debate sobre o que iremos fazer a respeito do desperdício de um precioso patrimônio nacional, os aproveitamentos hidrelétricos. Construída uma usina sem reservatório, a perda de sua capacidade produtiva jamais será recuperada, particularmente se for a primeira ou a segunda da cascata, fundamentais para a otimização da geração e na regularização de toda cascata.

O PDE 2020 prevê que a capacidade de armazenamento dos reservatórios das usinas brasileiras terá crescimento de apenas 6%, até 2020, contra um aumento da capacidade instalada de 39%, no mesmo período. Essa projeção aponta a perda sem volta de uma importante riqueza. Note-se que isso ocorrerá com descumprimento da legislação em vigor que determina o aproveitamento ótimo dos potenciais hídricos.

Pode-se concluir então que as usinas hidrelétricas constituem a melhor e mais confiável alternativa de produção de energia no Brasil, principalmente no que diz respeito ao custo de produção e ao impacto ambiental. Seria preciso vontade política para preservar o dimensionamento técnico correto dos reservatórios e adequada política de relocação dos atingidos com justas indenizações, principalmente, daqueles atingidos que guardam com o local, sentimentos atávicos.

#### **4.1.2 Lenha e carvão vegetal**

Até o ano de 1972, a madeira representava a fonte de energia primária mais utilizada no País. (BRITO, 1990). Em 2004, o Brasil era o terceiro maior produtor de lenha do mundo, menor apenas que a Índia e a China com 303,8 e 191,0 milhões de m<sup>3</sup>, respectivamente (FAO, 2007). Segundo Brito (1990), a crise do petróleo de 1973 foi um

momento singular de reflexão de planejamento energético no mundo, fazendo emergir várias proposições de utilização de novas e renováveis fontes energéticas. A biomassa, até então com um papel irrelevante, ressurgiu com significado potencial energético, resultando no lançamento de vários programas, inclusive e principalmente, o PROÁLCOOL. Em meio ao interesse sobre o uso de biomassa para fins energéticos, surgiram também várias propostas referentes ao emprego da biomassa florestal. Foi nesse momento que a madeira ressurgiu revestida de grande importância como fonte de energia em nosso País.

A tendência histórica do rápido declínio da participação da madeira no balanço energético nacional sofreu uma inflexão entre as décadas de 70 e 80, principalmente, em função da crise do petróleo. Embora houvesse, no passado, uma sensação de que a madeira tenderia a desaparecer do cenário de consumo de energia em nosso país, ela ainda se mantém, hoje, na posição de terceira fonte energética mais utilizada no Brasil, representando em torno de 17% do total da energia consumida (BEM, 2012). A madeira foi, durante muito tempo, a principal fonte energética do País. Em 1973, o petróleo veio a suplantá-la e somente em 1978 a hidroeletricidade passou a ter consumo maior que a madeira. A crise de oferta de energia elétrica e a busca por energias renováveis, preconizada para o futuro, provavelmente manterá a madeira em uma posição de destaque por um bom período de tempo.

O grande destaque da madeira como fonte de energia em nosso País deve-se, em grande parte, a produção de carvão vegetal. Em 1988, foram utilizados no país cerca de 114,0 milhões de metros cúbicos de madeira destinada à produção de aproximadamente 11,0 milhões de toneladas de carvão vegetal, o que representava 67,0% do total de madeira utilizada para energia naquele ano. Estes quantitativos fizeram do Brasil o maior produtor mundial de carvão vegetal (BRITO, 1990). O consumo de carvão vegetal, no Brasil, está pulverizado em diversos segmentos da indústria, inclusive para utilização residencial urbana e rural. A principal utilização, no entanto, está presente na indústria de siderurgia (TABELA 10).

**Tabela 10** - Produção e Consumo de Carvão Vegetal no Brasil.

<b>Fluxo</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Residencial	1.328	990	672	634	647	674	763	779	801
Comercial	105	82	87	98	95	90	98	102	104
Público	10	5	3	0	0	0	0	0	0
Agropecuário	14	18	11	7	7	7	8	9	9
<b>Industrial</b>	<b>8.116</b>	<b>8.409</b>	<b>6.838</b>	<b>6.716</b>	<b>6.079</b>	<b>6.376</b>	<b>7.540</b>	<b>8.944</b>	<b>8.757</b>
Cimento	1.126	542	438	361	327	320	382	440	385
Ferro-gusa e aço	5.915	6.760	5.517	5.668	5.325	5.515	6.280	7.588	7.436
Ferro- ligas	653	560	590	666	408	518	823	864	883
Mineração e pelotização	89	53	0	0	0	0	0	0	0
Não-ferrosos e outros metais	190	394	226	9	9	12	120	12	12
Química	58	50	37	0	0	0	29	25	26
Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerâmica	27	20	9	0	0	0	0	0	0
Outros	58	30	21	12	10	11	14	15	15
<b>Consumo final energético</b>	<b>9.573</b>	<b>9.504</b>	<b>7.611</b>	<b>7.455</b>	<b>6.828</b>	<b>7.147</b>	<b>8.409</b>	<b>9.834</b>	<b>9.671</b>
Importação	0	0	16	11	18	12	25	52	90
Exportação	0	0	-10	-8	-9	-7	-13	-28	-15
<b>Produção</b>	<b>10.075</b>	<b>10.016</b>	<b>7.909</b>	<b>7.713</b>	<b>7.031</b>	<b>7.364</b>	<b>8.657</b>	<b>10.085</b>	<b>9.893</b>

Fonte: Brasil (2006)



Pelo menos 1/4 de toda produção de ferro-gusa brasileira e 1/2 de toda produção de ferro-liga estão alojadas nas siderurgias a carvão vegetal. O parque siderúrgico é formado principalmente por empresas pertencentes à iniciativa privada.

Em contra partida, contrastando ao que ocorre na siderurgia a carvão vegetal, a siderurgia nacional baseada no coque de carvão mineral possui grande dependência de importações. Em torno de 80% do carvão mineral utilizado na siderurgia nacional é importado, o que não é nada interessante para a balança comercial do país. O carvão mineral nacional embora seja quantitativamente suficiente para a obtenção de coque siderúrgico, não o é em termos qualitativos, tendo as indústrias restrições ao seu uso, devido aos seus graus de impurezas, cinzas e enxofre. (BRITO, 1990).

Cabe salientar que a disponibilidade de material lenhoso proveniente de florestas nativas permitiu o desenvolvimento crescente da siderurgia a carvão vegetal. A demanda por produtos agrícolas e o aumento das exportações criou novas fronteiras de produção. Em consequência, o desmatamento, seja com recursos do produtor ou com financiamentos de programas do Governo, gerou, em Minas Gerais, Goiás, Sul da Bahia e Mato Grosso, condições para o fornecimento de madeira, que, ao invés de ser simplesmente queimada, vem sendo transformada em carvão vegetal. (BRITO, 1990).

O carvão de mata nativa vem sendo, gradativamente, substituído pelo carvão de reflorestamentos, no período de 1979 a 1988, a taxa de consumo de carvão vegetal oriundo da mata nativa mostrou um crescimento de 189%, enquanto que, a mesma taxa oriunda de reflorestamentos cresceu 369% no mesmo período. (BRITO, 1990).

Um ponto extremamente importante, ligado à oferta de madeira para a produção de carvão vegetal, diz respeito ao manejo racional das florestas nativas. A capacidade de recuperação de cerrados em Minas Gerais, com vistas à otimização da produção de madeira para produção de carvão vegetal, tem sido objeto de estudos constantes. Em algumas regiões do Estado, esta prática vem sendo exercitada por produtores de carvão vegetal e, em vários casos reais, ficou constado que a recomposição do cerrado após 8 a 10 anos de corte é bastante eficiente, conseguindo produção maior do que no primeiro corte. Um programa de Governo que impusesse a prática do manejo sustentado de florestas de cerrado poderia ser bastante positivo, tanto para a atividade econômica da produção de carvão vegetal, quanto para o meio ambiente, uma vez que, estaria desta forma, substituindo monoculturas por matas nativas. (BRITO, 1990). Outro grande problema relacionado à produção do

carvão vegetal é a questão da tecnologia empregada na sua produção. O processo, hoje utilizado, para produção de carvão vegetal é obsoleto e sem nenhum compromisso com a qualidade e quantidade produzida. A tecnologia é primitiva, basicamente a mesma utilizada há anos.

Além desses aspectos, a tecnologia atualmente empregada, descarta através da emissão de gases, milhares e milhares de toneladas de componentes químicos. Conforme mencionado anteriormente, do processo de carbonização, aproveitam-se de 30 a 40% da madeira na forma de carvão vegetal. O restante é simplesmente lançado na atmosfera na forma de gases. Principalmente: Alcatrão, Metanol e Ácido Acético (BRITO, 1990, p.225).

Infelizmente, a inexistência de políticas públicas nacionais ou regulamentação ambiental que estimulem o emprego de tecnologias voltadas para a produção de carvão vegetal com eficiência limitam a modernização desta indústria no Brasil.

Preocupadas com a questão, algumas das mais importantes empresas do setor vêm, já há vários anos, realizando ações no sentido de estudos e efetivas implantações de sistemas de recuperação desses produtos gasosos para a geração de insumos químicos e energéticos. Algumas empresas já têm como rotina a recuperação de parte desses produtos na forma de alcatrão para uso como combustível. É bom ressaltar, que as tecnologias para a recuperação desses produtos são totalmente disponíveis, e têm sido historicamente utilizadas em várias partes do mundo (BRITO, 1990, p.226).

Segundo Lutinski et al. (2006):

“O eucalipto, de origem Australiana, foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XIX tendo como mérito maior ajudar na produção de dormentes para as linhas férreas que, àquela época, se instalavam no país. Atualmente, o Brasil possui a maior área plantada de eucaliptos do mundo com mais de três milhões de hectares plantados. O eucalipto produzido no País destina-se basicamente à produção de celulose, de papel e ao abastecimento de carvão as siderúrgicas. Ele é, também, destinado à indústria moveleira, e à extração de óleos essenciais” (p.653).

Conforme Lins (1997), até o final do século XIX, a principal atividade econômica e uso da natureza em Minas Gerais era a agricultura de subsistência, extensiva e baseada no trabalho escravo.

Estendia-se por quase todo o território e quase sempre acompanhada da queima de florestas nativas. Essa agricultura se mesclava a outras atividades específicas. No Oeste Mineiro, assim como no Alto Paranaíba, ela veio substituir a mineração aurífera. Em outras regiões, como as do vale do rio São Francisco, Montes Claros, Triângulo, Paracatu e vales dos rios Jequitinhonha, Doce e Mucuri, combinou-se com a pecuária, atividade utilizada no processo de ocupação dessas extensas áreas esparsamente povoadas. Na Zona da Mata e no Sul, o café avançava pela Mata Atlântica (LIBBY, 1988,p. 44).

Estas características gerais desenvolvidas pela economia mineira durante os séculos XVIII e XIX mantiveram-se acessas, pelo menos, até a década de 1940.

No final da década de 1930, o ferro e o aço constituíam o segundo segmento industrial do Estado, respondendo por 20% de toda a produção industrial, à frente da indústria têxtil. Em 1942, é criada, com a capital federal, a Companhia Vale do Rio Doce que passa a operar em Minas Gerais promovendo a exportação de volumes crescentes de minério de ferro e estimulando a vinda de capitais do setor siderometalúrgico para a região central de Minas, a exemplo do que aconteceu com a ACESITA - Aços Especiais Itabira, que se instalou no município de Timóteo, em 1944, formando-se o embrião do que viria a ser conhecido como o “Vale do Aço” (LINS, 1997, p. 590). Estas indústrias acabaram por demandar grandes quantitativos de carvão vegetal, pressionando o desmatamento de matas nativas principalmente o cerrado e a mata atlântica e, em um segundo momento, incentivando a implantação de florestas plantadas.

Entre 1967 e 1984 foram plantados no Brasil cerca de 5.600.000 hectares de florestas de eucalipto, constituindo-se na maior área reflorestada do mundo. Deste total, uma parcela de 2.000.000 hectares (35,7%) encontrava-se em Minas Gerais, principalmente na região Leste, na bacia do médio rio Doce, onde, desde 1973, está em operação a Cenibra, maior empresa de celulose no Estado (REIS E AMARO, 1997, p. 548). Nesta época, a área reflorestada no Brasil já superava a área destinada aos cultivos tradicionais de feijão, arroz, trigo, algodão e café, trazendo, para as regiões circunvizinhas às florestas homogêneas, a “deterioração do sistema de abastecimento de produtos alimentares básicos” (REIS E AMARO, 1997, p.553).

Em 1990, a área plantada de eucalipto no Brasil que, em 1966, era no entorno de 400.000 hectares, já atingia um montante de 6.500.000 hectares, dos quais 2.500.000 hectares (38,5%) encontrava-se em Minas

Gerais. Isto significa que, em um período de 24 anos, a área reflorestada brasileira multiplicou-se por 16,25.

“A caminhada célere da derrubada de matas, florestas e cerrados mineiros e sua substituição pelos desolados “desertos verdes” das culturas homogêneas de eucalipto não tiveram como motivação, evidentemente, apenas a produção da matéria-prima da indústria de celulose e papel. A biomassa de eucalipto tem servido também à confecção do carvão vegetal, insumo básico e imprescindível do enorme complexo siderúrgico que sustenta a indústria em Minas Gerais.” (GUERRA, 1997, p.563).

#### 4.1.3 Petróleo

Segundo narrativa do site Escola Brasil,<sup>1</sup> embora não seja do conhecimento de todos, o petróleo tem sido utilizado desde a antiguidade. Existem indícios de sua utilização pelos Egípcios para embalsamar seus mortos, enquanto que a pavimentação das estradas dos povos pré-colombianos já utilizava pioneiramente o petróleo, mas, somente no final do século XIX, quando um de seus derivados foi usado nos USA para iluminação e posteriormente como combustível em motores de combustão interna, esse teve sua importância econômica reconhecida e passou a ter grande significado para o desenvolvimento.

No Brasil, já havia indícios de seu uso desde os tempos do Império. Aquela época, o Marquês de Olinda cedeu o direito a José Barros de Pimentel de realizar extração de betume nas margens do rio Maraú, na Bahia. Em 1930, o engenheiro agrônomo Manuel Inácio de Basto com base em relatos de moradores de Lobato, bairro suburbano de Salvador, que utilizavam lamas pretas em suas lamparinas, realizou teste e experimentos na região constatando a existência de petróleo. Em 1932, entregou um laudo técnico ao presidente Getúlio Vargas.

A partir daí, foi desencadeada uma série de medidas institucionais do governo brasileiro para estimular o uso do petróleo. Em 1938, foi criado o CNP - Conselho Nacional do Petróleo - importante marco para disciplinar o uso e exploração dos recursos do subsolo brasileiro. Em uma de suas primeiras ações, o CNP determinou que fosse de

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.escolabrasil.com/brasil/historia-do-petroleo-no-brasil.htm>>. Acesso em 13 jul.2013.

propriedade da União as jazidas de Petróleo. Várias descobertas incentivaram a criação, em 1953, da empresa estatal Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A. Em 1997, uma lei extinguiu o monopólio estatal sobre a exploração petrolífera permitindo às empresas privadas participar da atividade de prospecção e exploração de petróleo.

A descoberta de novos campos de exploração em 2006 fez com que o Brasil se tornasse autossuficiente. Em 2007, o governo anunciou a descoberta de grandes quantitativos de petróleo na camada pré-sal, a uma profundidade de sete mil metros e com excelentes qualidades embora sua exploração fosse de custos mais elevados.

O Petróleo, seus derivados e gás natural apresentaram a maior participação na demanda total de energia do Estado de Minas Gerais em 2010, correspondendo a 33,7% do total (BEEMG, 2011).

#### **4.1.4 Carvão mineral**

O carvão Mineral, um minério não metálico, formado por antigas florestas que foram soterradas por sedimentos há milhões de anos, principalmente no período Carbonífero. 2

A primeira utilização do carvão mineral ocorreu, provavelmente, na idade da pedra lascada. Durante a queima de arbustos, as pedras mais próximas do fogo começaram a derreter e incandescer, produzindo muito calor, mais forte do que o dos arbustos e por períodos mais prolongados. A partir do século XVIII, com a revolução industrial e o desenvolvimento da máquina a vapor, o carvão mineral passou a ser utilizado como fonte energética substituindo a lenha, que era a principal fonte de energia utilizada pelo homem, ainda hoje, é o energético mais utilizado para geração de energia elétrica no mundo.

Segundo Borba (2001) o carvão mineral é um combustível fóssil sólido formado a partir da matéria orgânica de vegetais depositados em bacias sedimentares. Por ação de pressão e temperatura em ambientes anaeróbicos, sem contato com o ar e, em decorrência de soterramento e atividade orogênica, os restos vegetais ao longo do tempo geológico se solidificam, perdem oxigênio e hidrogênio e se enriquecem em carbono, em um processo denominado carbonificação. Quanto maiores forem, a pressão e a temperatura a que a matéria orgânica estiver submetida, e quanto maior o tempo duração, mais alto será o grau de carbonificação atingido e maior a qualidade energética do carvão. Os vários estágios de

---

<sup>2</sup> Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/carvao\\_mineral.htm](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/carvao_mineral.htm)>. Acesso em: 25 mai.2013.

carbonificação, em ordem crescente de pureza, seguem a seguinte ordem: turfa → sapropelito → linhito → carvão sub-betuminoso → carvão betuminoso → antracito. O estágio mínimo para a utilização industrial do carvão é o do linhito.

O mundo consumiu em 2010 perto de 6,5 bilhões de toneladas de carvão mineral, sendo 55% destinadas à geração elétrica. As reservas provadas de carvão mineral no mundo passam de 800 bilhões de toneladas.<sup>3</sup> Com as atuais tecnologias, o carvão mineral é o recurso energético mais abundante do planeta.

Fundamental para a economia mundial, o carvão é maciçamente empregado em escala planetária na geração de energia e na produção de aço. Na siderurgia é utilizado o carvão coqueificável, um carvão nobre, de alto poder calorífico, com propriedades aglomerantes. Entre os recursos energéticos não renováveis, o carvão ocupa a primeira colocação em abundância e perspectiva de vida útil, sendo em longo prazo a mais importante reserva energética mundial. (TABELA 11).

**Tabela 11** - Reserva Mundial de Energéticos não Renováveis

<b>Recurso</b>	<b>Reservas mundiais</b>	<b>Vida útil estimada</b>
Carvão	726.000	219
Petróleo	202.000	41
Gás natural	186.000	65

**Fonte:** Borba (2001).

Na composição da matriz energética global, o carvão fica abaixo apenas do petróleo, sendo que, especificamente na geração de eletricidade, ultrapassa em muito à condição de principal recurso mundial. (TABELA12).

<sup>3</sup>Dados disponíveis em:

<<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/carvao-mineral-e-derivados>>. Acesso em: 21 mai.2013.

**Tabela 12** - Participação de Energéticos no Consumo Global de Energia e Eletricidade

<b>Recurso</b>	<b>Consumo global</b>	<b>Geração global de</b>
Carvão	23,3%	38,4%
Petróleo	35,7%	8,9%
Gás natural	20,3%	16,1%
Nuclear	6,7%	17,1%
Combustíveis renováveis	11,2%	-
Hídricos	2,3%	17,9%
Outros (1)	0,4%	1,6%

**Fonte:** Borba (2011).

O consumo mundial de carvão diminuiu 3,3% na década de 90, passando de 3.579 Mt em 1989 para 3.465 Mt em 1999. Este decréscimo se deu graças à forte contração ocorrida nesse período no consumo da Europa Ocidental. Com a exaustão de suas jazidas mais rentáveis, fez um esforço de substituição por outras fontes de energia, principalmente, pelo gás natural, petróleo e nuclear. A desestruturação dos países comunistas e de outros países da Europa Oriental, com conseqüente redução em seus ritmos econômicos, também foram responsáveis pela redução de carvão. Em compensação, a recuperação econômica dos EUA e da área do Pacífico, notadamente pelo forte ritmo desenvolvimentista da China, puxaram o crescimento mundial, que teria sido muito maior não fossem as crises econômicas do Japão e da Coreia nos últimos anos. (TABELA 13).

**Tabela 13** - Distribuição do Consumo Global de Carvão

<b>Região</b>	<b>1989</b>	<b>1999</b>
Europa Ocidental	15%	10%
Europa Oriental (Inclui ex-URSS)	15%	10%
EUA e Canadá	21%	25%
Ásia (costa do Pacífico) + Oceania	44%	49%
Outras regiões	5%	6%

**Fonte:** Borba (2011).

Atualmente, segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil em sua parte III dedicada a fontes não renováveis (ANEEL) e portal São Francisco, a Rússia tem as maiores reservas (56,5%), seguida dos USA

(19,5%), China (9,5%), Canadá (7,8%) e Europa (5,0%). Entretanto, o país que mais consome carvão mineral é a China (41,3 %), seguido dos USA (18,1%). O consumo do Brasil é irrisório, representando 0,4% do consumo mundial.

No Brasil, o carvão mineral participa com um pouco mais de 5% na matriz energética e com apenas 1,3% na matriz elétrica. O principal uso do carvão destina-se a indústria siderúrgica e, em parcela menor, para geração de energia elétrica. O carvão mineral brasileiro é considerado de baixa qualidade, com alto teor de cinzas e baixo conteúdo de carbono, o que inviabiliza a sua utilização fora das regiões das jazidas. Por isso, mais de 98% do produto é importado.

Em 2010, o Brasil consumiu perto de 20 milhões de toneladas de carvão, sendo 14,2 milhões de toneladas importadas e destinados, na sua maioria, à indústria. A energia elétrica utiliza basicamente o carvão nacional na região Sul.

O Estado de Minas Gerais importou, em 2010, 3,4 milhões de Tep de carvão mineral para alimentar suas indústrias siderúrgicas (BEEMG, 2010). As siderúrgicas do Estado ainda continuarão a utilizar carvão mineral por um bom tempo.

#### **4.1.5 Gás natural**

Segundo a Wikipédia, o gás natural é conhecido pela humanidade desde os primórdios. Em lugares onde o gás natural era expelido naturalmente para a superfície, os povos da antiguidade como os Persas, Babilônicos e Gregos construíam seus templos onde mantinham aceso o “fogo eterno”. Foi na China o primeiro registro de uso econômico do gás natural nos séculos XVIII e XIX. Os chineses aproveitaram locais de liberações espontâneas de gás natural para construir altos-fornos, bastantes rudimentares, destinados à cerâmica e metalurgia. No final do século XIX, o gás natural passou a ser utilizado em maior escala na Europa, com a invenção do queimador “BUNSEN” em 1885, que misturava ar com gás natural e com a construção de gasodutos à prova de vazamentos. Entretanto, os gasodutos eram insipientes e só em 1930 que avanços tecnológicos, principalmente técnicas de soldagem, viabilizaram o transporte de gás a longas distâncias.

O gás natural, pela sua vantagem econômica e ambiental, passou a ser utilizado em larga escala nos USA, Canadá, Japão e países da Europa.



No Brasil, a Petra Energia notificou a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) duas descobertas de gás natural em terra, na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais.

Em Minas Gerais a empresa de distribuição de gás - GASMIG foi fundada em 15 de julho de 1986, como uma unidade de negócios da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), para ser uma alternativa energética no estado<sup>4</sup>. A Companhia iniciou suas atividades com a distribuição do biogás extraído da usina do aterro sanitário de Belo Horizonte. Esse projeto, além de ter contribuído para a capacitação de técnicos e a formação de mão-de-obra na área de gás, até então inexistente no estado, permitiu o atendimento a clientes comerciais próximos à usina, bem como aos táxis e aos veículos pertencentes à frota da CEMIG. Em 1992, a GASMIG iniciou o atendimento aos consumidores do segmento industrial através da distribuição do gás de refinaria disponibilizado pela Refinaria Gabriel Passos (REGAP). Na ocasião, foram contempladas 10 empresas dos centros industriais de Betim, Contagem e Belo Horizonte.

Em 1993, a empresa passou a operar de forma independente depois da assinatura de um contrato de concessão de distribuição de gás natural com o Governo de Minas Gerais. A partir desta época, a GASMIG passou a construir redes de distribuição de gás natural para diversas regiões do Estado. Juiz de Fora foi a primeira cidade a ser abastecida com o fornecimento à Indústria de Papéis Sudeste. Em 1998, passou a atuar no setor de gás natural veicular abastecendo postos de combustíveis automotivos.

No ano de 2004, a GASMIG vendeu 40% de seu capital social para a GASPETRO, empresa do grupo Petrobras, responsável por suprir o país de gás natural. A partir dessa nova participação acionária, três grandes projetos foram traçados: Vale do Aço, Sul de Minas e Triângulo Mineiro. Hoje, esses projetos se encontram em diferentes fases de implementação.

#### **4.1.6 Gás de xisto**

O gás de xisto é o gás natural que se encontra preso dentro de formações de xisto e vem sendo apontado como a redenção para os problemas econômicos dos Estados Unidos, com a promessa de garantir

---

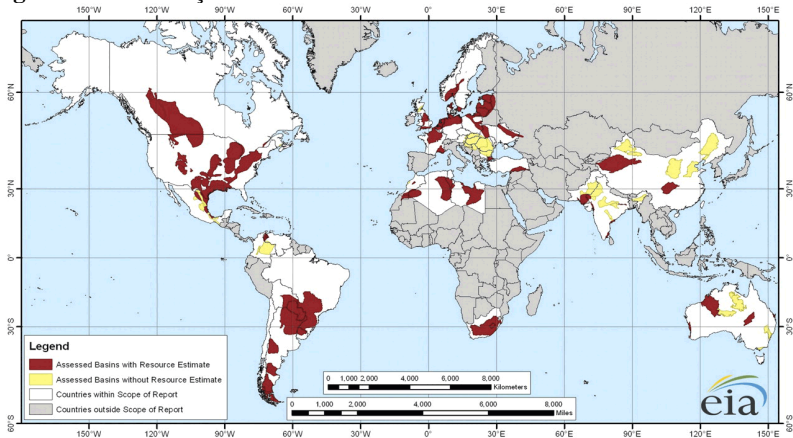
<sup>4</sup>Dados disponíveis em:

<<http://www.gasmig.com.br/Institucional/Historia.aspx>>. Acesso em: 21 mai.2013.

a independência energética e a atração de uma série de investimentos industriais. O gás de Xisto se tornou uma fonte cada vez mais importante de gás natural nos Estados Unidos desde o início do século XX. Em 2000, contribuía com apenas 1% da produção de gás natural dos EUA, em 2010, foi superior a 20% e o governo dos EUA (Administração de Informação de Energia) prevê que, até 2035, 46% do fornecimento de gás natural dos Estados Unidos será proveniente de gás de xisto.

As reservas de gás de xisto no mundo estão espacialmente bem distribuídas. (TABELA 2).

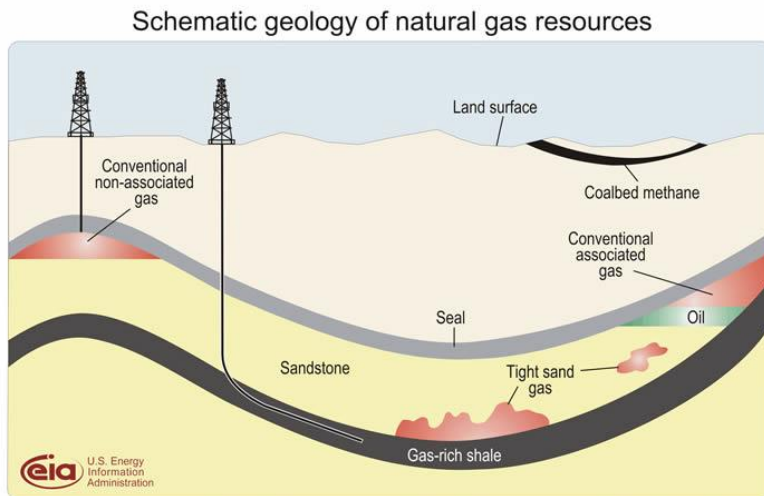
**Figura 2 - Distribuição das Reservas de Gás de Xisto no Mundo**



**Fonte:** U.S. Energy Information Administration

Enquanto que a figura 3 apresenta o Esquema Geológico de Fontes de Gás Natural.

**Figura 3** - Esquema Geológico de Fontes de Gás Natural



**Fonte:** U.S. Energy Information Administration

Analistas preconizam que o gás de xisto irá disponibilizar e aumentar o fornecimento de energia em todo o mundo. A China tem as maiores reservas estimadas de gás de xisto do mundo (EIA). Um estudo realizado pelo Instituto Baker de Políticas Públicas na Universidade Rice concluiu que o aumento da produção de gás de xisto nos EUA e no Canadá poderia inibir a Rússia e países do Golfo Pérsico de fixar preços mais elevados para o gás que exportam para países europeus.

Alguns estudos recentes apontam para elevadas taxas de declínio de alguns poços de gás de xisto indicando que a produção de gás de xisto pode vir a ser muito menor do que está previsto. A figura 4 apresenta o esquema de extração do gás de xisto.

**Figura 4 - Esquema de Extração do Gás de Xisto**

● Veja como é feita a extração do xisto

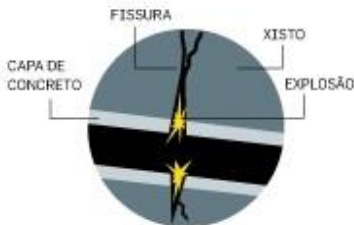
**Perfuração vertical**

Uma tubulação é inserida no solo até a camada de xisto, que pode chegar a profundidades de até 3,6 km. As paredes do poço são revestidas com concreto

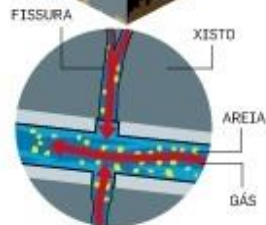
**Perfuração horizontal**

Ao atingir a camada de xisto a perfuração muda para horizontal, podendo atingir até 1,2Km de extensão

**Fratura hidráulica (fracking)**



A capa de concreto da seção horizontal é perfurada com uma série de explosões controladas que abrem fissuras na camada de xisto



Em seguida, é injetado uma mistura de água, areia e soluções químicas que penetram nas fissuras, abrindo caminho para a saída do gás

FORTE: BNDES E ANP

**Fonte: BNDES.**

O gás de xisto em quatro anos conseguiu fazer uma verdadeira revolução energética nos Estados Unidos. Além de atrair investimentos produtivos, sinalizou possível autossuficiência de energia e com

exportação de excedentes em volumes suficientes capazes de mudar o panorama mundial.<sup>5</sup>

Segundo cálculos da Administração de Informação de Energia (EIA) dos EUA, a reserva americana de gás de xisto esta estimada em 2,7 trilhões de metros cúbicos, suficiente para abastecer seu mercado nos próximos 100 anos. É tamanha a oferta de gás que ele está, atualmente, sendo comercializado a US\$ 4 por milhão de BTUs (British Thermal Unit) – menor preço do mercado mundial. Este gás está revitalizando o setor energético, atraindo investimento em indústrias intensivas em energia e impulsionando a economia. Entre US\$ 55 bilhões e US\$ 85 bilhões deverão ser adicionado ao PIB industrial americano até 2020, em investimentos de companhias petroquímicas, de fertilizantes, siderúrgicas, de vidro e outras. Espera-se o renascimento da indústria manufatureira no país. Admite-se que o gás de xisto seria capaz de deslocar o carvão como fonte de energia elétrica.

Segundo a Coalizão das Indústrias Brasileiras (BIC), o gás de xisto e seu preço de comercialização nos EUA podem gerar fuga de investimentos produtivos do Brasil para os EUA. Além disso, pode retardar a comercialização do petróleo do pré-sal, uma vez que o Brasil tem uma boa reserva deste gás e poderia ser comercializado a preços mais competitivos.

#### **4.1.7 Solar**

Segundo Pereira (2002) a radiação solar é a fonte primária de todos os fenômenos atmosféricos e dos processos físicos, químicos e biológicos observados nos ecossistemas, podendo ser aproveitada de diversas formas, tais como biomassa gerada pela fotossíntese, o aquecimento do ar e água para fins domésticos e industriais, fotoeletricidade para pequenos potenciais e fontes para ciclos termodinâmicos.

Já segundo o Atlas de Energias Renováveis da ANEEL, todas as fontes de energia hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas da radiação solar. Além disso, essa 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, podendo ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoeletrico e o fotovoltaico.

---

<sup>5</sup> Caderno de Economia do Jornal Estado de São Paulo de 03 de agosto de 2013

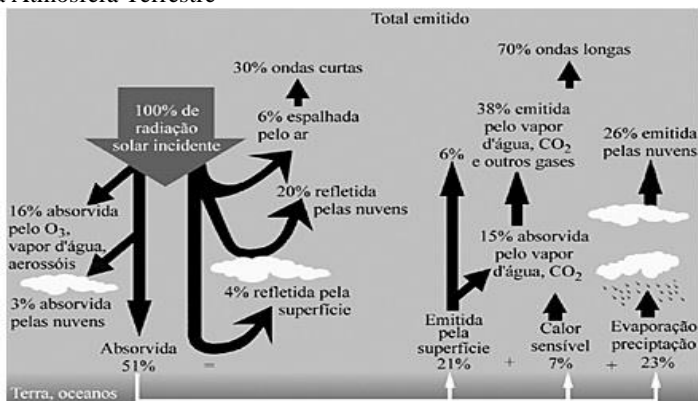
O aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento. Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção.

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais, como por exemplo: hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc., principalmente, para o aquecimento de água na higienização pessoal e na lavagem de utensílios e ambientes. Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Vapor este que pode gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor e, se acoplada a um gerador, pode produzir eletricidade.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. No termoelétrico a eletricidade é gerada pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No fotovoltaico, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células fotovoltaicas.

As nuvens, a superfície do planeta, os gases e partículas atmosféricas refletem cerca de 30% da radiação incidente no topo da atmosfera. Os 70% restantes são absorvidos produzindo aquecimento do sistema e causando evaporação de água (calor latente) ou convecção (calor sensível). A absorção da radiação solar é seletiva, sendo o vapor d'água, o ozônio ( $O_3$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) os principais agentes absorvedores. A energia absorvida pelo sistema Terra-Atmosfera é reemitida na faixa do infravermelho do espectro de radiação eletromagnética sendo que 6% são provenientes da superfície e 64% tem origem em nuvens e constituintes atmosféricos. (FIGURA 5).

**Figura 5** - Diagrama Simbólico dos Processos de Interação da Radiação Solar com a Atmosfera Terrestre



Fonte: Martins et al (2004)

O Brasil, por ser um país localizado na sua maior parte na região intertropical, possui grande potencial de energia solar durante todo ano. A utilização da energia solar poderia trazer benefícios a longo prazo para o país viabilizando o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo de atendimento pela rede convencional é demasiadamente alto e inviável economicamente. Poderia contribuir com a regulação da oferta de energia em situações de estiagem e com a diminuição da dependência do mercado de petróleo (Martins et al, 2004).

Entretanto, o grafeno pode trazer novidades revolucionárias no aproveitamento da energia solar. Pesquisas recentes apontam para mais uma propriedade do grafeno, da multiplicação de carga. Um fóton no silício libera um único elétron, enquanto que no grafeno, um fóton é capaz de liberar vários elétrons. Desta forma, pode-se dizer que existe a probabilidade, num futuro não muito distante, da disponibilização de células fotoelétricas a grafeno com rendimentos superiores as atuais.

#### 4.1.8 Eólica

Segundo Castro (2009), durante muito tempo, fontes energéticas como o vento, a água e a lenha dominaram a produção de calor e a geração de força motriz. Entretanto, outras fontes – carvão, petróleo, gás e energia nuclear – substituíram estas fontes tradicionais, principalmente, nos países desenvolvidos. Na década de 70, com choque do petróleo, houve o ressurgimento das energias renováveis. A

necessidade de assegurar estratégias sustentáveis para o fornecimento de energia motivou grande interesse pelos combustíveis renováveis.

Nos dias hodiernos, a energia eólica é, por já ter uma tecnologia até certo ponto consolidada, uma das mais promissoras fontes de energia renovável. É utilizada principalmente na Europa e nos USA. Na Europa já existe uma quantidade significativa de parques eólicos instalados, notadamente na Alemanha, Dinamarca, Holanda e, mais recentemente, no Reino Unido e na Espanha. Nos EUA, a energia eólica desenvolveu-se principalmente na Califórnia com a instalação de parques eólicos iniciada nos anos 80. A energia eólica mundial tem registrado nos últimos anos uma evolução bastante acentuada. Em 1998, a capacidade instalada era de 7.322 MW e em 2009 já era de 120.475 MW. O que vale dizer que, em onze anos foram instalados no mundo mais de 110 GW de potência eólica, predominantemente na Europa (Castro, 2009). Merece especial destaque o caso da Alemanha, vice-líder mundial de potência eólica instalada, com mais de 24 GW. Destaque também para EUA que, só em 2008, instalou mais de 8 GW de potência eólica. Deve-se observar também que a Espanha, a China, a Índia e a França vêm experimentando crescimentos exitosos. Na Dinamarca, 20% de toda energia elétrica é gerada com base nas fontes eólicas. Este valor de participação de energia eólica no conjunto da geração se aproxima dos valores máximos admissíveis para uma boa e segura operação do sistema elétrico.

Ultimamente vem-se instalando parques eólicos em plataformas continentais (*offshore*), com o intuito de minimizar seus impactos ambientais negativos e aumentar seus rendimentos. Em mar, o problema da beleza cênica fica diminuído e o acesso a ventos de maior intensidade pode elevar o potencial. A Dinamarca é, atualmente, líder na instalação *offshore*: o primeiro parque eólico foi o de Vinderby, instalado em 1991, localizado no mar Báltico a cerca de 2 km da costa, com uma potencia instalada de 4,95 MW (FIGURA 6); em 2002 entrou em operação o parque de Horns Rev, com 160 MW instalados em 80 turbinas de 2 MW, localizadas entre 14 e 20 km da terra (FIGURA 7).



**Figura 6** - Parque Eólico de Vinderby – Dinamarca



**Fonte:** Castro (2009)

**Figura 7** - Parque Eólico de Horns Ver – Dinamarca








**Fonte:** Castro (2009)

O Atlas Eólico do Brasil – Eletrobrás, conforme a figura 8, apresenta um potencial de 143,47 GW e a possibilidade de gerar 272,20 TWh/ano, para ventos superiores a 7 m/s.

Os estudos apresentados no Atlas do Potencial Eólico de Minas Gerais – CEMIG, conforme figura 9, apontam um potencial bastante promissor de geração eólica no Estado de Minas Gerais, chegando a 24,7 GW e com possibilidades de gerar 57,8 GWh/ano, com torres de 75 m de altura, em locais com ventos iguais ou superiores a 7,0 m/s. Este potencial poderá ser explorado gradativamente, nos limites de inserção ao Sistema Elétrico Regional. O aproveitamento da energia eólica poderá, de modo complementar, contribuir para o crescimento econômico do Estado, gerando energia e melhor qualidade de vida para milhares de pessoas

**Figura 8 - Potencial Eólico do Brasil por Região**

REGIÃO	INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					INTEGRAÇÃO CUMULATIVA			
	VENTO [m/s]	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]	VENTO [m/s]	ÁREA (CUMULATIVA) [km <sup>2</sup> ]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
 <b>NORTE</b>	6 - 6,5	11460	22,92	0,13	25,58	>6	24206	48,41	70,49
	6,5 - 7	6326	12,65	0,17	18,46	>6,5	12746	25,49	44,91
	7 - 7,5	3300	6,60	0,20	11,33	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>6420</b>	<b>12,84</b>	<b>26,45</b>
	7,5 - 8	1666	3,33	0,25	7,15	>7,5	3120	6,24	15,11
	8 - 8,5	903	1,81	0,30	4,65	>8	1454	2,91	7,96
	>8,5	551	1,10	0,35	3,31	>8,5	551	1,10	3,31
 <b>NORDESTE</b>	6 - 6,5	146589	293,18	0,13	327,19	>6	245105	490,21	649,50
	6,5 - 7	60990	121,98	0,17	178,02	>6,5	98516	197,03	322,31
	7 - 7,5	24383	48,77	0,20	83,73	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>37526</b>	<b>75,05</b>	<b>144,29</b>
	7,5 - 8	9185	18,37	0,25	39,43	>7,5	13143	26,29	60,56
	8 - 8,5	3088	6,18	0,30	15,91	>8	3958	7,92	21,13
	>8,5	870	1,74	0,35	5,23	>8,5	870	1,74	5,23
 <b>CENTRO-OESTE</b>	6 - 6,5	41110	82,22	0,13	91,76	>6	50752	101,50	120,83
	6,5 - 7	8101	16,20	0,17	23,65	>6,5	9642	19,28	29,07
	7 - 7,5	1395	2,79	0,20	4,79	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>1541</b>	<b>3,08</b>	<b>5,42</b>
	7,5 - 8	140	0,28	0,25	0,60	>7,5	146	0,29	0,63
	8 - 8,5	6	0,01	0,30	0,03	>8	6	0,01	0,03
	>8,5	0	0,00	0,35	0,00	>8,5	0	0,00	0,00
 <b>SUDESTE</b>	6 - 6,5	114688	229,38	0,13	255,99	>6	175859	351,72	446,07
	6,5 - 7	46302	92,60	0,17	135,15	>6,5	61171	122,34	190,08
	7 - 7,5	11545	23,09	0,20	39,64	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>14869</b>	<b>29,74</b>	<b>54,93</b>
	7,5 - 8	2433	4,87	0,25	10,44	>7,5	3324	6,65	15,29
	8 - 8,5	594	1,19	0,30	3,06	>8	891	1,78	4,84
	>8,5	297	0,59	0,35	1,78	>8,5	297	0,59	1,78
 <b>SUL</b>	6 - 6,5	121798	243,60	0,13	271,86	>6	171469	342,94	424,74
	6,5 - 7	38292	76,58	0,17	111,77	>6,5	49671	99,34	152,88
	7 - 7,5	9436	18,87	0,20	32,40	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>11379</b>	<b>22,76</b>	<b>41,11</b>
	7,5 - 8	1573	3,15	0,25	6,75	>7,5	1943	3,89	8,71
	8 - 8,5	313	0,63	0,30	1,61	>8	370	0,74	1,95
	>8,5	57	0,11	0,35	0,34	>8,5	57	0,11	0,34
 <b>TOTAL BRASIL ESTIMADO</b>	>6	667391	1334,78		1711,62	>6	667391	1334,78	1711,62
	>6,5	231746	463,49		739,24	>6,5	231746	463,49	739,24
	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>71735</b>	<b>143,47</b>		<b>272,20</b>	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>71735</b>	<b>143,47</b>	<b>272,20</b>
	>7,5	21676	43,35		100,30	>7,5	21676	43,35	100,30
	>8	6679	13,36		35,93	>8	6679	13,36	35,93
	>8,5	1775	3,55		10,67	>8,5	1775	3,55	10,67

**Fonte:** Eletrobrás

**Figura 9 - Potencial de Geração Eólica de Minas Gerais**

Tabela 5.1

### POTENCIAL DE GERAÇÃO EÓLICA

ALTURA [m]	INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADE					INTEGRAÇÃO CUMULATIVA			
	VENTO [m/s]	ÁREA [km²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [MW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [GWh]	VENTO [m/s]	ÁREA [km²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [MW]	ENERGIA ANUAL [GWh]
100	6,0 - 6,5	58.096	87.144	0,172	131.461	≥ 6,0	121.511	182.266	326.360
	6,5 - 7,0	37.386	56.080	0,210	102.823	≥ 6,5	63.415	95.123	194.899
	7,0 - 7,5	15.364	23.076	0,246	49.789	≥ 7,0	<b>26.029</b>	<b>39.043</b>	<b>92.076</b>
	7,5 - 8,0	6.867	10.331	0,284	25.673	≥ 7,5	10.645	15.967	42.287
	8,0 - 8,5	2.403	3.604	0,318	10.040	≥ 8,0	3.757	5.636	16.615
	≥ 8,5	1.355	2.032	0,369	6.575	≥ 8,5	1.355	2.032	6.575
75	6,0 - 6,5	50.647	75.971	0,172	114.876	≥ 6,0	93.685	140.528	245.317
	6,5 - 7,0	26.543	39.814	0,209	72.630	≥ 6,5	43.036	64.557	130.441
	7,0 - 7,5	10.329	15.493	0,247	33.461	≥ 7,0	<b>16.495</b>	<b>24.742</b>	<b>57.812</b>
	7,5 - 8,0	4.110	6.165	0,282	15.250	≥ 7,5	6.166	9.249	24.351
	8,0 - 8,5	1.255	1.883	0,318	5.242	≥ 8,0	2.056	3.084	9.101
	≥ 8,5	801	1.201	0,367	3.589	≥ 8,5	801	1.201	3.859
50	6,0 - 6,5	35.344	53.016	0,186	86.295	≥ 6,0	55.229	82.841	149.796
	6,5 - 7,0	12.837	19.256	0,223	37.722	≥ 6,5	19.884	29.825	63.503
	7,0 - 7,5	4.812	7.218	0,261	16.501	≥ 7,0	<b>7.046</b>	<b>10.570</b>	<b>25.781</b>
	7,5 - 8,0	1.411	2.117	0,298	5.522	≥ 7,5	2.235	3.352	9.280
	8,0 - 8,5	544	816	0,333	2.378	≥ 8,0	823	1.235	3.757
	≥ 8,5	279	419	0,376	1.379	≥ 8,5	279	419	1.379

Fonte: Cemig

#### 4.1.9 Nuclear

A Teoria Atomística foi concebida inicialmente no quinto século antes de Cristo pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito. Na sua Teoria Atomística, Demócrito afirma que o Universo tem uma constituição elementar única que é o átomo. Partícula indivisível, invisível, impenetrável e animada de movimento próprio. As vibrações dos átomos provocam todas as nossas sensações. Lito Lucrécio Caso, célebre poeta romano (95-52 AC), reproduziu em seus poemas as idéias de Demócrito no seu livro "DE RERUM NATURA", muito divulgado

na época do Renascimento.<sup>6</sup> Somente no início do século XIX, os pesquisadores em química retornaram à hipótese atômica. Esta hipótese foi proposta por John Dalton em 1803 e a teoria atômica apresentada no livro "A NEW SYSTEM OF CHEMICAL PHILOSOPHY". Os postulados fundamentais de Dalton são os seguintes:

(i)— Os elementos químicos consistem de partículas discretas de matéria, os átomos, que não podem ser subdivididos por qualquer processo químico conhecido e que preservam a sua individualidade nas reações químicas;

(ii) — Todos os átomos do mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos, particularmente em seus pesos; elementos diferentes têm átomos diferentes em peso. Cada elemento é caracterizado pelo peso dos seus átomos;

— Os compostos químicos são formados pela união de átomos de diferentes elementos em proporções numéricas simples, isto é: 1:1, 1:2, 2:1, 2:3, etc.

A partir desta concepção, a ciência foi conformando a percepção da matéria. Essa longa caminhada contou com a colaboração de um grande número de pensadores: Gay-Lussac, Amadeo Avogadro, Michael Faraday, Dmitri Mendeleev, J. J. Thomson, H. Poincaré, Madame Curie, Ernest Rutherford, Niels Bohr, Max Planck, Cezar Lattes, Enrico Fermi e muitos outros, culminando com a mecânica quântica e a teoria da relatividade de A. Einstein.

Segundo Kumorato et. al. (2002), a tecnologia nuclear, apesar de suas diversas aplicações no campo civil, nasceu ligada a interesses militares. As primeiras considerações brasileiras na área nuclear foram realizadas na década de 30, mas foi a partir de 1945, com o ataque nuclear sobre Hiroshima, que o interesse sistemático pela tecnologia nuclear se concretizou no Brasil.

O Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, fundado em 1951, já nasceu tendo a tecnologia nuclear como um grande desafio, tendo como presidente, o almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva, um arauto dessa tecnologia.

O projeto Manhattan, na época da Segunda Guerra Mundial, fez dos USA os únicos detentores da tecnologia nuclear, mantida sob grande sigilo. Além de dificultar ao máximo o acesso ao conhecimento nuclear,

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/nuclear/historia-energia-nuclear.htm>>. Acesso em: 25 mai.2013.

os Estados Unidos procurou também restringir o acesso a elementos radioativos.

Ainda em 1945, foi assinado o primeiro acordo nuclear com o Brasil, que previa a exportação de areia monazítica da região do Espírito Santo. Na presidência do CNPq, o almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva propunha uma transferência de tecnologia nuclear ao Brasil em troca das exportações de areia monazítica. Em 1953, Álvaro Alberto acertava secretamente com a Alemanha a construção de três ultracentrífugas, utilizando tecnologia desenvolvida pelos alemães, que seriam enviadas ao Brasil para o desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio. Mas foram abortadas, devido ao vazamento de informações, antes mesmo de serem remetidas ao Brasil.

Em 1956, com a eleição de Juscelino Kubitschek, dá-se início a um movimento nacionalista contra a exportação de areia monazítica que acaba induzindo a criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Com a revolução de 1964, ocorreu uma militarização do país, atingindo todos os setores da política e da economia. As atividades no campo nuclear foram aos poucos sendo dominadas pelos militares.

Em 1968, a CNEN assina um convênio com a Eletrobrás, por meio do qual caberia a Furnas (subsidiária da Eletrobrás) a construção da primeira usina nuclear, em Angra dos Reis. Em 1971, concretizou-se a compra de um reator de água pressurizada (PWR) fabricado pela Westinghouse. O contrato de compra representava uma simples aquisição de equipamento, sem nenhuma transferência de tecnologia.

A usina conhecida como Angra I acumulou uma longa história de incidentes e erros de projetos. Sua localização, nas proximidades da cidade de Angra dos Reis, cujas condições estruturais do terreno eram frágeis (local que os índios, inclusive, já denominavam de itaorna, ou Pedra Podre), devido a uma falha geológica na região.

Em 1975, no mandato de Ernesto Geisel, sob sigilo, foi assinado o acordo nuclear entre Brasil e Alemanha. Para executar as atividades do acordo foi criada a empresa estatal Nuclebrás. O governo brasileiro foi obrigado a assinar, em 1976, um termo de compromisso com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) que proibia a utilização da energia nuclear para fins bélicos.

Na primeira metade da década de 70, o país vivia o chamado milagre brasileiro, no qual militares e tecnocratas esperavam transformar o Brasil em uma potência industrial e militar. As expectativas de falta de energia gerada pelas hidrelétricas, associadas ao fato do carvão mineral e do petróleo serem importados, deixavam, como única saída a energia nuclear. A opção mais vantajosa era o uso do

reator de urânio enriquecido, pois tem maior rendimento que o urânio natural, mas a tecnologia de enriquecimento era desconhecida no Brasil.

A Alemanha concordou em transferir a tecnologia de enriquecimento pelo método de jato-centrifugação, ainda pouco desenvolvida se comparada à ultracentrifugação. As vantagens para os alemães eram mais claras do que para os brasileiros. Com o acordo, as empresas alemãs buscavam novos mercados para o setor nuclear, pois internamente, o programa nuclear alemão esbarrava na grande oposição de grupos ecologistas. Além disso, havia grande interesse alemão nas reservas de urânio no Brasil.

As metas do governo brasileiro eram extremamente ambiciosas. Estimava-se até o ano 2000 a participação de 53% de energia vinda de reatores nucleares. Um erro estratégico em se tratando um país que possuía e ainda possui um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo. Esta avaliação era sustentada pela estimativa errônea, realizada na época pela Eletrobrás, indicando que a capacidade máxima dos aproveitamentos hidrelétricos brasileiros era de 188 GW. Porém, estimativa realizada mais tarde mostrou que a capacidade era superior a 213 GW. Outras contradições surgiram principalmente nos estudos de viabilidade econômica dos projetos nucleares brasileiro. O custo inicial da construção das 8 usinas nucleares era de U\$ 10 bilhões, que mais tarde atingiu os U\$ 36 bilhões. Além disso, o custo unitário da energia nuclear seria de U\$ 400/kW, que mais tarde passou a ser de U\$ 3000/kW, enquanto que o da energia hidrelétrica, na época, era de U\$ 300/kW.

A implantação no município de Resende, em maio de 2006, da Usina de Enriquecimento de Urânio da INB (Indústrias Nucleares do Brasil), empresa estatal vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, deu o fôlego que o setor nuclear precisava para continuar a ser participante ativo do desenvolvimento do Brasil, através, especialmente, da geração de energia elétrica. A INB é uma empresa de economia mista, vinculada à Comissão Nacional de Energia Nuclear - (CNEN) e subordinada ao Ministério da Ciência e Tecnologia. A empresa responde pelo conjunto das atividades que constitui o Ciclo do Combustível Nuclear e, portanto, pela exploração do urânio, desde a mineração e o beneficiamento primário até a produção e montagem dos elementos combustíveis que acionam os reatores de usinas nucleares. Nas instalações de Resende, situado no interior do estado do Rio de Janeiro, estão localizadas as plantas do Enriquecimento Isotópico, Reconversão e Pastilhas e a unidade de Componentes e Montagem, esta última a mais antiga delas, comissionada em 1981.

#### 4.1.10 Energia geotérmica

Segundo Rabelo (2002), o calor proveniente da formação original da Terra em combinação com o movimento de placas tectônicas estabelece, em algumas regiões da crosta terrestre, fortes gradientes de temperatura. Falhas em rochas permitem que a água da superfície infiltre em formações profundas, de até vários quilômetros, retornando aquecida até a superfície na forma de geysers. Ao encontrar rochas impermeáveis em seu movimento ascendente, o fluido pode ser confinado em poros e falhas, preenchendo de 2 a 5% do volume das rochas, dando origem aos reservatórios geotérmicos.

A energia geotérmica, por ser uma das mais limpas formas de energia disponíveis atualmente em quantidade comercial e com baixa emissão atmosférica, cresce significativamente em diversas partes do mundo, trazendo benefícios ambientais e contribuindo para um menor consumo de combustíveis fósseis e nucleares. Atualmente seu uso é restringido pelo desenvolvimento de novas tecnologias e pela possibilidade de adequar as atividades produtivas às características da fonte geotérmica disponível. Na produção de energia geotérmica, poços profundos são usados para transportar água ou gás aquecido de reservatórios subterrâneos até a superfície. A energia térmica retirada do fluido pode ser usada para uso direto, entre 35° C e 148° C, em aplicações residenciais, na agricultura e na indústria e, no caso de temperaturas elevadas (300 °C ou mais), utilizada para produção de eletricidade. Entretanto, várias são as restrições de utilização desta fonte renovável de energia: a) baixo rendimento, comparado com formas convencionais de energia; b) limitação de distância entre o local de produção e o consumidor, devido a perdas de energia, no caso de consumo direto de calor; c) custo tecnológico de exploração. Este elenco de restrições tem limitado a utilização do potencial geotérmico global

Entre as possibilidades de uso desta forma de energia, dois grandes grupos se destacam: a produção de energia elétrica e o uso direto do calor com o aproveitamento de fontes de baixas temperaturas.

Para geração de energia elétrica, três sistemas são utilizados. A escolha por um desses sistemas está primeiramente condicionada à natureza da fonte geotérmica disponível no local. O primeiro, conhecido como dry steam (DS), é utilizado quando a fonte geotérmica produz diretamente vapor. Possuindo sempre temperaturas elevadas, essas fontes produtoras unicamente de vapor são, infelizmente, as mais raras e estando na sua maioria disponíveis em algumas formações de geysers. O



segundo, o Single flash (1F), é utilizado em casos onde os recursos geotérmicos produzem água com temperaturas elevadas ou uma combinação de vapor e água aquecida. O vapor deve ser separado da água para ser utilizado como propulsor de geradores elétricos. O terceiro, conhecido como binário (B), diferentemente dos outros dois, pode funcionar com fontes geotérmicas com temperaturas médias, ou até mesmo, baixas. Neste sistema, o vapor que movimenta a turbina não é o vapor geotérmico e sim um segundo fluido que circula em circuito secundário fechado. Este método de geração de energia, essencialmente, elimina qualquer uso consuntivo da água no processo, uma vez que após a troca de calor, o fluido geotérmico é ré-injetado no poço.

O potencial geotérmico não é restrito a simples reservatórios hidrotermais localizados em rochas permeáveis sobre os embasamentos cristalinos. A tecnologia conhecida como Hot Dry Rock (HDR), é uma alternativa com possibilidades de extrair grandes quantidades de calor diretamente das massas de rocha localizadas em pontos profundos da crosta, de 3000m a 6000 m de profundidade, a partir de uma grande fratura induzida no embasamento cristalino. Entretanto, sua aplicação é limitada atualmente pelos custos de perfuração, que representa aproximadamente 60% do custo total de implantação da unidade geradora. As fontes geotérmicas de baixas temperaturas (35° C a 148° C) são mais adequadas para o aproveitamento direto do calor. A água naturalmente aquecida a uma temperatura acima de 35°C pode atender a uma série de demandas do cotidiano, como: parques aquáticos, calefação de ambientes, uso doméstico de água quente e em diversos segmentos da indústria.

#### **4.1.11 Etanol**

Segundo Kohlhepp (2010), na trajetória de colonização do Brasil, a economia brasileira passou por vários ciclos econômicos: pau-brasil, cana-de-açúcar, ouro, café e borracha natural, sem falar nos ciclos mais recentes. Nos últimos 30 anos, a agricultura e o espaço rural passaram por mudanças estruturais básicas e economicamente bem-sucedidas embora problemáticas nos setores social e ecológico (Kohlhepp, 2010). Alguns componentes reforçaram a discrepância entre minifúndios, cada vez mais marginalizados e orientados para a subsistência e fazendas de agronegócio orientadas para exportação e para o mercado interno, dedicando-se principalmente ao plantio de alimentos básicos, com aumento considerável das áreas cultivadas, mecanização das culturas, sementes geneticamente modificadas, uso intensivo de agroquímicos,

aumento de produtividade e modernização do processo de comercialização. As tensões sociais no espaço rural aumentaram drasticamente nos últimos anos, fazendo aumentar a violência dos atores nos conflitos rurais.

A Orientação para a exportação de produtos agrários como a soja, o açúcar, a laranja e tradicionalmente o café, fez do Brasil um dos principais países exportadores de produtos agrícolas dentro da economia mundial globalizada. Desde 2006, o Brasil também assumiu a liderança nas exportações de carne bovina e aves.

Recentemente, os biocombustíveis ocupam o centro das atenções nacionais e internacionais em razão do patamar do preço do petróleo, da discussão mundial sobre a fragilidade da sustentabilidade de energias de origem fóssil e a inserção de energias renováveis. Biocombustíveis são produtos à base de plantas, das quais se produz o etanol por meio do álcool da cana-de-açúcar ou da beterraba ou do amido de milho, trigo, raízes e de tubérculos. O biodiesel pode também ser produzido de plantas oleosas como colza, girassol, soja, mamona e palmeira-de-dendê.

A produção de bioetanol no Brasil é liderada pela cana-de-açúcar, cuja área cultivada passa por grande expansão no momento, além das grandes plantações de soja e dos sítios de mamona para a produção do biodiesel. As áreas relevantes de plantio e de colheita da soja e da cana-de-açúcar para a produção de etanol e biodiesel tiveram uma expansão significativa nas últimas três décadas, especialmente nos últimos anos. Pelo aumento adicional da produtividade, as colheitas alcançaram valores recordes.

O Brasil iniciou em 1975, depois da primeira crise do preço do petróleo, o Programa Proálcool com o objetivo de diminuir a dependência das importações do petróleo. Entretanto, desde o ano de 2006, o Brasil passou a ser autossuficiente no abastecimento de petróleo. Mesmo assim, o Brasil vem ampliando a produção de biocombustíveis, diminuindo sua dependência de combustíveis fósseis e reforçando sua matriz energética com energias renováveis. Além disso, o etanol já se tornou um bom negócio, com tecnologia e logística consolidada. O Brasil apresenta condições naturais extremamente favoráveis para a produção de biocombustíveis e certamente será, no futuro, líder de etanol no mercado internacional. Desenvolvimentos recentes no setor de biocombustíveis mostram que o Brasil passa por um processo de transformação, com conseqüências econômicas e políticas que podem levar a mudanças sociais, socioculturais e ecológicas (Kohlhepp, 2010).

Recente trabalho publicado por Milanez (2012) retrata que, o mercado brasileiro de etanol vem apresentando um crescente descompasso entre a oferta efetiva e a demanda potencial, desde 2008. Pelo lado da demanda, as vendas de automóveis flex, segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), aumentaram 11% ao ano entre 2008 e 2010. Estas vendas alcançaram a marca histórica de aproximadamente 2,9 milhões de unidades em 2010. Como consequência, a frota de veículos flex em circulação já alcança a incrível marca dos 12 milhões de unidades, com participação estimada de 43% na frota total de veículos leves [MME (2011)]. Enquanto isto, a oferta de etanol ficou praticamente estagnada no mesmo período. Em 2008, foram produzidos 27,1 bilhões de litros do produto, enquanto que, em 2010 foram produzidos 27,9 bilhões de litros, o que representou um crescimento de apenas 1,5% a.a. [EPE (2011)]. Quadro que contrasta com o do período imediatamente anterior, quando a produção de etanol aumentou 13% ao ano no período 2003 e 2008.

Esse descompasso entre oferta e demanda trouxe como consequência o crescimento dos preços do etanol. Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), houve aumento de 27% dos preços médios de venda do anidro e do hidratado pelas usinas entre as safras 2009 e 2011.

Esse descompasso tem acarretado outros problemas, especialmente alguns que dizem respeito à balança comercial brasileira. Na entressafra de 2010-2011, houve importação de mais de quatrocentos milhões de litros de etanol para garantir o abastecimento do mercado doméstico.

Cenário completamente oposto ao verificado em 2008, quando o Brasil exportou cerca de cinco bilhões de litros de etanol, segundo dados da MDIC/Secex. Além disso, em razão do aumento do preço do etanol hidratado, muitos consumidores passaram a optar pelo uso da gasolina, cujo preço era relativamente estável. Em 2011, a demanda por determinados derivados de petróleo superou a capacidade nacional de refino, o que levou o Brasil a importar também gasolina.

Este descompasso entre a oferta e demanda de Etanol irá, nos próximos anos, exercer forte pressão no aumento de sua oferta.

A matriz energética do Brasil apresentou, em 2012, uma participação de 46,4% de energias renováveis. Da cana-de-açúcar são produzidos 16,0%; a energia hidráulica fornece 14,8%; e a lenha,

12,5%. Das energias fósseis, há a participação de 36,7% de petróleo; 9,3% de gás (BEN, 2012).

#### 4.1.12 Resíduos orgânicos

Segundo Deganutti et al.(2002), a partir da crise do petróleo da década de 70, as economias das nações que dependiam desse energético passaram a buscar alternativas de sua substituição. No Brasil não foi diferente e, dentre as fontes substitutivas do petróleo foram pesquisados o álcool, xisto, metanol, etc. O aproveitamento de resíduos orgânicos, tanto urbano como rural, também se apresentam como alternativas bastante interessantes do ponto de vista econômico e ambiental.

No ano de 2010, o percentual de municípios mineiros com uma população urbana superior a 100 mil habitantes perfazia apenas 3,2%, compreendendo uma população de 8.130.843 habitantes (48,7% da população urbana do Estado). Além disso, cerca de 50% dos municípios possuía menos de 5.000 habitantes. (TABELA 14).

**Tabela 14** - Distribuição das Sedes Municipais no Estado de Minas Gerais, segundo tamanho da População Urbana.

Sedes Municipais (hab.)	Número de sedes		População urbana (hab.)	
	Absoluto	%	Absoluto	%
Mais de 500 mil	4	0,5	4.072.325	24,4
100 a 500 mil	23	2,7	4.058.518	24,3
50 a 100 mil	30	3,5	2.171.655	13
20 a 50 mil	72	8,4	2.256.396	13,5
10 a 20 mil	128	15,1	1.785.156	10,7
5 a 10 mil	176	20,6	1.224.712	7,3
Menos de 5 mil	420	49,2	1.144.892	6,8
Total	853	100	16.713.654	100

**Fonte:** Adaptado de IBGE (2011)

Pelos quantitativos da tabela, uma população de 16,7 milhões com um valor médio de 0,80 Kg/hab/dia gerariam 13,4 mil toneladas por dia de RSU. Utilizando-se o poder calorífico inferior da matéria orgânica teríamos no entorno de 52,4 x 10<sup>12</sup> kcal por dia. Se considerarmos somente os municípios com mais de 100 mil habitantes que representam 10,2 milhões (61,7%) teremos disponíveis 35,4 x 10<sup>12</sup>

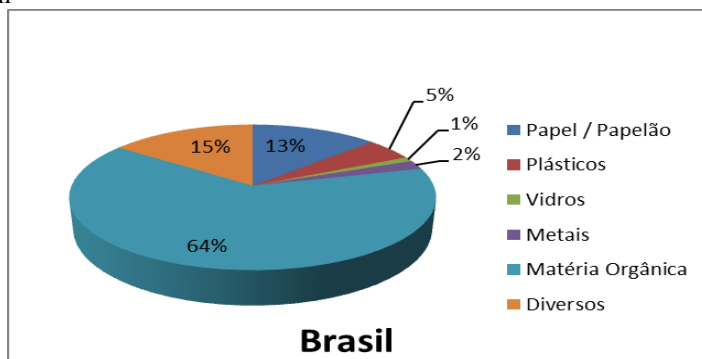
kcal por dia. Quantitativo bastante significativo que poderiam ser utilizados com grandes vantagens ambientais tornando a matriz Energética do Estado com percentuais de energias renováveis ainda maiores.

Especial atenção deve ser dada aos resíduos sólidos urbanos, não só pelo seus quantitativos, mas também pela sua problemática ambiental nas metrópoles.

Atualmente, as principais tecnologias de tratamento térmico de resíduos, com aproveitamento energético, são a incineração, a pirólise, a gaseificação, o plasma e o coprocessamento em forno de clínquer.

A figura 10 apresenta a composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.

**Figura 10** - Composição Gravimétrica dos Resíduos Orgânicos Urbanos no Brasil



**Fonte:** Cemig GT e FEAM (2011)

Segundo o encarte “Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais” – FEAM, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são os resíduos domiciliares e aqueles procedentes de limpeza urbana. A quantidade gerada de RSU varia com os hábitos e costumes da sociedade local, e suas estimativas de geração per capita estratificadas pelo número de habitantes das localidades, podem ser visualizadas na Tabela 15.

**Tabela 15** - Geração Média per capita de Resíduos Sólidos no Brasil

<b>Tamanho da cidade</b>	<b>População urbana</b>	<b>Geração per</b>
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	30 mil a 500 mil	0,50 a 0,80
Grande	500 mil a 5 milhões	0,80 a 1,00
Megalópole	>5 milhões	>1,00

**Fonte:** CEMIG GT e FEAM (2010).

As principais tecnologias de tratamento térmico de resíduos, com aproveitamento energético, são:

#### *4.1.12.1 Incineração*

A incineração é um processo de combustão controlada que tem como princípio básico a reação do oxigênio com componentes combustíveis presentes no resíduo, como carbono, hidrogênio e enxofre, e em temperaturas superiores a 800 °C, convertendo sua energia química em calor. O processo de combustão realiza-se em forno de incineração. O forno é composto basicamente de câmara de combustão – onde ocorre o processo de queima controlada – e câmara de pós-combustão – onde se completa a queima controlada de CO e substâncias orgânicas contidas nos gases procedentes da câmara de combustão. Os fornos de incineração podem ter diversas configurações, como: Combustão em grelha, Leitos fluidizados do tipo circulante ou borbulhante, Câmaras múltiplas e Forno rotativo (CEMPRE, 2010).

Existe uma planta experimental, denominada USINAVERDE, no campus da UFRJ da Ilha do Fundão, no município Rio de Janeiro. O objetivo desta planta é desenvolver a tecnologia de tratamento térmico de RSU com produção de energia elétrica. A planta tem capacidade para incinerar 30 t/dia de RSU e a termelétrica possui potência de 750 kW. A USINAVERDE permite atender as necessidades de disposição final de resíduos de cerca de 180 mil habitantes (ENGEPIO, 2010).

#### *4.1.12.2 Pirólise*

A pirólise é um processo de decomposição térmica, por fonte externa de calor, que converte a matéria orgânica em diversos

subprodutos na ausência de oxigênio. O fracionamento das substâncias orgânicas ocorre gradualmente à medida que estas passam pelas diversas zonas de calor de um reator vertical ou horizontal: na zona de secagem, na primeira parte do reator, perde a umidade e na zona pirolítica propriamente dita (300 °C a 1.600 °C), ocorrem os processos de volatilização, oxidação e fusão, resultando em:

- Gases não condensáveis, compostos principalmente por nitrogênio e gás de síntese (Syngas: gás sintético, composto basicamente por uma mistura de dióxido de carbono, hidrocarbonetos -  $C_nH_m$ );
- Líquido pirolenhoso, obtido pela condensação de gases que se desprendem durante o processo, com baixo teor de enxofre, composto por ácido pirolenhoso (ácido acético, metanol, alcatrão solúvel e outros vários compostos em menor quantidade) e alcatrão insolúvel;
- Resíduo sólido, constituído por carbono quase puro e ainda, pelos materiais inertes (escória presentes no RSU processado, principalmente, por vidros, metais (LIMA, 1995).

Foi instalada uma planta comercial de pirólise de RSU, na modalidade carbonização, no município de Unaí/MG, projetada para o recebimento e processamento nominal em batelada de 3 t/h de RSU, em 3 turnos, perfazendo 72 t/dia, operando continuamente durante o ano. Os principais produtos serão briquetes de carvão, originários da carbonização do lixo, e a energia elétrica, a ser produzida na termelétrica, que utilizará os briquetes como combustíveis. Os briquetes de carvão também serão utilizados para o aquecimento externo do forno horizontal de pirólise (LIMA, 2010).

#### *4.1.12.3 Gaseificação*

A gaseificação é o processo de reação de carbono com o vapor para produzir hidrogênio e monóxido de carbono. A matéria-prima sólida ou líquida é convertida em gás por meio de oxidação parcial, sob a aplicação de calor (ENGEBIO, 2010). A gaseificação é um processo termoquímico de decomposição da matéria orgânica, sendo a técnica mais comum a oxidação parcial utilizando um agente de gaseificação (oxigênio, ar ou vapor quente), para a produção de syngas cujos

principais componentes são monóxido de carbono e hidrogênio e, em menores proporções, contêm também dióxido de carbono, metano, hidrocarbonetos leves, nitrogênio e vapor de água em diferentes proporções. O gás produzido a partir da gaseificação de biomassa tem várias aplicações práticas como: gerar energia mecânica e elétrica, gerar diretamente calor, ou como matéria-prima para obter combustíveis líquidos — como hidrocarbonetos combustíveis sintéticos (diesel e gasolina), metanol, etanol e, através de processos de síntese química catalítica, produtos químicos. Os gaseificadores são recipientes revestidos com material refratário e o processo ocorre a temperaturas de aproximadamente 850° C sob condição de pressão atmosférica (BRAND, 2010). Os gaseificadores para a produção de syngas normalmente tem custos mais elevados, pois o gás deve ser mais limpo, com baixos teores de alcatrão e pirolenhosos, exigindo unidades especiais de limpeza (BRAND, 2010). A grande maioria dos gaseificadores em comercialização ou em fase de desenvolvimento atualmente pode ser enquadrada em leito fixo e leito fluidizado (CENBIO, 2002).

#### *4.1.12.4 Metanização*

Segundo Deganutti et al. (2002), uma das opções para a produção de energia, a baixo custo que vem apresentando resultados favoráveis, com tecnologia consolidada e já difundido em vários países é o biogás. Apesar de ser uma tecnologia conhecida a muito tempo, só mais recentemente os processos de obtenção de biogás vêm se desenvolvendo tendo como objetivo sua utilização como energético. Os estudos relativos ao seu aproveitamento foram intensificados a partir de 1976.

O biogás basicamente é composto de uma mistura de gases contendo principalmente metano e dióxido de carbono, encontrando-se ainda em menores proporções gás sulfídrico e nitrogênio. A formação do biogás é comum na natureza podendo ser encontrada em pântanos, lamas escuras, locais onde a celulose sofre naturalmente a decomposição. O biogás é um produto resultante da fermentação, na ausência do ar, de dejetos animais, resíduos vegetais e de lixo orgânico industrial ou residencial, em condições adequadas de umidade. A reação desta natureza é denominada digestão anaeróbica. O principal elemento do biogás é o metano representando cerca de 60 a 80% na composição do total de mistura, dependendo das particularidades do reator e dos insumos. O metano é um gás incolor, altamente combustível, queimado



com chama azul lilás, sem deixar fuligem e com um mínimo de poluição. Em função da porcentagem com que o metano participa na composição do biogás, o poder calorífico deste pode variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, podendo chegar a 12.000 kcal por metro cúbico desde que eliminado todo o gás carbônico da mistura. Traduzindo em termos práticos, apresentamos uma relação comparativa de equivalência de 1 metro cúbico de biogás com os combustíveis usuais.

1 m<sup>3</sup> de biogás corresponde a:  
0,61 litros de gasolina  
0,57 litros de querosene  
0,55 litros de óleo diesel  
0,45 kg de gás liquefeito  
0,79 litros de álcool combustível  
1,538 kg de lenha  
1,428 kwh de energia elétrica

A produção de biogás é possível com a utilização de um equipamento denominado biodigestor. O biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa, onde sofre decomposição, gerando o biogás que irá se acumular na parte superior da referida câmara.

A decomposição que o material sofre no interior do biodigestor, com a conseqüente geração de biogás, chama-se digestão anaeróbica. Com base nos consumos médios de biogás das diversas utilidades que se deseja instalar em uma propriedade, podemos determinar o volume de biogás diário suficiente para suprir as necessidades da propriedade.

Existe, atualmente, uma gama muito grande de modelos de biodigestores, sendo cada um adaptado a uma realidade e uma necessidade de biogás. São grandes as possibilidades de gerar energia no meio rural e urbano. A idéia da produção de biogás nas propriedades rurais, indiferentemente de suas dimensões, em última análise, se associa ao atingimento de um quádruplo objetivo, ou seja:

a) Proporcionar maior conforto ao rurícola permitindo-lhe dispor de um combustível prático e barato que tanto poderá ser usado para fins de calefação e iluminação, como ainda para acionar pequenos motores estacionários de combustão interna;

b) Contribuir para a economia do consumo de petróleo, pois o biogás é um combustível proveniente de fontes alternativas;

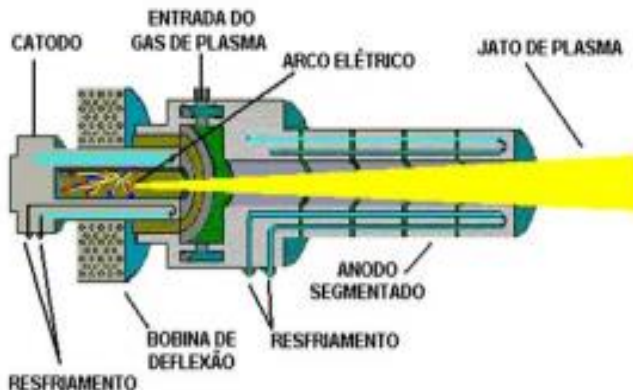
c) Produzir biofertilizante que é um resíduo rico em húmus e nutrientes, utilizado na fertilização do solo, para aumentar a produtividade dos cultivos face ao seu baixo custo de obtenção;

d) Contribuir para a preservação do meio ambiente pela produção de biogás, o que consiste na reciclagem de dejetos e resíduos orgânicos poluentes (DEGANUTTI et. al.,2002).

#### 4.1.12.5 Plasma

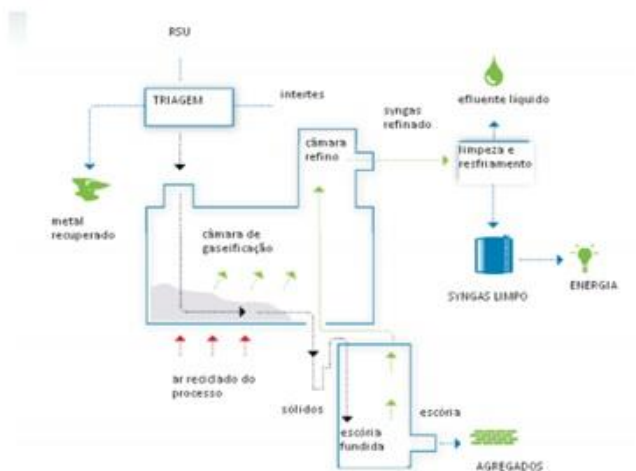
O plasma, conhecido como “o quarto estado da matéria”, é um gás ionizado, com boa condutividade elétrica e alta viscosidade, gerado pela dissociação das moléculas de qualquer gás devido à perda de parte dos elétrons quando a temperatura de aquecimento atinge 3.000 °C. A tocha de plasma gera, de maneira controlada, o jato de plasma, no qual ocorre a formação de um arco voltaico, através da passagem de corrente entre o cátodo e ânodo, provocando a ionização do gás injetado pelo seu aquecimento a temperaturas extremamente elevadas, variando de 5.000 °C a 50.000 °C de acordo com as condições de geração, mas tipicamente da ordem de 15.000 °C (ENGEBIO, 2010). Ver figura 11 e 12.

**Figura 11** - Tocha Plasma



Fonte: FEAM (2012).

**Figura 12** - Fluxograma esquemático de uma instalação com o processo Plasma Gaseificação

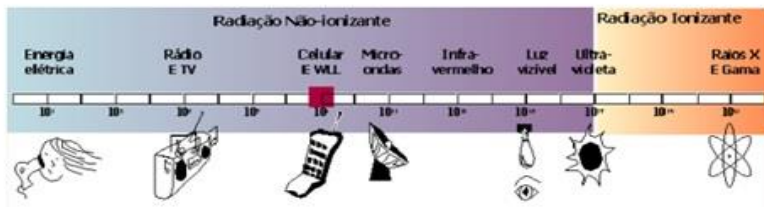


**Fonte:** FEAM (2012).

#### 4.1.12.6 Microondas

As microondas são radiações eletromagnéticas produzidas por osciladores eletrônicos com comprimentos de onda que variam de 0,001 m até cerca de 1 m, correspondendo às frequências de 300 GHz a 0,300 GHz (CEPSRM, 2011), sendo mais comum, por exemplo, em fornos de microondas caseiros, a frequência de 2,45 GHz e uma potência elétrica nominal de 600 a 700 W (PEREIRA FILHO, 1999, p. 4). São classificadas como radiação não ionizante e seus efeitos são estritamente térmicos, portanto, não alteram a estrutura molecular do item que está sendo irradiado. Na Figura 13 está mostrado o espectro de frequência em que se encontram as microondas.

**Figura 13** - Faixas de frequência de Radiações Eletromagnéticas (Hertz)



Fonte: FEAM (2012).

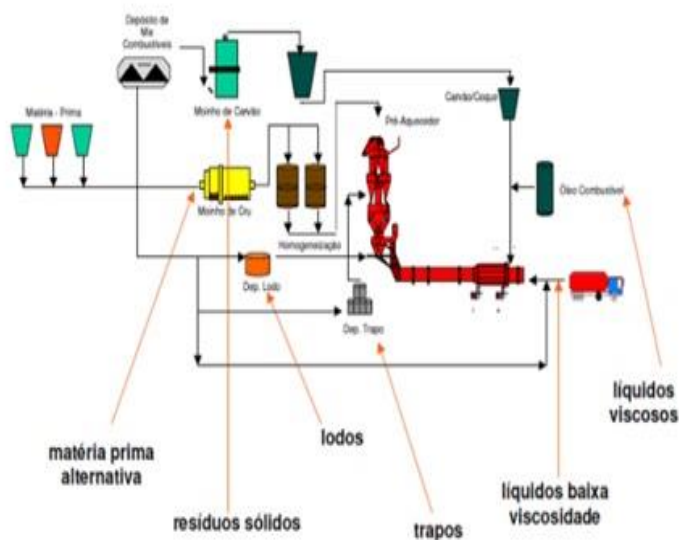
As microondas carregam energia que interage com moléculas polares e utilizam do fenômeno da ressonância, para geração do calor. Os metais têm a capacidade de refletir as microondas, enquanto materiais como vidro, porcelanas e papéis são transparentes para o espectro de frequência das microondas. O ar e os vasilhames colocados no interior da câmara de cozimento se aquecem apenas por condução ou convecção do material aquecido. A tecnologia microondas é relativamente recente no tratamento de resíduos, em especial os resíduos de serviços de saúde, e consiste na descontaminação dos resíduos a uma temperatura elevada (entre 95 °C e 105 °C). Após processados, os resíduos tratados devem ser encaminhados para aterro sanitário (ANVISA, 2006).

#### 4.1.12.7 Coprocessamento

O coprocessamento é realizado através da produção do clínquer, sendo que alguns resíduos aportam energia térmica ao processo, enquanto outros configuram a substituição de matéria-prima. No Brasil, o percentual médio de substituição de combustíveis e matérias-primas é de 15% (SNIC, 2010). Os principais resíduos coprocessados são: borrachas, pneus e emborrachados, resíduos de biomassa, ceras, substâncias oleosas, lodo de Estação de Tratamento de Efluentes, resinas, colas e látex, catalisadores usados, madeira e terra contaminadas, solventes (PUC, 2010). A fabricação do cimento Portland comum (CPI), processo via seca, consiste, de forma sucinta, na preparação da “farinha crua” pela homogeneização das matérias primas – calcário (carbonato de cálcio) e argila (silicatos complexos), usualmente nas proporções de 85% e 15%, respectivamente, e adição de areia para correção dos teores de sílica, bauxita e minério de ferro –

moídos para obtenção da granulometria desejada, seguida da calcinação em um forno rotativo – forno de clínquer – onde a chama e o material atingem, respectivamente, as temperaturas de cerca de 2.000 °C e 1.500 °C. (SIGNORETTI, 2008). A figura 14 mostra o fluxograma do processo.

**Figura 14** - Fluxograma do Processo e respectivos pontos de entrada de Resíduos.



**Fonte:** Adaptado de PUC RIO (2010)

O RSU somente será aceito para coprocessamento em fornos de clínquer, se atender as exigências da legislação ambiental (Resolução CONAMA n.264/1999 e Deliberação Normativa COPAM n. 154/2010) e se tiver a finalidade de aporte de energia térmica ou substituição de matéria-prima e insumos quanto aos elementos cálcio, silício, alumínio, ferro, flúor, enxofre, potássio e sódio. Além disso, as cinzas produzidas incorporadas ao clínquer não poderão afetar a qualidade do cimento a ser comercializado. Essas legislações proíbem o coprocessamento de resíduos domiciliares brutos, dos serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.

#### 4.1.12.8 Biogás de Aterro Sanitário

Conforme a FEAM (2012), o aterro sanitário é uma técnica de aterramento dos RSU e, deve funcionar de modo a fornecer proteção ao meio ambiente, evitando a contaminação das águas subterrâneas pelo chorume, além do acúmulo do biogás gerado pela decomposição da matéria orgânica em seu interior.

O aterro apresenta como principais características técnicas:

- Impermeabilização da base do aterro;
- Sistema de drenos que permite a saída do biogás;
- Sistema de coleta de chorume;
- Sistema de drenagem de águas pluviais.

O chorume deve ser previamente tratado antes de seu lançamento em corpo receptor, podendo a unidade de tratamento localizar-se na área do aterro ou não.

O biogás pode ser queimado na atmosfera ou ter aproveitamento energético. A maioria dos aterros utiliza o sistema de drenos abertos, onde é mantida acesa uma chama para queima imediata do biogás que vai sendo naturalmente drenado. Esse sistema apresenta uma baixa eficiência e estima-se que apenas 20% do biogás sejam efetivamente destruídos pela queima. O restante é emitido para a atmosfera.

No município de Belo Horizonte foi instalada uma central de aproveitamento energético de biogás no antigo aterro sanitário da BR 040, sendo a energia gerada comprada e distribuída na rede da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG. Desativado desde 2007, o antigo aterro recebia cerca de 4 mil toneladas de resíduos por dia, tendo sido fechado com 25 milhões de toneladas aterradas. O biogás coletado é utilizado como combustível em três motores com capacidade de geração de 1,426 MW cada, totalizando 4,278 MW, suficiente para abastecer cerca de 20 mil residências de baixo consumo (inferior a 100 kWh/mês) (FEAM, 2012).

#### 4.1.13 Biodiesel

Segundo Cartilha do SEBRAE, o biodiesel é um combustível obtido a partir de matérias-primas vegetais ou animais. As matérias-primas vegetais são derivadas de óleos vegetais, tais como soja, mamona, colza (canola), palma (dendê), girassol, pinhão manso e

amendoim, entre outros. As de origem animal podem ser obtidas do sebo bovino, suíno e de aves.

Esse combustível é utilizado em substituição ao óleo diesel, em percentuais adicionados no óleo diesel ou integral, nos motores à combustão interna dos transportes rodoviários, ferroviários e aquaviários e nos motores utilizados para a geração de energia elétrica. O biodiesel compõe, junto com o etanol, importante oferta para o segmento de combustíveis. Ambos são classificados de biocombustíveis por derivarem de biomassa e por serem menos poluentes e renováveis.

O biodiesel, um dos biocombustíveis produzidos a partir de fontes renováveis, desponta-se como fonte energética para uso nos transportes e na geração de energia elétrica, com menor grau de poluição e menor impacto ambiental.

Os principais países produtores e consumidores de Biodiesel são os países europeus, principalmente, a Alemanha, França e Itália, com grandes subsídios para incentivar as plantações de cultivares agrícolas em áreas não exploradas, mais isenção de 90% nos impostos. Estes países possuem legislações aprovadas que estimulam o uso do biodiesel em substituição ao óleo de petróleo num percentual de 5%. Nos Estados Unidos, também, os produtores usufruem de benefícios tarifários e creditícios, em função da necessidade de dar vazão aos estoques extras de óleo de soja em vários estados, ajudando a equalizar o excesso de oferta agrícola para alimentação animal e humano (PAULILLO et. al., 2006). A situação em que se encontra hoje a cadeia do álcool pode ser discutida a partir dos interesses que envolveram o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), em que a pressão de diferentes agentes veio a constituir lobbies para defesa de interesses (ALVES, 2002). Criou-se assim, mecanismos de subvenção como o estabelecimento de quotas de produção, fixação de preços e, até a concessão de subsídios e o do paradigma tecnológico, em que importa é a minimização dos custos, o desenvolvimento de novas tecnologias e o aproveitamento de subprodutos como forma de definir competitividade concorrencial. (SHIKIDA, 1997)

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) foi elaborado através de uma parceria entre o poder público, instituído por Decreto pelo Presidente da República, e associações empresariais, como a ANFAVEA e a Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE). Para implantar o PNPB, o Poder Executivo enviou ao Congresso Nacional dois instrumentos legais. O primeiro (Medida Provisória nº 214) dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, definindo o termo "biodiesel" e conferindo à

Agência Nacional do Petróleo (ANP) responsabilidades de regulação, contratação e fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria dos combustíveis renováveis (incluindo o biodiesel). É importante salientar que não foi definida a obrigatoriedade da adição de biodiesel ao óleo diesel, apenas informado acerca da autorização da mistura de 2% de biodiesel ao óleo diesel. De fato, a MP 214/04 deixou de trazer instrumentos para incentivar a produção de biodiesel e gerar benefícios sociais a uma parcela significativa da população brasileira.

A obrigação legal de adição de pelo menos 2% de biodiesel seria facilmente justificável do ponto de vista social, técnico, ambiental e econômico. Mesmo admitindo-se um custo de produção do biodiesel maior que o óleo diesel de petróleo, o aumento final para o consumidor seria insignificante para obter-se um "óleo aditivado". Além disso, o principal motivo dessa obrigatoriedade seria o avanço do PNPB.

A produção brasileira de biodiesel ainda é incipiente, ou seja, está em estágio embrionário, sendo fortemente baseada em experiências com plantas-piloto. São poucas as unidades que tiveram capacidade de produção autorizada pela ANP.

A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP é a entidade que abriga o Polo Nacional de Biocombustíveis no Brasil, e que tem a função de analisar os sistemas de produção de variedades que podem ser usadas na fabricação de combustíveis renováveis. Segundo dados da ABIOVE, apenas o excedente do óleo de soja já supera a quantidade necessária para a adição de 2% de biodiesel no combustível mais consumido no país (PAULILLO et. al., 2006).

Em cada estado e região do Brasil está sendo avaliado pelo MAPA o desenvolvimento das cadeias produtivas de diferentes óleos vegetais. Para a região Norte: dendê, babaçu, soja e gordura animal; para o Nordeste: babaçu, soja, mamona, dendê, algodão, coco, gordura animal e óleo de peixe; para o Sul: soja, colza, girassol, algodão, gordura animal e óleos de peixes; e, para o Sudeste: soja, mamona, algodão, girassol, gordura animal e óleos de peixes.

O caso do biodiesel trata-se, conforme já salientado, de um agroenergético ainda em estágio embrionário no Brasil. Contudo, são vários os estudos de viabilidade técnica que estão em andamento no país, a fim de descobrir quais são as oleaginosas mais eficientes para a produção em larga escala.

Para viabilizar o programa do biodiesel nos moldes como foi proposto, focado na agricultura familiar, especial atenção deverá ser dada aos mecanismos de distribuição e comercialização do produto.



Além disso, o programa tem que ser aprofundado, com o apoio do BNDES para financiamentos e da ANP para a realização de leilões, além de políticas públicas que possam resultar na promoção da gestão integrada da agricultura familiar, isto é, garantindo mercado para estes produtores.

#### **4.1.14 Energia maremotriz**

Desde os primórdios os homens sabem que a lua tem alguma relação com as marés. Mesmo antes do ano 100 a.c., o naturalista romano Plínio escreveu sobre a influência da lua nas marés. Mas as leis físicas desse fenômeno só foram estudadas pelo cientista inglês Isaac Newton que descobriu a lei da gravitação no século XVII (DANDOLINI, 2000).

As marés são oscilações rítmicas do nível do mar, causadas pela atração gravitacional do sol e da lua e rotação da Terra, e eventualmente, por eventos meteorológicos. A onda de maré carrega consigo grande quantidade de energia, sendo potencialmente uma fonte energia para as atividades humanas (FERREIRA, 2007, p.14).

As massas oceânicas que estão mais próximas da lua sofrem, pelo efeito gravitacional, uma alteração de intensidade significativamente superior às massas oceânicas mais afastadas da lua. É esse diferencial que provoca as alterações da altura das massas de água à superfície da Terra (DANDOLINI, 2000).

O aproveitamento do comprovado potencial energético dos oceanos configura, atualmente, uma possibilidade promissora para produzir energia limpa e sem aparentes impactos ao meio ambiente.

“Marés, ondas e correntes marinhas são recursos renováveis cujo aproveitamento para a geração de eletricidade registra significativos avanços tecnológicos, encontrando respaldo nos princípios de acessibilidade, disponibilidade e aceitabilidade, propalados pelo Conselho Mundial de Energia (WEC, 2004) para o desenvolvimento de alternativas energéticas (FERREIRA, 2007, p.22). A conversão de energia para as atividades humanas configura-se em uma das mais importantes buscas ao longo da história. As tecnologias associadas à conversão e à utilização de energia têm marcado profundamente a

evolução das sociedades.” (FERREIRA, 2007, p.17).

Dentre as conseqüências ambientais do processo de industrialização e do progressivo consumo de combustíveis fósseis, principalmente, para produzir energia, destaca-se o aumento da contaminação do ar por gases e material particulado, provenientes justamente da queima desses combustíveis, gerando uma série de impactos locais deteriorando a qualidade da saúde humana. A matriz energética mundial é marcada pela utilização bastante acentuada de fontes não renováveis. A larga aceitação dos combustíveis fósseis em detrimento de outras fontes pode ser explicada pelo seu baixo preço praticado no mercado. Esse motivo, também, configura-se em um obstáculo para o desenvolvimento das tecnologias renováveis, uma vez que, não considerando seus aspectos ambientais positivos, estes não alcançam competitividade econômica (FERREIRA, 2007, p. 22).

Um grande problema desses combustíveis é que eles são finitos. Se pensarmos em civilização humana, eles não são sustentáveis ao longo do tempo, à medida que se esgotarão em um futuro próximo, por mais que sejam abundantes pelas teorias abiogênicas. Por isso o interesse em energias renováveis é sempre crescente.

“De acordo com o Conselho Mundial de Energia (WEC), 1,6 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a uma energia moderna e comercial. A maior parte dessas pessoas vive em zonas rurais e comunidades isoladas de países em desenvolvimento, nas quais as perspectivas sociais e econômicas são extremamente reduzidas em função da carência de energia. As energias renováveis podem constituir-se em um vetor de desenvolvimento nessas regiões onde inexistem infra-estruturas adequadas, entretanto, possuem fontes naturais evidentes para a produção de energia alternativa. Dessa forma, a democratização do acesso à energia elétrica e a diversificação da matriz energética podem ser alcançadas através da aplicação de tecnologias de energia renovável”. (FERREIRA, 2007, p. 22).

As energias solar, eólica, hidráulica e do mar são fontes alternativas, renováveis e limpas, ou seja, não se esgotam e não

produzem resíduos ou emissões ao ambiente. Todas elas têm origem na radiação solar, havendo concentração dessas energias nos processos de formação dos ventos, ondas, correntes e do ciclo hidrológico (FERREIRA, 2007, p. 26). Uma das principais vantagens resultantes de sua utilização é o fato de poderem ser exploradas localmente. O consumo de combustíveis fósseis cresceu muito no último século e deverá crescer em ritmo acelerado no curto/médio prazo. Como consequência, duas questões importantes devem ser colocadas, uma relacionada ao aumento dos impactos ambientais e a outra diz respeito ao esgotamento dessas fontes.

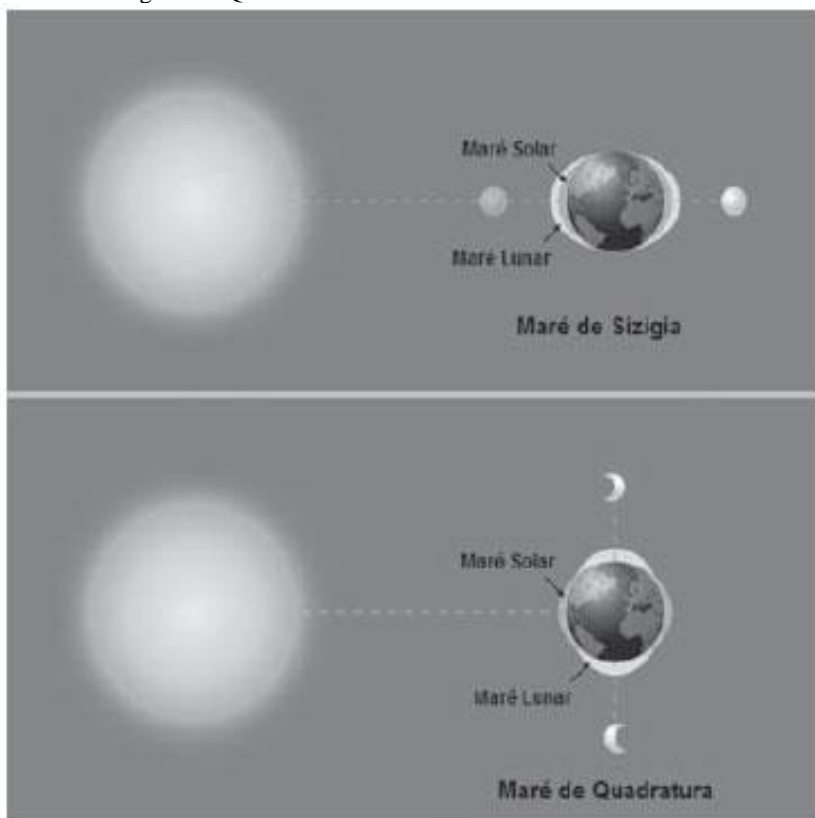
As primeiras civilizações utilizavam a tração humana ou animal para realizar trabalho em pequenas atividades como o cultivo da terra, a irrigação, a moagem e o transporte de grãos. Cabe ressaltar que a energia despendida em trabalhos executados por homens ou animais, era limitada a 400 W no caso dos homens e 2.000 W no de animais (SORESEN, 2004). Durante as revoluções industriais, outras fontes de energia foram incorporadas, ocasionando extraordinário desenvolvimento nos processos produtivos. (FERREIRA, 2007, p.25).

As tecnologias para o aproveitamento da energia hidráulica inspiraram-se na irrigação. Desde o século II a.c., há constatações de moinhos movidos a água tanto no Ocidente como na China. Em 100 a.c., Vitruvius instalou várias rodas d'água rudimentares para acionamento de alguns dispositivos mecânicos. Em sua obra, "De Architectura", já existiam referências sobre moinhos acionados pelo efeito das marés (FERREIRA, 2007, p. 23).

O funcionamento dos moinhos de maré consistia no represamento da água durante a enchente para ser liberada durante a vazante, sendo a roda de água acionada pela passagem do fluxo de água (Ferreira, 2007, p.23). Recentemente, a energia das marés vem sendo utilizada para a produção de energia elétrica em grandes escalas e com maior eficiência (FERREIRA, 2007, p. 25).

A figura 15 mostra a representação dos fenômenos astronômicos que dão origem as marés.

**Figura 15** - Representação dos Fenômenos Astronômicos que dão origem as Marés de Sizígia e de Quadratura.



**Fonte:** Ferreira (2007).

Enquanto a maré está subindo, a comporta é aberta permitindo a entrada de água no reservatório. Quando a maré começa a baixar, as comportas são fechadas e a água armazenada encontra-se no mesmo nível alcançado pela preamar. Assim que o nível da maré está abaixo da roda d'água, o moinho começa operar pela passagem do fluxo de água que faz girar as pás da roda (FERREIRA, 2007, p.23).

A exploração dos estuários para obtenção de energia das marés através da construção de barragem é bem mais recente. O primeiro projeto de uma barragem sobre o estuário do rio Severn, Reino Unido, data de 1849 e a implantação de uma usina maremotriz por parte do

império britânico aconteceu em 1920. Nas décadas de 1920 e 30, diversos esforços conceituais para a extração de energia maremotriz em estuários foram propostos no Reino Unido, na França e nos EUA (Ferreira, 2007, p. 25). Após anos de pesquisas, em 1966, foi construída a Usina de La Rance, na região da Bretanha - França, primeira usina maremotriz de grande porte para fins comerciais. (FERREIRA, 2007, p. 26).

#### *4.1.14.1 Ondas*

Conforme Silva (2012), no caso das ondas, a energia é proporcional à amplitude e período, sendo o recurso até certo ponto estável, previsível, e consideravelmente imune aos efeitos do clima local e com variação horária pequena. Existem três variações de tipos de dispositivos de conversão de energia das ondas, baseadas na distância de instalação da costa: onshore, nearshore e offshore. O dispositivo mais conhecido para esse tipo de geração é o offshore Pelamis. São flutuadores articulados, cujas articulações são módulos de potência para geração de energia elétrica. Cada Pelamis é preso à proa por amarras e conectado por um cabo umbilical que lhe permite certa rotação e interliga os dispositivos vizinhos, que formam verdadeiros parques de ondas. A passagem das ondas obriga as articulações se movimentarem, os módulos de potência resistem aos movimentos relativos dos flutuadores, retirando dessa forma energia. Um parque de ondas com dispositivos Pelamis pode ser visto na Figura 16.

**Figura 16** - Pelamis em Parque de Ondas

**Fonte:** Bonetti (2012).

#### 4.1.14.2 *Correntes Marítimas*

Outra possibilidade de menor impacto ambiental é a utilização da energia das correntes marítimas, presentes em todos os oceanos do planeta. As correntes marítimas são deslocamentos de grandes massas de água e possuem direções e periodicidades bem definidas. A origem desses deslocamentos se deve a ação dos ventos na superfície, do gradiente de temperatura e do movimento de rotação da Terra. Essas correntes de água possuem grande quantidade de energia cinética. E como a densidade da água é aproximadamente 800 vezes maior do que o ar, a energia gerada pelas correntes marítimas é bem maior do que a gerada por parques eólicos (ELGHALI, et.al.,2007). Além do fato das correntes serem bem mais previsíveis do que os ventos, característica extremamente valiosa em se tratando de fontes de energia. A energia dessas massas de água pode ser extraída de modo muito similar ao feito em dispositivos eólicos, através de sistemas modulares de turbinas colocados diretamente no leito do mar, como mostrado na Figura 17.

**Figura 17** - Ilustração de uma Turbina utilizada para conversão da Energia Cinética das Correntes de Maré em eletricidade



**Fonte:** Bonetti (2012).

#### 4.2 - INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Segundo Freire et. al. (2011), a nanotecnologia vem revolucionando o mundo científico e tecnológico nos últimos 20 anos, cujo objeto de estudo envolve a criação e construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos. Atualmente, diversas técnicas e ferramentas estão em desenvolvimento com o objetivo de promover e amplificar a capacidade de manipular átomos e moléculas nas quantidades e combinações desejadas (SILVA, 2011). Neste contexto, as nanoestruturas de carbono vêm revelando diversas aplicações e tem desempenhado um papel significativo na ciência dos nanomateriais, devido à diversidade de suas formas estruturais e propriedades peculiares (KHOLMANOV, et al., 2010).

O termo grafeno foi usado pela primeira vez em 1987. O conceito é conhecido desde 1947, mas existia apenas como teoria, pois se acreditava que uma estrutura bidimensional não poderia existir fisicamente. A definição oficial foi dada pela IUPAC em 1994, que considera o grafeno como sendo uma camada única da estrutura gráfitica. Em 2004, um grupo do Centro de Nanotecnologia da

Universidade de Manchester, liderado pelo Prof. A. K. Geim conseguiu isolar pequenos fragmentos de monocamadas de grafeno, a partir de grafite. O grafeno é, portanto, constituído de uma camada única de átomos de carbono dispostos em uma estrutura hexagonal semelhante a um favo de mel, sendo um material bi-dimensional, composto de átomos de carbono localizados em cada vértice do hexágono (PEI; ZHNG; SHENOY, 2010). O grafeno pode ser manipulado como uma folha de papel. Pode formar uma esfera (fulereno) ou um tubo (nanotubo). Se muitas dessas folhas forem empilhadas, teremos o grafite tridimensional (BALUCH; WILSON; MILLER, 2010). Além de possuir propriedades eletrônicas excepcionais, as propriedades térmicas e mecânicas e de alta condutividade dos grafenos oferecem à indústria uma alternativa potencial ao silício e ao diamante (FRAZIER et.al., 2009; SRINIVASAN; SARASWATHI, 2009). Entretanto, embora muitos métodos de síntese tenham sido desenvolvidos para o grafeno, a qualidade e a escala de produção ainda precisam ser aperfeiçoadas (DONG; CHEN, 2010). Além disso, a maioria dos métodos de caracterização recente necessita da transferência de grafeno a um substrato específico, o que diminui a eficiência da caracterização. Portanto, métodos de identificação rápida e eficaz precisam ainda ser desenvolvidos (DONG; CHEN, 2010). Considera-se que os nanotubos de carbono foram parcialmente responsáveis por desencadear a revolução da Nanotecnologia nos anos de 1990. De fato, desde o estudo de Iijima, o campo dos CNTs desenvolveu-se de tal maneira que estes se tornaram num dos materiais mais intensamente estudados pela Ciência.

#### 4.3 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A INFLUÊNCIA DAS INDÚSTRIAS NA MATRIZ ENERGÉTICA

Segundo Martins (1999) algumas variáveis continuarão a pressionar as demandas de energia elétrica, destacando-se o crescimento populacional, a evolução da economia, a perspectiva de expansão e diversificação da produção, a evolução da autoprodução e a evolução da conservação de energia. Do ponto de vista da eficiência energética, ressalta-se que no planejamento setorial da oferta de energia, a evolução da conservação de energia é considerada como uma premissa básica. Uma parcela do crescimento do mercado pode, sempre, ser atendida mais rapidamente e com custos mais atraentes, através de ações de eficiência energética do que com a implantação de usinas geradoras, com vantagens significativas. Em primeiro lugar, o prazo de maturação



da construção/implantação de uma usina hidrelétrica é bastante superior ao prazo de execução de ações de eficiência energética. Em segundo lugar, o custo marginal de expansão do sistema elétrico é superior ao custo da grande maioria das ações de eficiência energética. Finalmente, avanços tecnológicos tem proporcionado a penetração de equipamentos elétricos cada vez mais eficientes bem como a otimização de processos produtivos.

A intensidade energética de um produto ou processo pode ser definida como a quantidade de energia gasta para gerar uma unidade de produto, medida em peso ou valor monetário. Esta pode ser expressa como a quantidade de energia por unidade de produto, sendo os indicadores mais utilizados “kWh/US\$” e “kWh/ton.”. Na realidade, entende-se por eficiência energética o conjunto de práticas e políticas, que visam reduzir a intensidade energética dos produtos ou processos, isto é, diminuir os custos com energia e/ou aumentar a quantidade de unidades produzidas sem alteração da geração, que podem ser resumidas a seguir:

- a) Planejamento integrado dos recursos – são práticas que subsidiam os planejadores e reguladores de energia na avaliação dos custos e benefícios sob as óticas da oferta (geração) e da demanda, de forma a minimizar o custo financeiro e ambiental da energia utilizada pelo sistema;
- b) Eficiência na Geração, Transmissão e Distribuição – são práticas e tecnologias que estimulam a eficiência em toda a cadeia da energia elétrica. Da geração ao consumidor final, passando evidentemente pela transmissão e distribuição;
- c) Gerenciamento pelo lado da Demanda – são práticas e políticas adotadas pelos planejadores de energia, que encorajam os consumidores a usar a energia de forma mais eficiente, além de permitir a administração da curva de carga das concessionárias, consumo de reativos e ultrapassagem das demandas contratadas;
- d) Eficiência no Uso Final – são tecnologias e práticas que estimulam a eficiência energética no nível do consumidor final. Inclui praticamente a busca de otimização de todos os processos produtivos na planta do consumidor final. São considerados motores, iluminação, aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, bem como, uma boa gestão do processo.

Investimentos em eficiência energética normalmente são incrementais e modulares, com pequeno prazo de retorno, possibilitando a implementação de medidas que representem economia de energia e de recursos, portanto, diminuição de custos dos processos e em períodos bem inferiores aos da construção de uma usina.

A maioria dos consumidores de energia elétrica, nem sempre têm capacidade financeira para arcar com os investimentos necessários e na maioria dos casos, não conseguem atender aos requisitos mínimos requeridos para obtenção de financiamentos bancários como, por exemplo, a garantia exigida. Portanto, recursos financeiros são entraves para o sucesso de programas de eficiência energética.

Faz-se, então, necessário políticas públicas capazes de regulamentar o mercado de eficiência energética, induzir o desenvolvimento tecnológico, efetuar demonstrações da tecnologia de eficiência energética e suas aplicações, induzir a transformação do mercado de produtos eletroeletrônicos, adotar padrões de eficiência energética para produtos eletroeletrônicos e instalações elétricas em construções civis e unidades fabris, estimular a implantação de programas de gerenciamento pelo lado da demanda, formar uma cultura nacional de eficiência energética, implementar programas educativos de eficiência energética e divulgar os resultados obtidos com ações de eficiência energética.

Em 1985 surgiu, por parte do Poder Executivo Federal brasileiro, a preocupação com a conservação de eletricidade no país, sendo instituído, então o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, hoje Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL. A partir de 1994, o Programa passou por um processo de revitalização, inclusive procurando aproveitar os avanços das experiências internacionais, obtidas através de convênios com a Comunidade Européia, Estados Unidos e Canadá. Observou-se que os programas de eficiência energética adotados nesses países tinham, além de uma sólida base tecnológica, uma forte orientação para o mercado.

Levando em consideração a experiência estrangeira e as dimensões continentais do Brasil, constatou-se que seria preciso inovar na forma de atuação dos programas de eficiência energética para torná-los exitosos no Brasil. Desta forma, o PROCEL começou a estabelecer convênios variados, com concessionárias, prefeituras, governos estaduais, agências de fomento, agências de regulação e associações de classe entre outros, de modo a criar uma rede de parcerias por todo o País.

O Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica atinge diretamente os seguintes segmentos: iluminação pública, setor residencial, prédios públicos, educação, perdas no sistema elétrico, gestão energética municipal, setor de água e saneamento, regulação, setor Industrial e marketing.

Em relação ao setor industrial, destaca-se:

O consumo do setor industrial em 2011 atingiu 88,4 tEP, que correspondeu cerca de 35,8% de toda a energia consumida no país. A energia consumida pelo setor industrial está concentrada nos segmentos de alumínio, aço, ferro-ligas, cimento, soda-cloro, papel e celulose e petroquímico, os quais corresponderam aproximadamente 50% do total consumido pelo setor (BEN, 2012).

Diagnósticos energéticos realizados em cerca de 1.250 indústrias de diversos segmentos indicaram potenciais de conservação de energia de até 15% nos segmentos de minerais não metálicos, metalurgia, papel e celulose, produtos plásticos, indústria têxtil, produtos alimentícios e bebidas.

As ações desenvolvidas pelo PROCEL, com base nas experiências internacionais, incluem iniciativas voltadas para o lado da tecnologia e iniciativas voltadas para o mercado.

As de cunho tecnológico são: desenvolvimento de um software de diagnóstico energético; desenvolvimento de um programa de comercialização e distribuição de softwares existentes direcionados para motores e acionamentos; elaboração de cadastro e certificação de Empresas de Serviços de Conservação de Energia – ESCO's; determinação dos potenciais de co-geração para os diversos segmentos industriais; treinamento e capacitação técnica na área industrial, através do ETAC (Edification Technology Application Center) e de acordos com a Comunidade Européia e o Canadá.

Já as de cunho mercadológico são: a estimativa do potencial de conservação de energia pelo lado da demanda no Brasil, em parceria com a COPPE/UFRJ, a execução de diagnósticos em diversas unidades industriais dos segmentos de bebidas, eletro-eletrônicos e fundições; e a elaboração de convênios para projetos de eficiência energética nas indústrias com as Federações das Indústrias e associações industriais dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia.

A meta de médio prazo, apregoada pelo PROCEL considera que, após a divulgação dos resultados dos projetos de eficiência energética, com o efeito de demonstração, os mecanismos de mercado possam criar condições que permitam a auto-sustentação do programa,

inclusive buscando superação de suas principais barreiras, principalmente no que diz respeito à identificação de projetos com efetivo potencial de efficientização energética e à agilização de mecanismos de financiamento.

Segundo o PROCEL, os principais obstáculos para o combate ao desperdício de energia elétrica são:

- Tecnologia: ainda que identificadas as tecnologias energeticamente mais eficientes, elas podem não estar disponíveis no mercado;
- Custo Inicial: a sensibilidade ao custo inicial dos equipamentos eficientes;
- Informação: Carência de Informações sobre as melhores tecnologias e os custos/benefícios a elas associados;
- Cultura: Carência de Cultura de combate ao desperdício, de modo geral e, mais especificamente, do desperdício de energia elétrica;
- Legal/Institucional: Conflito de competência legal na prestação de alguns serviços e inexistência de regulamentação sobre equipamentos eletroeletrônicos;
- Financiamento: Dificuldade de obtenção de recursos em condições atrativas (taxas de juros, carência, prazo de amortização, garantias, entre outras);
- Conflito de Interesses entre concessionárias e consumidores: por desconhecimento, as concessionárias ainda não vêm os projetos de eficiência energética como uma oportunidade de melhorar seu desempenho operacional por um lado e, resistem em renegociar os contratos de energia elétrica após medidas de conservação de energia efetuadas por parte do consumidor, por outro lado;
- Mercado: Imaturidade no mercado de serviços de eficiência energética e de equipamentos eficientes;
- Capacitação: Carência de pessoal tecnicamente capacitado para lidar com aspectos energéticos, particularmente, de eficiência energética;
- Equipamentos: Resistência dos fabricantes de equipamentos à existência de normas e padrões para produtos energia-eficientes;

- Descentralização: Inexistência, na maioria dos estados brasileiros, de estrutura para lidar com a área de eficiência energética.

Superados os principais obstáculos, é possível a adoção de programas, em larga escala, de efficientização energética, tomando-se por base na experiência obtida, através dos numerosos projetos pilotos, elaborados pelo PROCEL.

#### 4.4 O ARCABOUÇO INSTITUCIONAL DE MEIO AMBIENTE NO BRASIL

O licenciamento ambiental se tornou um dos temas mais controvertidos e menos compreendidos do país. Critica-se tudo no processo de licenciamento: a demora injustificada, as exigências burocráticas excessivas, as decisões pouco fundamentadas, a insensatez desenvolvimentista de empreendedores, a contaminação ideológica do processo. O que ainda não se compreendeu com clareza e nem se expressou com precisão, é a raiz do problema. O problema radical do direito ambiental brasileiro em geral, e do licenciamento em particular, tem três faces. SAE (2009).

A primeira face do problema é a “anomia”, isto é, a ausência de leis efetivas e contundentes. O licenciamento ambiental é o reino da discricionariedade administrativa. O país convive, desde meados da década de 1970, com legislação escassa de identidade e que há muito se tornou desatualizada. Na ausência de normas claras que definam as competências para licenciar, fiscalizar e punir, bem como as etapas do processo de licenciamento, os órgãos ambientais atuam de maneira desgovernada, em um ambiente de ampla insegurança:

“A segunda face do problema diz respeito à substância do direito ambiental. Por um lado, o direito ambiental brasileiro carece de critérios balizadores que reconheçam a importância de se compatibilizar, ao lado do ideal de preservação, o ideal de desenvolvimento. Por outro, o princípio da precaução é, com frequência, interpretado de maneira excessiva, para bloquear qualquer ação que cause impacto ao meio ambiente. A área do direito ambiental que mais sente as consequências

desses dois problemas – a inexistência do primado do direito ao desenvolvimento e os excessos do princípio da precaução – é o processo de licenciamento, que acaba se tornando uma ferramenta ideológica para negar empreendimentos, distorcendo-se um papel parametrizador da ação humana sobre o meio ambiente”. (BRASIL, 2009).

Os ambientalistas usam o princípio de maneira absolutista e apriorística, o que faz com que eles defendam uma maximização da aversão a riscos, o que seria injustificado em outros contextos (KLAUS, 2010). Cada ser humano racional deve procurar sempre o ótimo, minimizando seus riscos e maximizando seus ganhos e conquistas. Mas, como nos modelos matemáticos de maximização, estão sempre sujeitos a restrições e limites.

Muito a propósito, Singer (2000) afirma: “Não acredito muito em comprar seguro se os riscos são pequenos e os preços são altos (...). Estão nos oferecendo um seguro contra um risco muito pequeno, se é que ele de fato existe, e pagamos por ele um preço muito elevado.” Por exemplo, de acordo com o Protocolo de Kyoto, devemos reduzir o uso de energia em um terço, para resultar, em 2050, numa redução de temperatura de apenas 0,05 °C. De acordo com Bursík (2007) o abuso dessa atitude, ao dizer que: “não temos nenhuma prova concreta, mas baseamos nossas hipóteses no princípio da precaução”.

É preciso pensar nos custos e nos benefícios das alternativas, principalmente nos custos de oportunidade e nos efeitos das atividades alternativas que foram perdidas por conta de intervenções legislativas. É bom chamar a atenção para o fato de que não é só a ação que leva a gastos, mas também, a inação (ausência de ação). Tanto a implementação de medidas quanto a sua não implementação traz conseqüências. Peron (2004) acrescenta: “o princípio da precaução equivale a um golpe na teoria legal” e Klaus (2010) conclui: “Estamos testemunhando um princípio da precaução, interpretado de maneira absolutista, ser empregado pelos ambientalistas, para justificar na prática qualquer tipo de proibição ou intervenção regulatória”.

Dizem os ambientalistas: “Se algo pode trazer danos vamos evitar”. Então, é preciso que se evite tudo, porque, não importa o algo que se faça, ele estará sempre associado a uma probabilidade de risco, por menor que seja.

Interessante é perceber o paradoxo em que os ambientalistas vivem. Se considerarmos, por exemplo, a produção de energia elétrica. Severas críticas são dedicadas a sua produção enquanto são usuários cotidianos da eletricidade. Eles usam, sem nenhum constrangimento, a aviação para se deslocarem até os locais das grandes conferências e lá discutirem as emissões de CO<sub>2</sub>.

Com frequência ouvem-se indagações questionando as energias tradicionais em relação às emergentes, principalmente, eólica e solar. Se estas energias tradicionais se firmaram na matriz energética mundial foram por dois motivos muito simples: custo e tecnologia.

Heberling (2006) demonstra que, para gerar 5% de toda energia elétrica dos EUA, através de eólicas como querem alguns ambientalistas, seriam necessários construir cerca de 132.000 turbinas eólicas. Haveria terra disponível para construir todas essas turbinas? Quantas aves morreriam devido às pás das turbinas? E a paisagem, como ficaria sua estética? E o custo, a sociedade estaria disposta pagar?

Robert Mendelsohn (citado por KLAUS, 2010) referindo-se ao relatório Stern, menciona um ponto importante:

“É uma coisa imaginarem moinho de vento aqui e ali, ou tetos solares de alguns prédios. Contudo, para alcançar as metas renováveis do relatório Stern, cinco a dez milhões de hectares de tetos solares precisariam ser instalados, de preferência em locais ensolarados, perto da linha do Equador. Seria necessário instalar um total de dois milhões de turbinas eólicas em 33 milhões de hectares. O setor de biocombustíveis precisaria de 500 milhões de hectares de terra a mais.”

Outra observação que Mendelsohn faz é que as conseqüências ambientais desses projetos simplesmente não são citadas no relatório Stern.

Segundo Ribeiro (2006), foi a partir da Conferência das Nações Unidas ocorrida em Estocolmo em 1972, que as nações começaram a pensar na estruturação de órgãos ambientais e nas políticas públicas. Esta conferência, que contou apenas com dois chefes de Estado: Olaf Palme, da Suécia e Indira Ghandi, da Índia, teve a participação de 1200 delegados de 114 nações. O Brasil, nesta época, estava iniciando a época do milagre econômico, com crescimentos anuais acima de 7%, e com certeza, esta euforia influenciou os membros do governo brasileiro na conferência.

A delegação brasileira, liderada pelo Ministro Costa Cavalcanti, teve atuação importante nas fases preparatórias e por defender princípios colocados por países em desenvolvimento, tenha possivelmente sofrido ataques da imprensa mundial.

“As teses políticas, discursada pelo chefe da delegação brasileira, por si só justificam as atitudes da imprensa mundial:

1.O princípio de que o ônus maior da despoluição e de controle da poluição cabe aos países desenvolvidos, maiores responsáveis pela deterioração do meio ambiente;

2.A tese da soberania nacional sobre os recursos naturais, e da responsabilidade sobre o seu uso racional em contraposição à tese de administração internacional;

3.A tese da política demográfica como de inteira responsabilidade nacional;

4.A tese de que o desenvolvimento é a melhor solução para os problemas ambientais dos países pobres;

5.A tese de que não se pode limitar a ação de um país à base do desconhecimento ou do conhecimento incompleto, só se admitindo nesses casos, como ação, a pesquisa, a análise e o levantamento de novos dados;

6.A tese de que o principal problema com relação a recursos naturais não é necessariamente sua exaustão, mas, ao contrário, a insuficiência de demanda internacional para a oferta atual e para o potencial de matérias primas.” (RIBEIRO, 2006).

A época, a defesa de priorizar o crescimento dos países em desenvolvimento em contraponto ao que colocava boa parte dos participantes da conferência, com suas teses de criação de instituições internacionais para a gestão de recursos naturais, fez do Brasil um destaque negativo na ótica dos ambientalistas.

Nas quatro reuniões preparatórias, ficou evidenciada a preocupação com o controle populacional como pressuposto para o equilíbrio ambiental. Além disso, houve quem acusasse os modelos matemáticos de exagerarem as taxas de crescimento demográfico e subdimensionarem os recursos naturais disponíveis (CAVALCANTI, 1972). A participação da delegação brasileira foi de muita cautela para



evitar que decisões da conferência viessem interferir no processo de desenvolvimento dos países em desenvolvimento. Uma posição bastante equilibrada para que, nem se ignorasse os problemas ecológicos e nem se lhes desse importância excessiva (CAVALCANTI, 1972).

Foi depois da conferência que países, inclusive o Brasil, começaram a esboçar suas políticas ambientais. Já, em 1973, foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente – SEMA, ligada ao Ministério do Interior, buscando a inclusão da variável ambiental nas políticas públicas brasileiras.

Em Minas Gerais, em 1977, foi criada a Comissão de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais – COPAM, órgão colegiado com a competência para definir a política de meio ambiente do Estado. A criação do Copam foi o marco para o início da implantação de políticas de meio ambiente no Estado e da estrutura que culminou com a criação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, em 1995 e 1996, tendo como órgãos vinculados a Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, o Instituto Estadual de Florestas – IEF e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Em 1988, a comissão foi renomeada e passou-se a chamar Conselho Estadual de Política Ambiental mantendo a mesma sigla COPAM.

As Câmaras Técnicas especializadas do Copam, órgãos deliberativos e normativos com competências específicas: atividades industriais, atividades minerárias, atividades de infra-estruturar, atividades agrosilvopastoris, proteção à biodiversidade, recursos hídricos e política ambiental.

Foram muitos os investimentos feitos pelo setor público e privado em estudos, projetos, desenvolvimento tecnológico, equipamentos de controle e sistemas de gestão ambiental para satisfazer as exigências legais vigentes. Em 1981, foi criado o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA que se tornou o marco inicial da institucionalização da política nacional de meio ambiente. Mais tarde, em 1989, foi criado o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA para, em 1992, culminar com a criação do Ministério de Meio Ambiente.

Anteriormente a Conferência de Estocolmo foram criados o Código das águas em 1934, o Código Florestal, o Código de Mineração e a Política Nacional de Saneamento em 1967. É preciso salientar que, todos foram criados em períodos de ditadura. O Código das Águas foi homologado na ditadura Vargas enquanto que os demais no período da revolução de 1964. Após a Conferência de Estocolmo, houve uma

conscientização crescente sobre as questões ambientais e uma avalanche de iniciativas de políticas públicas relativas ao meio ambiente.

No Brasil existem, atualmente, 16.000 diplomas legais regulamentando a área ambiental. Este quantitativo foi anunciado pelo Deputado Federal Aldo Rebelo, enquanto relator do PL do novo Código Florestal.

Uma estrutura regulatória que começa pelas leis federais, é acrescida pelas resoluções do CONAMA e nos Estados, são suplementadas pelas leis estaduais e deliberações normativas dos conselhos estaduais. Nos municípios ainda ganham regulamentações locais, que quase sempre extrapolam os planos diretores e considerações locais. Consultando o Portal da SEMAD<sup>7</sup>, foram levantados 6031 atos normativos distribuídos conforme a figura 18:

**Figura 18** - Atos Normativos

<b><i>Legislação Ambiental</i></b>	
<b><i>Tipo de Norma</i></b>	<b><i>Quantidade</i></b>
Decretos	1734
Deliberações	843
Diretivas	2
Leis	706
Portarias	1091
Resoluções	1655
<b><i>Total</i></b>	<b><i>6031</i></b>

Fonte: SEMAD

Verifica-se, portanto, no caso de Minas Gerais, e podemos entender que a mesma situação se estende para os demais estados, um número significativo de atos normativos, trazendo dificuldades no entendimento e na efetivação do arcabouço institucional ambiental brasileiro. Dificuldades que afloram no processo de licenciamento,

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://www.semاد.mg.gov.br/>>. Acesso em: 21 jun.2013.

dificultando-o e impedindo sua celeridade, na fiscalização, na atuação do Ministério Público e principalmente no entendimento dos empreendedores. Além da quantidade, são atos que foram se formando através do tempo e nem sempre guardam uma relação harmônica, quando não colidem ao tratar o mesmo tema.

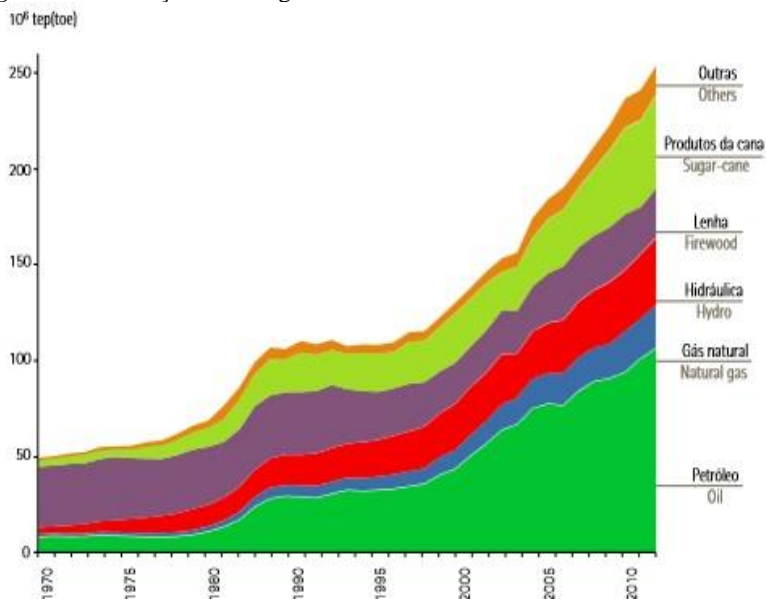
#### 4.5 OS BALANÇOS ENERGÉTICOS DO BRASIL E MINAS GERAIS

Segundo Bajev (1992), no Brasil, o primeiro Balanço Energético foi instituído através do Ministério de Minas e Energia em 1976. Na sua primeira versão, houve o registro do consumo energético do país, desmembrado por fontes primárias, retroativo aos 10 últimos anos e projetado para um horizonte de 10 anos. Em 1978, foi criado o Comitê Coordenador do Balanço Energético Nacional - COBEN, vinculado a Secretaria Geral do Ministério das Minas e Energia e, no mesmo ano, o COBEN publicou o primeiro balanço. Na mesma época, a Organização Latino Americana de Energia - OLADE liderou a unificação da metodologia dos Balanços Energéticos para todos os seus países membros.

Em 1982, foi incentivada a criação de equipes estaduais e regionais para a elaboração de balanços energéticos estaduais. A resposta desses estados foi bastante difusa. O Rio Grande do Sul, por exemplo, apresentou o balanço energético com base em energia útil para 1982. Enquanto que, Minas Gerais apresentou um balanço parcial embora regionalizado (1987). Outros estados se limitaram a fechar o quadro mínimo contábil dos fluxos energéticos anuais entre a produção de energia primária, centros de transformações e consumo final de energia secundária.

A partir de 1987, a Centrais Energéticas de Minas Gerais-CEMIG, concessionária mineira de eletricidade, passou a elaborar anualmente o balanço energético de Minas Gerais, aprimorando-o sucessivamente.

O Balanço Energético Nacional de 2012 – BEM 2012, desenvolvido pela EPE - Empresa de Pesquisa Energética – apresentou os resultados de energia relativos a 2011. O gráfico da figura 19 mostra a produção de energia primaria do Brasil em 2011.

**Figura 19** - Produção de Energia Primária no Brasil em 2011

**Fonte:** BEM 2012 – EPE - MME

Para as principais fontes energéticas, o BEM 2012 apresenta os resultados de 2011 e comparações com 2010: petróleo, gás natural, energia elétrica, carvão mineral, energia eólica, biodiesel e produtos da cana.

#### *Energia Eólica:*

A potência instalada de geração eólica avançou em 2011, com um aumento de 53,7%. Segundo o Banco de Informações da Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o parque eólico nacional cresceu 498 MW, atingindo 1.426 MW ao final de 2011.

A produção de eletricidade a partir da fonte eólica alcançou 2.705 GWh em 2011, que representou um aumento de 24,3%.

#### *Biodiesel:*

Em 2011, o montante de B100 produzido no país atingiu 2.672.760 m<sup>3</sup> contra 2.386.399 m<sup>3</sup> do ano anterior, o que representa um aumento de 12%. Em 2011 o percentual de B100 adicionado compulsoriamente ao diesel mineral ficou constante em 5%. A principal

matéria-prima foi o óleo de soja (81,2%), seguido do sebo bovino (13,1%).

*Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol:*

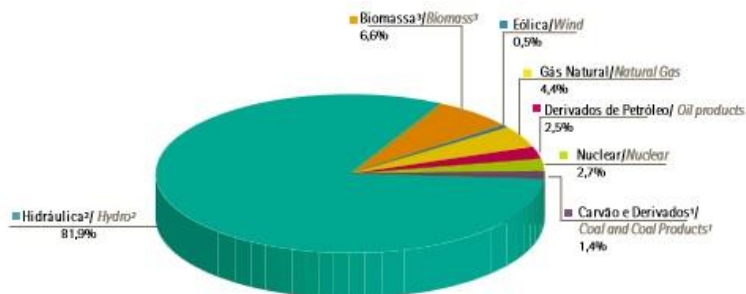
De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de cana-de-açúcar no ano de 2011 atingiu 565,8 milhões de toneladas. Este montante foi 9,8% inferior ao registrado no ano anterior, quando a moagem foi de 627,3 milhões de toneladas. Em 2011, houve redução de 3,8% na produção nacional de açúcar e 18,1% na fabricação de etanol (28,7% na produção etanol e acréscimo de 7,9% na produção de etanol anidro).

*Energia Elétrica:*

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 531,8 TWh em 2011, resultado 3,1% superior ao de 2010. A principal fonte é a energia hidráulica, que apresentou elevação de 6,2% na comparação com o ano anterior. A geração elétrica a partir de combustíveis fósseis representou 18,9% do total nacional, contra 21,4% em 2010. O consumo final foi de 480,1 TWh, um acréscimo de 3,3% em comparação com 2010.

As centrais hidráulicas tiveram um acréscimo de 37,1%, enquanto as centrais térmicas responderam por 52,4% da capacidade adicionada e as usinas eólicas responderam pelos 10,5% restantes de aumento do grid nacional.

O gráfico da próxima figura apresenta a estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2011.

**Figura 20** - Oferta Interna de Eletricidade no Brasil – 2011

Notas / Notes:

<sup>1</sup> Inclui gás de coquearia/ Includes coke oven gas

<sup>2</sup> Inclui importação de eletricidade/ Includes electricity imports

<sup>3</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, lúvia e outras resacasões/ Includes firewood, sugarcane bagasse, black liquor and other primary sources

**Fonte:** BEM 2012 – EPE - MME

### *Petróleo e Derivados:*

Durante o ano de 2011 o mercado internacional de petróleo não registrou oscilações bruscas na cotação dos petróleos WTI e Brent. Para ambos, o primeiro quadrimestre foi de certa forma estável. O WTI começou o ano valendo pouco mais que US\$91/barril e terminou cotado a cerca de US\$100/barril. Situação semelhante foi observada em relação ao óleo marcador Brent. Este começou 2011 valendo US\$93/barril e terminou o ano a US\$106/barril. A produção nacional de petróleo e óleo de xisto subiu 2,4% em 2011, atingindo a média recorde de 2,21 milhões de barris diários produzidos em dezembro. A produção marítima correspondeu a 91,4% do total nacional em 2011. Em relação aos estados produtores, o Rio de Janeiro foi responsável pela maior parcela: 74,0% do montante anual. No que tange à produção terrestre, o maior produtor foi o estado do Rio Grande do Norte, com 28,0% do total onshore.

### *Gás Natural:*

A média diária de produção do ano foi de 65,9 milhões de m<sup>3</sup>/dia e o volume de gás natural importado foi, em média, 28,7 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Com isto, houve manutenção da participação do gás natural na matriz energética nacional, no patamar de 10%. A demanda industrial por gás natural aumentou 8,0% em relação ao ano anterior, com destaque para cerâmica (12,9%), ferro-gusa e aço (11,2%) e química (6,4%). Houve expressiva redução de 31,2% na geração térmica a gás. Em 2011, o consumo médio no setor elétrico atingiu 15,7 milhões m<sup>3</sup>/dia, o que representa queda de 26,0% em relação a 2010.

*Carvão Vapor e Carvão Metalúrgico:*

Na geração elétrica o carvão utilizado é o carvão vapor, de origem nacional, cujos estados produtores são Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A demanda de carvão diminuiu 8,2% em 2011 em relação ao ano anterior. No que tange ao carvão metalúrgico, predominantemente importado, observou-se aumento de 8,6% no consumo de carvão vapor na siderurgia em 2011. A principal justificativa é o crescimento da produção física de aço bruto no período (cerca de 7%).

O 26º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – ano base 2010, foi elaborado pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, e apresenta informações sobre a matriz energética estadual. A metodologia utilizada baseia-se em trabalhos semelhantes, em especial no Balanço Energético Nacional – BEN, editado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME e em balanços energéticos de outras unidades da Federação.

A Figura 21 apresenta a demanda global de energia em Minas Gerais no ano de 2010

**Figura 21** - Demanda Global de Energia em Minas Gerais – 2010

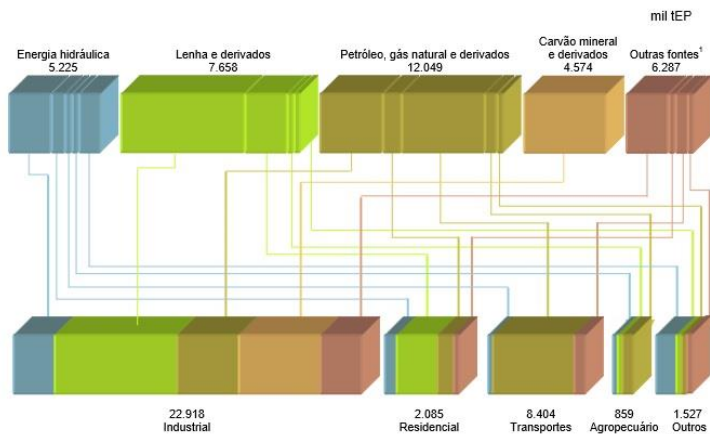


<sup>1</sup> Tonelada equivalente de petróleo.

**Fonte:** BEEMG 2011 – CEMIG - SEDE

A figura 22 apresenta a demanda de Energia por Fonte e Setor



**Figura 22 - Demanda de Energia por Fontes e Setores em Minas Gerais – 2010**

<sup>1</sup> Outras fontes: cana-de-açúcar, licor negro, resíduos de biomassa industriais e agrícolas, oleaginosas e biodiesel  
<sup>2</sup> Setores Comercial e Público e as Perdas na Distribuição e Armazenagem.

3

**Fonte:** BEEMG 2011 – CEMIG - SEDE

A maior participação na demanda total de energia do Estado em 2010 foi do petróleo, derivados e gás natural, correspondendo a 33,7% do total. Em segundo lugar, encontram-se a lenha e seus derivados, que representou 21,4%. A Cana-de-açúcar e derivados compareceu com 15,2%, enquanto que a energia hidráulica com 14,6% e o carvão mineral e derivados e demais fontes participaram com 12,8% e 2,4%, respectivamente. O setor Industrial apresentou a maior demanda de energia do Estado, 22.918 mil tEP, que representou 64,0% do total, com aumento de 23,3% em relação a 2009. A demanda de lenha e derivados representou 29,8% do total da indústria, seguida pelo carvão mineral e derivados com 19,9%, derivados de cana-de-açúcar 17,7%, petróleo, derivados e gás natural, 17,3%, e energia hidráulica e outras fontes, com respectivamente, 12,8% e 2,5%. Lenha, carvão mineral e derivados representaram, juntos, 49,8% da demanda total do setor industrial do estado. Isso se deveu, principalmente, à representatividade das siderurgias no cenário mineiro, grandes consumidoras de carvão vegetal e coque de carvão mineral.

Por Minas Gerais ser a maior malha viária do País, o setor Transportes ocupou a segunda posição na energia demandada do Estado, sendo que, em 2010, a sua demanda, de 8.404 mil tEP, representou 23,5% da demanda total. Nesse setor, derivados de petróleo e gás natural, não-renováveis, representaram 81,1%, seguido por derivados de

cana, que representaram 16,1%. O percentual de biodiesel B100 adicionado ao diesel foi de 5,0% em 2010, o que gerou um aumento de 60% do consumo deste energético em relação ao ano anterior.

O setor Residencial é responsável pela terceira maior demanda de energia do Estado, 2.085 mil tEP, que representou 5,8% do total, com queda significativa em relação ao ano anterior, devido principalmente à mudança metodológica adotada para contabilização de lenha nesse setor.

O setor Agropecuário, em 2010, apresentou demanda de 860 mil tEP, que representou 2,4% do total, com aumento de 5,9% em relação ao ano anterior. Nesse setor, as fontes energéticas mais representativas foram petróleo, derivados e gás natural, com 65,9%, seguidos por energia hidráulica com 25,6%, lenha e derivados com 5,1%.

#### 4.6 CENÁRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA A MATRIZ ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, através do Programa de Planejamento Energético de seu Instituto Alberto Luiz Coimbra (PPE/COPPE/UFRJ) e a Universidade Federal de Itajubá, através do seu Centro de Excelência em Recursos Naturais e Energia, foram contratadas pelo governo de Minas Gerais para desenvolver prospecção da Matriz Energética do Estado. Estas universidades desenvolveram o projeto “Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030”. Nele foram realizadas análises prospectivas da oferta e demanda das diversas fontes de energia no Estado até o ano de 2030. Suas principais respostas foram as recomendações de planos e programas governamentais.

Foram elaborados dois cenários macroeconômicos e setoriais para o Estado de Minas Gerais para o horizonte até 2030, consistentes com as atividades econômicas do Sistema de Contas Nacionais do IBGE, do Balanço Energético Nacional, do Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico e do Plano Nacional de Energia.

Foram elaborados, também, dois cenários de demanda de energia desagregados setorialmente para o Estado. Um cenário denominado de referência, sem grande mudança estrutural no uso da energia e outro, denominado alternativo, considerando a promoção de práticas mais eficientes no uso da energia e com gradual evolução do parque industrial para produção de itens de maior valor agregado, melhoria das condições gerais de vida da população e utilização de tecnologias menos poluentes.

Foram elaborados cenários de oferta de energia, consistentes com os cenários de demanda e que incorporam a evolução de preços relativos

da energia, potenciais energéticos e hipóteses de incentivo a fontes renováveis.

Foram adotados os modelos MAED (Model for Analysis of Energy Demand) de demanda e MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact) de oferta. Estes modelos já foram utilizados pelo Programa de Planejamento Energético nas simulações de cenários de oferta e demanda para elaboração da matriz do Rio de Janeiro (2002-2012) e do Brasil (2003-2023), através de cooperação com a Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA da ONU.

Além disso, um conjunto de simuladores satélites foi utilizado para tratar setores específicos da economia: no setor transporte para simular a evolução da frota de leves por tipo (ciclo termodinâmico, modelo, combustível, idade, eficiência) subordinada a uma curva de sucateamento; no setor residencial modelo de curvas logísticas de penetração e uso de equipamentos térmicos e no setor de refino utilizou-se um Modelo Simplificado de Simulação de Perfil de Refinaria.

Os dois cenários, Referência e Alternativo, se desdobram em premissas setoriais consistentes. O de Referência considera a evolução tendencial de eficiência, enquanto que o Alternativo avalia possíveis políticas energéticas visando o uso racional de energia, ganhos potenciais de eficiência energética, cogeração, uso de fontes renováveis e maior preocupação ambiental com conseqüente diversificação da matriz. Foram realizados estudos detalhados para cada setor da economia: setor industrial, setor transporte, setor serviços, setor residencial, oferta de petróleo e derivados, oferta de combustíveis e oferta de energia elétrica.

A Tabela 16 mostra as premissas de crescimento para o PIB e o valor agregado por setor da economia mineira consideradas pelo estudo nos dois cenários considerado, Referência e Alternativo para o período 2005-2030.

**Tabela 16** - Premissas de Taxas de Crescimento Real do PIB e do Valor Agregado Setorial da Economia Brasileira (% a.a.)

SETORES	Cenário Referência			Cenário Alternativo		
	2005- 2010	2011- 2020	2021- 2030	2005- 2010	2011- 2020	2021- 2030
Agropecuária	4,04%	5,13%	5,25%	4,04%	4,43%	4,75%
Indústria extrativa mineral	4,75%	5,83%	5,75%	4,75%	3,97%	4,25%
Indústria de transformação	4,32%	4,95%	5,23%	4,32%	5,03%	5,44%
Minerais não metálicos	4,57%	4,80%	5,00%	4,57%	4,83%	5,05%
Siderurgia	4,57%	5,60%	6,00%	4,57%	5,04%	5,35%
Não ferrosos e outros da metalurgia	4,75%	5,83%	6,00%	4,75%	5,13%	5,35%
Químicos	4,04%	4,67%	5,00%	4,04%	4,20%	4,50%
Papel e Celulose	4,57%	5,13%	5,50%	4,57%	4,67%	5,00%
Têxtil	3,02%	3,73%	4,50%	3,02%	4,76%	5,15%
Alimentos e Bebidas	3,02%	3,73%	4,50%	3,02%	4,71%	5,10%
Outros	4,54%	4,93%	5,00%	4,54%	5,24%	5,72%
Construção	4,99%	5,13%	5,00%	4,99%	5,13%	5,50%
Outros	3,97%	4,67%	5,00%	3,97%	5,37%	6,00%
Comercial+Serviços	3,76%	4,55%	4,93%	3,76%	4,79%	4,93%
Transportes e armazenagem	4,40%	5,13%	5,05%	4,40%	5,13%	5,05%
Setor Público + água	2,25%	3,50%	4,00%	2,25%	3,50%	4,00%
Setor Energético Final	3,62%	4,67%	5,06%	3,62%	4,67%	5,06%
Eletricidade	3,80%	5,13%	5,50%	3,80%	5,13%	5,50%
E&P+Refino	3,20%	3,50%	3,75%	3,20%	3,50%	3,75%
Gás	3,20%	3,50%	3,75%	3,20%	3,50%	3,75%

Álcool	4,40%	5,60%	6,25%	4,40%	5,60%	6,25%
PIB MG	3,80%	4,67%	5,00%	3,80%	4,67%	5,00%

**Fonte:** Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030

O Cenário de Referência guarda características de um cenário tendencial, ou seja, não considera maiores transformações qualitativas na trajetória produtiva mineira.

As premissas básicas para os setores mais relevantes para o desenvolvimento do Estado são:

**Siderurgia:** Crescimento acima da média, com a produção baseada em produtos semi-acabados (ferro fundido, ferronióbio e ferro/aço) para exportação;

**Não ferrosos e outros da metalurgia:** Crescimento acima da média, com produção baseada em produtos semi acabados para exportação;

**Indústria Extrativa Mineral:** Crescimento acima da média, com produção voltada para exportações. Manutenção do aquecimento do mercado internacional de minério de ferro;

**Agropecuário:** Crescimento acima da média, voltada para exportações (internacionais e interestaduais, principalmente para a indústria alimentícia paulista);

**Papel e Celulose:** Crescimento um pouco acima da média, com produção principalmente celulose para exportação;

**Construção Civil:** Crescimento pouco acima da média em função da redução do déficit habitacional e do investimento de infra-estruturar;

**Minerais não metálicos:** Crescimento impulsionado pelo setor da Construção Civil. Desaceleração no longo prazo;

**Transportes:** Continuidade dos investimentos em infra-estruturar. Desaceleração no longo prazo;

**Setor Sucroalcooleiro:** Alto crescimento devido a importância do álcool como combustível;

**Setor Público:** Ainda em processos de reestruturação e eficiência.

O Cenário Alternativo baseia-se na noção de integração das cadeias produtivas, em desenvolvimento baseado na redução das desigualdades sociais e regionais. Este cenário alternativo é compatível com o cenário “Conquista do Melhor Futuro” do estudo Cenários

Exploratórios de Minas Gerais (BDMG, 2007a) tanto nos aspectos qualitativos quanto quantitativos.

As premissas básicas para os setores mais relevantes para o desenvolvimento do Estado são:

- Indústria Extrativa Mineral: Produção voltada para exportações desacelera-se. Agregação de valor ao longo da cadeia produtiva de MG;
- Siderurgia: Crescimento acima da média, com mix de produção dirigindo-se para produtos acabados. Integração ao longo da cadeia metal-mecânica;
- Não ferrosos e outros da metalurgia: Crescimento acima da média, com produção dirigindo-se para produtos acabados. Integração ao longo da cadeia metal-mecânica;
- Papel e Celulose: Crescimento com produção dirigindo-se para produtos mais acabados, de embalagens a papel de alta qualidade;
- Construção Civil: Crescimento pouco acima da média em função da redução do déficit habitacional e do investimento em infra-estruturar. Reversão da diminuição da importância relativa do setor;
- Minerais não metálicos: Crescimento impulsionado pelo setor de Construção;
- Transportes: Continuidade dos investimentos em infra-estruturar, concentrados em inter/multi-modalidade;
- Outros setores Industriais: Concentra os principais setores de expansão acelerada. Cresce bastante acima da média com a integração produtiva.

Define-se cadeia produtiva como um conjunto de setores econômicos interligados por relações de compra e venda, na qual os produtos são crescentemente elaborados (BDMG, 2002b).

Bens não Duráveis: Cadeia agroindustrial com crescimento baseado na indústria de alimentos e bebidas. Setor têxtil com crescimento maior em pequenas e médias empresas;

Comercial e Serviços: Crescimento a médio prazo impulsionado pelo ganho de dinamismo da indústria;

Setor Sucroalcooleiro: Alto crescimento devido à crescente importância do álcool como combustível;

Setor Público: Ainda em processo de reestruturação e efficientização. No longo prazo o processo de reestruturação permite um crescimento pouco maior, porém ainda abaixo da média.

No tocante aos preços diretores da energia, em consonância com a Lei 9.478/97, assumiu-se como premissa básica a convergência de preços internacionais e domésticos de petróleo e seus derivados. Dessa forma, utilizaram-se as projeções de preços do petróleo, derivados e gás natural realizadas pelo Departamento de Energia dos EUA (DOE, 2006) como base para os preços diretores para as projeções do mercado de derivados do Brasil.

A Tabela 17 apresenta os preços diretores do Petróleo considerados no estudo.

**Tabela 17** - Preços Diretores de Petróleo: Cabiúnas (US\$/barril)

<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
47,64	48,24	41,85	43,68	47,31	49,62

**Fonte:** Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030

As tabelas 18 e 19 apresentam os Preços dos Derivados de Petróleo, Álcool e Gás Natural, no período de 2005 a 2030.

**Tabela 18** - Preços dos Derivados de Petróleo, Álcool e Gás Natural

	<b>Óleo</b>		<b>QAV(U\$/I)</b>			<b>GLP(U\$/kg)</b>		
	<b>comb.(U\$/kg)</b>		<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>
	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Real</b>	<b>Final</b>	<b>Real.</b>	<b>Final</b>	<b>Imp.</b>	<b>Exp.</b>
	<b>Real.</b>	<b>Final</b>	<b>Real</b>	<b>Final</b>	<b>Real.</b>	<b>Final</b>	<b>Imp.</b>	<b>Exp.</b>
2005	0,28	0,30	0,48	0,60	0,49	0,95	-	-
2010	0,31	0,43	0,39	0,69	0,46	0,92	0,50	0,43
2015	0,25	0,34	0,35	0,63	0,44	0,89	0,48	0,41
2020	0,27	0,37	0,37	0,67	0,45	0,90	0,49	0,42
2025	0,29	0,40	0,39	0,70	0,46	0,92	0,49	0,43
2030	0,30	0,42	0,42	0,74	0,47	0,93	0,50	0,43
	<b>Diesel (U\$/I)</b>				<b>Gasolina (U\$/I)</b>			
	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>	<b>Preço</b>
	<b>Real.</b>	<b>Final</b>	<b>Import.</b>	<b>Export.</b>	<b>Real.</b>	<b>Final</b>	<b>Imp.</b>	<b>Exp.</b>
2005	0,40	0,69	0,42	0,42	0,37	0,90	0,33	0,38
2010	0,44	0,80	0,46	0,42	0,41	1,08	0,43	0,40
2015	0,39	0,73	0,41	0,37	0,37	1,01	0,39	0,35
2020	0,40	0,75	0,42	0,38	0,39	1,03	0,40	0,37
2025	0,41	0,77	0,43	0,40	0,40	1,06	0,42	0,38
2030	0,43	0,79	0,45	0,41	0,41	1,07	0,43	0,39

**Fonte:** Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030



**Tabela 19** - Preços dos Derivados de Petróleo, Álcool e Gás Natural

	GN (US\$/MBTU)			Álcool Hidratado (US\$/l)			
	REGAP	Térmicas	Indústria	Serv. e Resid.	Preço Real.	Preço Final	Preço Exp.
2005	3,50	5,92	9,06	10,54	0,33	0,63	0,30
2010	3,50	5,46	8,35	9,72	0,37	0,74	0,48
2015	3,50	5,46	8,35	9,72	0,33	0,65	0,42
2020	3,50	5,40	8,26	9,61	0,35	0,67	0,51
2025	3,50	5,40	8,26	9,61	0,36	0,68	0,53
2030	3,50	6,26	9,58	11,14	0,37	0,70	0,54

**Fonte:** Matriz Energética de Minas Gerais 2007-2030

No cenário referência, o uso final de energia cresce a uma taxa anual média de 4,03% atingindo, em 2030, o patamar de 67.296 mil tep (em 2005, o valor do uso final de energia em Minas Gerais era de 25.047 mil tep). Nesse cenário, a oferta interna bruta de energia em 2030 é de 85.466 mil tep (em 2005, a oferta interna de energia em Minas Gerais era de 31.144 mil tep).

No cenário Alternativo, o crescimento médio anual do uso final de energia é de 3,42%, chegando a um total de 58.062 mil tep em 2030. A oferta interna bruta de energia alcança 73.739 mil tep em 2030, no cenário Alternativo. Portanto, há uma diferença de 16% na oferta interna bruta de energia entre os dois cenários, indicando os ganhos de eficiência e uso racional de energia e os efeitos de mudança estrutural do cenário Alternativo em relação ao Cenário Referência.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, existem metodologias consagradas aplicadas as prospecções energéticas nas composições de Matrizes Energéticas que levam em consideração o conjunto significativo de variáveis, tanto endógenas quanto exógenas. Na projeção da Matriz mineira foram usados o “*Maed*” e “*Message*”, modelos desenvolvidos pela Agência Internacional de Energia Atômica, largamente utilizada em vários países do mundo. Foram cuidadosamente estudados os principais setores da economia mineira bem como a evolução dos preços de cada um dos energéticos, entretanto, é possível fazer algumas considerações: o horizonte de planejamento é muito dilatado. Inovações tecnológicas estão acontecendo em velocidades jamais vista. É preciso muita cautela ao formular cenários para horizontes decenais ou quinquenais. A inserção de uma nova tecnologia - Grafeno, por exemplo, pode mudar todo o contexto e viabilizar de maneira mais efetiva a energia solar.

Tamanha a volúpia das pesquisas ligadas à família dos carbonos, principalmente grafenos, associada às expectativas otimistas do mundo científico, tanto do ponto de vista tecnológico quanto de custos, que não seria leviandade pensar na inserção da energia solar de maneira mais significativa, em um horizonte próximo, na matriz energética dos países de todos os continentes.

Assim como revolucionou os USA, tanto energeticamente como economicamente, o Gás de Xisto pode impactar significativamente as Matrizes do Brasil e de Minas Gerais. Tanto o Brasil quanto o Estado de Minas tem reservas consideráveis deste gás, principalmente, no Cráton do São Francisco.

Em economias altamente globalizadas variáveis externas, quase sempre sem controle, também podem representar instabilidades no modelo, alterando inclusive os perfis de preço dos energéticos. Assim, seria interessante revisão anual dos estudos de projeções da matriz. Revisão dos estudos setoriais e da evolução de preços, a luz de novas tecnologias e de novos contextos econômicos.

É necessário um bom e maduro entendimento do Conceito da Precaução. Ele deve ser usado na medida exata da sustentabilidade ambiental. Não permitir, em sua percepção exagerada, inibir o desenvolvimento. Sua assunção indevida pode impactar prejudicialmente a Matriz com prejuízos para toda sociedade.

Realmente, o “Princípio da Precaução” vêm sendo fortemente utilizado nos mais variados fóruns de licenciamento, pelos atores que

tem exclusivamente visões de preservação sem nenhum compromisso com o desenvolvimento.

Provavelmente a Precaução tenha sido o princípio mais utilizado pelos humanos nesta longa caminhada, desde os hominídeos no Mioceno até a era contemporânea. Na época em que os nossos ancestrais tinham a necessidade de caçar seus próprios alimentos sem a ajuda de nenhum apetrecho. Devia ser com certeza, uma decisão difícil. Estava em jogo a vida, uma vez que poderiam ser caçados ao invés de caçar, mas tinham que fazê-lo, porque do contrário, morreriam de inanição. Certamente, a cada tomada de decisão eram confrontados os riscos: virar caça ou conseguir alimentos e preservar a sobrevivência.

O Marco Regulatório Ambiental brasileiro e mineiro, por conta da quantidade de diplomas e de sua anomia, vem colaborando para lentidão dos licenciamentos ambientais e aumento da incerteza jurídica, com reflexos danosos na matriz energética. Por vezes, enseja a participação de algumas ONGs, que usam o meio ambiente como pano de fundo, mas tem suas atuações marcadas pelo interesse próprio, quando não, sem o menor compromisso com o meio ambiente. Pode-se citar como exemplo os últimos licenciamentos de usinas hidrelétricas, notadamente Belo Monte, que além de ter seu reservatório reduzido a fio d'água, teve e está tendo muitos entraves e muitas judicializações. É necessário, portanto, que se faça uma consolidação do arcabouço institucional tanto federal quanto do Estado de Minas Gerais.

Outro ponto importante a abordar, relacionado ao processo de licenciamento, são as condicionantes. É muito freqüente o pedido pelos órgãos oficiais de exagerado número de condicionantes nos processos de licenciamento, uma grande quantidade delas sem embasamento jurídico e sem nenhuma racionalidade técnica; esta prática contribui para a morosidade do processo e aumenta injustificadamente os dispêndios do licenciamento, contribuindo para majorar ainda mais o “Custo Brasil”.

Nem o Brasil e nem Minas Gerais não podem abrir mão de seus potenciais hidrelétricos. As energias de usinas hidrelétricas, mesmo as Pequenas Centrais Hidrelétricas, são, além de mais baratas, limpas e renováveis, de maiores índices de nacionalização, o que vale dizer que incorpora percentuais maiores de mão de obra, inteligência, tecnologia, materiais e equipamentos nacionais, não implicando em evasões de divisas. Necessário, também, projetá-las com os seus volumes úteis devidamente calculados tecnicamente para que o sistema possa armazenar água suficiente para garantir energia para o mercado, inclusive viabilizar a inserção de outros tipos de energia que são intermitentes como, por exemplo, solar e eólica. Evidentemente, com

negociações justas com os atingidos pelos reservatórios e com a devida adequação ambiental de seus impactos.

As Usinas hidrelétricas além de terem um alto índice de nacionalização são a fonte de energia mais barata. O que significa dizer, se o Brasil quiser diminuir estruturalmente o preço da tarifa de energia elétrica, um dos caminhos seria privilegiar as gerações das usinas hidrelétricas.

Outro energético que deveria ser mais bem tratado pelo Estado é a biomassa proveniente de florestas nativas. O Estado tem um parque siderúrgico altamente dependente do carvão vegetal. Usar maciços florestais com bons manejos e com tecnologias adequadas no carvoejamento poderia trazer ganhos significativos para a Matriz, tornando-a mais renovável e minimizando os impactos ambientais, pelo aumento da biodiversidade, se comparado com a monocultura do eucalipto.

O Estado de Minas Gerais deve ficar atento as possibilidades de utilização econômica dos seus Resíduos Sólidos Urbanos – RSU. É inconcebível renunciar de quantidades significativas de matéria-prima e de energia contidas nos resíduos sólidos. Existem, atualmente, várias tecnologias disponíveis para o seu aproveitamento.

A pirólise, embora com processo já consolidado, os detalhes do processo ainda são alvo de inúmeros estudos e divergências. Tem sido empregada na produção de carvão vegetal a partir da madeira e encontra-se tecnicamente consolidada em vários países, também, para reciclagem de pneus.

A gaseificação está ainda, em fase de estudos, havendo algumas plantas instaladas, geralmente de pequeno porte, que utilizam madeira, casca de arroz, palha e outros resíduos agrícolas.

A técnica de plasma para RSU ainda não alcançou grande desenvolvimento industrial, talvez por conta do seu custo, mas a modalidade plasma gaseificação apresenta grande potencial.

Uma das boas oportunidades parece ser a utilização de sistemas conjugando termelétrica a gás, a ciclo combinado, acoplada a plantas de incineração de resíduos, com mais de um tipo de combustível; sistemas integrando gaseificação e ciclo combinado; bem como as “biorefinarias”, que transformam biomassas em energia e produtos químicos. Os Sistemas Integrados de Gaseificação e Ciclo Combinado – IGCC, atualmente em fase pré-comercial, sendo mais adotados para carvão mineral e coque de petróleo, também representam a conjugação de diversas tecnologias de conversão de energia. Um projeto denominado Biomassa-Energia-Materiais (B.E.M), com syngas e

biorefinarias, poderá num futuro próximo ser uma alternativa para os resíduos.

O coprocessamento de RSU, no município de Cantagalo – RJ, licenciado em 1999, que vem utilizando, em escala piloto, resíduo domiciliar municipal na fábrica de cimento da empresa Lafarge, poderá também se apresentar com possibilidades atraentes.

Em meio à grande confusão atual da nossa civilização, com a sociedade sendo massacrada pela mídia, com enormes dificuldades na distinção daquilo que é propaganda e o que é informação e misturando fantasia com realidade, a sensação é de que estamos vivendo um momento de transição. Os humanos começam a perceber a necessidade de mudanças de comportamentos e hábitos, mais justos com a sustentabilidade de nossa civilização. Tal percepção pode mudar, no médio prazo, a participação dos energéticos na matriz, bem como introjetar quantitativos maiores de eficiência energética nos processos produtivos com conseqüente alteração na matriz. Interessante ressaltar que programas, como o “Programa Minas Sustentável” lançado pela FIEMG, podem alterar as prospecções da Matriz, dependendo do nível de adesão das indústrias na busca de melhores eficiências de seus processos.

## REFERÊNCIAS

ABBUD, Omar Alves. **Por que hidrelétricas (com reservatório) são a melhor opção para o Brasil?** Brasil, economia e governo. Infraestrutura e petróleo. Disponível em: <<http://www.brasil-economia-governo.org.br/2012/07/10/por-que-hidreletricas-com-reservatorio-sao-a-melhor-opcao-para-o-brasil/>>. Acesso em 25 mai.2013.

ABRAF. **Anuário estatístico 2011, ano base 2010.** Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF11/ABRAF11-BR.pdf>>. Acesso em 10 mai.2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas do potencial eólico brasileiro.** Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/atlas\\_eolico\\_brasil/atlas-web.htm](http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm)>. Acesso em: 29 ago. 2013.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

ARAÚJO, Eduardo Nery Duarte de. **Fabricação de Estruturas Ordenadas sobre Grafeno Usando a Alumina Porosa como Máscara de Evaporação.** Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal de Minas Gerais, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2011.

ARCHET, Carlos Alberto et al. Nanoestruturas de carbono: novos materiais para o futuro. In: CONGRESSO INTERNO DO INMETRO, 1., 2010, Rio de Janeiro. *Anais....* Rio de Janeiro: Inmetro, 2010. p. 1 - 2. Disponível em: <<http://www.repositorios.inmetro.gov.br/handle/10926/595>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

BAJEY, Sergio Valdir; BARONE, Jussara Colombini. Otimização do uso de balanços energéticos no planejamento energético regional. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 1, n. 2, 1972. Disponível em: <[www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=3](http://www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=3)>. Acesso em: 21 jul. 2013.

BAPTISTA, Bráulio dos Santos; PUNA, Jaime Filipe Borges. A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - perspectiva ambiental e econômico-energética. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, 2008. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422008000300032&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000300032&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 10 ago. 2013.

BARICHELLO, L.E.G. et al. Análise da Produção Energética e de Carvão vegetal de espécies de eucalipto. **Ipef**, São Paulo, n. 23, p.53-56, abr. 1983. Disponível em:

<<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr23/cap08.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

BARRICHELO, L.E.G Brito, J.O. Aspectos florestais e tecnológicos da matéria-prima para carvão vegetal. **Circular técnica do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais/ ESALQ-USP**, v. 67, 1979, p.1-20.

BIODIESEL EM FOCO: Mais biodiesel-caminho para o desenvolvimento. Brasília: **UBRABIO**, n. 2, maio 2010. Disponível em: <<http://www.ubrablo.com.br/sites/1700/1729/00000169.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

BONETTI, Deco. **Hidroelétricas diferentes**: Pelamis. Disponível em: <<http://aventurasavela.wordpress.com/2012/05/29/hidroeletricas-diferentes/>>. Acesso em: 29 abr. 2013.

BORBA, Roberto Ferrari. **Carvão Vegetal**. Balanço Mineral, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/BalancoMineral2001/carvao.pdf>>. Acesso em 13 jul.2013.

BRANCO, Otavio Eurico de Aquino. **Avaliação da disponibilidade hídrica**: Conceitos e aplicabilidade. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilida-de-H%C3%ADdrica.pdf>>. Acesso em 15 jul.2013.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Licenciamento Ambiental**: documento para discussão. Brasília: 2009, p. 7-9.



BRITO, José Otávio. Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 9, n. 4, p.221-227, 1990. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/issue/view/671>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

CABELLO, Cláudio; SALLA, Diones Assis Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. **Revista Energia Na Agricultura**, São Paulo, v. 2, n. 25, p.32-53, 2010. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/54/36>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

CABRAL, Anya. História das usinas nucleoeletrônicas no Brasil. **Revista Eletrônica de Energia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.58-71, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/1639>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

CALDAS, Leidiana da Silva T. et al. Energia maremotriz e suas diretrizes: a reutilização da energia, de forma renovável, economicamente vantajosa e limpa. **Bolsista de Valor**, São Paulo, v. 1, p.191-198, 2010. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1815/993>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

CAMELO, Nelson José et al . Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.* Arica, v. 19, n. 2, ago. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052011000200007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052011000200007&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 10 ago. 2013.

CAMPOS, José Ricardo da Rocha et al. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional - MG: II - influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira Ciência Solo**. 2009, v.33, n.5, p. 1399-1408. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214068031>>. Acesso em 26 ago.2013.

CAMPOS, Leonardo Cristiano. **Nanofios de óxido de zinco e nanofitas de grafeno: fabricação, estrutura e propriedades de transporte (opto) eletrônico**. 2010, 100 f., Tese (doutorado em Física) - universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, H. M. **Impactos econômicos, sociais e ambientais devido à expansão da oferta de etanol no Brasil**, 2007. Disponível em:

<<http://www.cptpe.org.br/modules.php?name=News&file=article&sid=593>>. Acesso em: 23 ago. 2013.

CARVALHO, J. Martins; M. R. CARVALHO. Recursos geotérmicos e seu aproveitamento em Portugal. **Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe: Revista de Xeoloxía Galega e do Hercínico Peninsular**, Coruna, n. 29, p. 97-118, 2004. Disponível em: <<http://www.udc.es/iux/almacen/cadernos/Caderno29.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

CASTRO, F., Fabiana de et al. Obtenção de grafeno a partir do óxido de grafite: estudo comparativo de rotas de preparação e redução térmica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 20, 2012, Joinville. **Resumos**. Joinville: CBECM, 2012. Disponível em: <<http://www.cbecimat.com.br/trabalhos-completos-cbecimat.php>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

CASTRO, Rui. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada** - Introdução à energia eólica, 4 ed. Lisboa: IST, 2009.

CAVALETTI, Otávio; ORTEGA, Enrique; WATANABE, Marcos . A produção de etanol em micro e mini-destilarias. In CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Silva; GOMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Campinas-SP, Editora da Unicamp, 2008. p. 475-492.

CEMIG. **Atlas eólico**: Belo Horizonte: Cemig, 2010. <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/atlas\\_eolico\\_MG.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_MG.pdf)> Acesso em 29 ago.2013.

CEMIG. **Balanco energético do estado de Minas Gerais 2010. Ano base 2009**. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/pt-br/...Energeticas/.../25BalancoEnergeticoRev.pdf>>. Acesso em 29 abr.2013.

CEMPRE – **Compromisso empresarial para a reciclagem. Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: CEMPRE, 2010.

CENBIO – Centro nacional de referência em biomassa. **Comparação entre tecnologias de gaseificação de biomassa existentes no Brasil e no exterior e formação de recursos humanos na região norte: estado da arte da gaseificação**. 2002. Disponível em: <[http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/Estado\\_da\\_Arte.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/Estado_da_Arte.pdf)>. Acesso em: 18 abr.2013.

CIÊNCIA hoje. São Paulo: Instituto Ciência Hoje, v. 37, n. 220, 2005.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Apostila educativa**. Aplicações da energia nuclear. Disponível em <<http://www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>>. Acesso em 29 ago.2013.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Superintendência de tecnologia e alternativas e energética. Gerência de alternativas e energéticas. **Energia solar**. 2011.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução n. 264**, de 26 de agosto de 1999. Dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos, 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res26400.html>>. Acesso em 21 jun.2013.

COPAM. **Deliberação Normativa n. 154**, de 25 de agosto de 2010. Dispõe sobre o Coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Disponível em <[www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14613](http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14613)>. Acesso em 21 jun.2013.

CORRÊA, Maria Letícia. Contribuição para uma história de regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil: o Código de Águas de 1934 e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Política & Sociedade**, Santa Catarina, v. 4, n. 6, p.255-292, 2005.

DANDOLINI, Marlene. **Marés.** Disponível em:<<http://viajemauniverso.blogspot.com.br/>>. Acesso em 21 jun.2013.

Deganutti, R. et al.: **Modelo Indiano, Chinês e Batelada.** Departamento de Artes e Biodigestores Rurais Representação Gráfica, FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, UNESP - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0004.pdf>>. Acesso em 25 ago.2013.

DEGANUTTI, Roberto, PALHACI, Maria do Carmo Jampaolo Plácido, ROSSI, Marco et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn)>. Acesso em: 13 Jul. 2013.

DEMONTI, Rogers. **Sistema de co-geração de energia a partir de painéis fotovoltaicos.** 1998. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Tecnológico, UFSC, Florianópolis, 1998.

DOMINGOS, A.K.;RAMOS, L.P.; KUCEK, K.T.; WILHELM, H.M. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Biociência: Ciência e Desenvolvimento**, v.31, p.28-37, 2003.

DUBOC, E.; et al. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. (Embrapa Cerrados. Documentos, 197)

EMPRESA de Pesquisa Energética. Disponibiliza íntegra dos estudos de transmissão da hidrelétrica de Belo Monte. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 15 jul.2013.

ENGENHARIA S/S LTDA. **Avaliação técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais.** Porto Alegre: ENGENHARIA, 2010.

FAGAN, Solange Binotto; SOUZA FILHO, Antônio Gomes de. Funcionalização de nanotubos de Carbono. **Quím. Nova.** 2007, v.30, n.7, p. 1695-1703. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000700037&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000700037&script=sci_arttext)>. Acesso em 25 ago.2013.

FERRARI, Jason et al. . A evolução histórica do conceito das pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. Comitê brasileiro de barragens. In: SIMPÓSIO DE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 5., 2006, Florianópolis. **Anais...** .Florianópolis: CBB, 2006.

FERREIRA, Carlos Aparecido et al. Atuação da Eletrobrás, através do Procel, na Eficiência Energética de Indústrias Brasileiras. In: THE 8TH LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION, 5, 2009, Ubatuba. **Anais...** Ubatuba: UVG, 2009.

FERREIRA, G. B.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L.S.; GONDIM, T. M. S.; PEDROSA, M. B. **A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Embrapa Algodão. Documento).

FONTES, Alessandro Albino; SILVA, Márcio Lopes da; LIMA, João Eustáquio de. Integração espacial no mercado mineiro de carvão vegetal. **Rev. Árvore,** Viçosa, v. 29, n. 6, Dez. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622005000600013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600013&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 12 ago. 2013.

FREIRE, Estevão; GUIMARAES, Maria Jose De Oliveira Cavalcanti; JESUS, Karla Acemano de. Estudo de Prospecção Tecnológica em Grafenos. CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** .Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. v. 1, p. 1 - 15.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Diretoria de pesquisa e desenvolvimento. Gerência de energia e mudanças climáticas. **Resíduos sólidos urbanos: guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais.** Belo Horizonte: FEAM, 2012.

GARCIA, A. G. P. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria** – 2003, 139 fl. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

GARCIA, J. L; MILANEZ et al. **déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, conseqüências e sugestões políticas.** Março 2012. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3508.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3508.pdf)>. Acesso em 21 ago.2013.

GASMIG. Empresa do Grupo CEMIG. Disponível em <<http://www.gasmig.com.br/Institucional/Historia.aspx> >. Acesso em 13 jul.2013.

GELLER, Howard Steven. **Revolução energética: políticas para um futuro sustentável.** 2002. 338 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Departamento de Energia, USP, São Paulo, 2002.

GHENO, Grasiela; GUTERRES, Jonnathan Mosselin. Métodos de Esfoliação da Grafite para Síntese de Nanocompósitos. MOSTRA DE PESQUISA DA PÓS-GRADUAÇÃO PUCRS, 3., 2008, Porto Alegre. *Anais....* Porto Alegre: UFRS, 2008. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/research/salao/2008-IXSalaoIC/index\\_files/main\\_files/trabalhos\\_mostra/engenharia\\_tecnologia/62743.pdf](http://www.pucrs.br/research/salao/2008-IXSalaoIC/index_files/main_files/trabalhos_mostra/engenharia_tecnologia/62743.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2013.

GOES, Tarcízio; MARRA, Renner. **A expansão da cana-de-açúcar e sua sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/A%20expansao%20da%20cana-de-acucar%20e%20a%20sua%20sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 05 ago 2013.

GOLDEMBERG, J. VILLANUEVA, L.D. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento.** Editora da Universidade de São Paulo. 2 ed. São Paulo. 2003

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 55, dez. 2005.

Disponível

em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142005000300015&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000300015&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 12 ago. 2013.

Gouveia, J. **Certificados Brancos – Análise e contributos para a sua aplicação em Portugal**. 2008. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências e tecnologia. Departamento de ciências e engenharia do ambiente Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

GUENA, Ana Maria de Oliveira. **Avaliação ambiental de diferentes formas de geração de energia elétrica**, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Tecnologia Nuclear – Materiais), Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUERRA, C. A questão sócio-ambiental no “mundo do eucalipto”. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINEIRA, 1997, Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos: uma Abordagem Tecnológica**. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético)– Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HOFFMANN, Rodolfo. Segurança alimentar e produção de etanol no Brasil. **Segurança alimentar e nutricional**, v. 3, p. 01-05, 2008.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2000.

JOB, L. C. M. A; STRAPASSON, Alexandre B. Etanol, meio ambiente e tecnologia: reflexões sobre a experiência brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 15, n. 3, p. 51-63, 2006.

KHOLMANOV, I.N.; CAVALIERE, E.; CEPEK, C., GAVIOLI, L. Catalytic chemical vapor deposition of methane on graphite to produce graphene structures. **Carbon**, 48, p.1619–1625, 2010.

KLAUS, Václav. **Planeta azul em algemas verdes**. O que está correndo perigo: o clima ou a liberdade? Trad. Juliana Lemos. São Paulo: Thesaurus, 2010.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100017&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100017&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 17 ago. 2013.

KURAMOTO, Renato Yoichi Ribeiro; APPOLONI, Carlos Roberto. Uma breve história da política nuclear brasileira. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.3: p.379-392, dez. 2002.

LIBBY, D. C.; PAIVA, C. A. **Apresentação de 20 anos do Seminário sobre a Economia Mineira – 1982-1002**: coletânea de trabalhos, 1982-2000, Belo Horizonte: UFMG/FACE/CEDEPLAR, 2000, v. 2

LIMA, Maria da Piedade de Jesus et al. Geração de energia limpa a partir da carbonização dos resíduos sólidos urbanos - O Caso do Projeto Natureza Limpa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Enegep, 2011. Disponível em: <[http://railtonfaz.com.br/wp-content/uploads/2012/04/Artigo\\_ENEGEP\\_2011.pdf](http://railtonfaz.com.br/wp-content/uploads/2012/04/Artigo_ENEGEP_2011.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2013.

LINS, S. E. B. A sustentabilidade econômica e ambiental: o caso da bacia do rio Piracicaba. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINEIRA, 1997, Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR.

LUTINSKI, Junir Antonio; LUTINSKI, Cladis Juliana; GARCIA, Flávio Roberto Mello. Primeiro registro de *Glycaspis brimblecombei* Moore 1964, (Hemiptera: Psyllidae) em Eucalipto no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, abr. 2006. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782006000200046&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000200046&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 16 jul. 2013.

MACEDO, Isaias C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 157-165, 2007.



MACEDO, Isaiás de Carvalho, NOGUEIRA, Luis Augusto Horta. **Avaliação da Expansão do Etanol no Brasil. Prospecção Tecnológica – Biocombustíveis**. Brasília: Centro de Gestão de Estudos Estratégicos – CGEE, 2004

MARON VICHI, Flavio. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química. Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

MARTINS, F.R.; Pereira, E. B.; Echer, M.P.S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário – o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 145 - 159, 2004.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação tecnológica e eficiência energética**. 1999. 43 f. Monografia (MBA) - Curso de Energia Elétrica, Instituto de Economia, UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

MATRIZ energética de Minas Gerais 2007–2030. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2008.

MILANEZ, A. Y.; et. al. Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. **BNDES Setorial**, n. 31, p. 49-98, 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Smart Grid**. Grupo de trabalho de redes elétrica inteligentes. 2010.

NASSIF, Luis. A hora de repensar os reservatórios de hidrelétricas. **Carta capital**. Coluna econômica. Disponível em: <<http://www.cartacapital.com.br/economia/a-hora-de-repensar-os-reservatorios-de-hidreletricas/email/>>. Acesso em: 14 abr. 2013.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no SIN (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em: <<http://www.ons.org.br/home/>>. Acesso em 15 jul.2013.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T.; VIAN, C. E. F. Análise da competitividade das cadeias de agroenergia no Brasil. In: BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). **Análise da competitividade das**

**cadeias agroindustriais brasileiras.** São Carlos: DEP-UFSCAR/IE-UNICAMP, fev. 2006. (Projeto MAPA/IICA)

PEREIRA, André Belmont; VRISMAN, Augusto Leandro; GALVANI, Emerson. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. **Ciências Agrícolas**, Piracicaba, v. 59, n. 2, Jun. 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162002000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 ago.2013.

PIACENTE, E. A. **Perspectivas do Brasil no mercado internacional de etanol.** 173 p. 2006. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

POSSANI, Tanisia; SEVERO, Lucas Compassi. Análise Das Características Elétricas De Transistores Com Nanotubos De Carbono. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 3., 2009, Porto Alegre. *Anais...* . Porto Alegre: Universidade Federal do Pampa, 2009. v. 1. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/5328>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

PUC - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO. **Fabricação do cimento Portland e coprocessamento de resíduos industriais nos fornos de produção de cimento.** Apresentação em slides. Disponível em: <[www.dema.puc-rio.br/download/Aula%20Cimento%20IEM.pdf](http://www.dema.puc-rio.br/download/Aula%20Cimento%20IEM.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2013.

RABELO, Jorge Luiz; et.al.. As dimensões econômicas e ecológicas da exploração dos recursos naturais. SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINEIRA, Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 1997.

REZENDE, Rosemiro J de; WENDLAND, Edson Cezar. Aproveitamento da energia geotérmica do Sistema Aquífero Guarani - Estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002. *Anais...* .Florianópolis. 2002.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. **Indicadores ambientais:** avaliando a política de meio ambiente no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte:

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; 2006.

RODRIGUES, Délcio; ORTIZ, Lúcia. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Amigos da Terra Brasil, 2006.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007.

SACHS, Ignacy. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 21-38, 2007.

SALOMÃO, Alexa; ONAGA, Marcelo. Etanol o mundo quer. O Brasil tem. **Portal Exame**, São Paulo, 15 jun. 2006. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/0870/noticias/etanol-o-mundo-quer-o-brasil-tem-m0082575>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

SANTO ANTÔNIO ENERGIA. UHE Santo Antônio. Acompanhamento fotográfico. Montagem eletromecânica. 2011.

SANTOS, J.R.;PERES. Propriedades electrónicas do grafeno. Disponível em: <[http://www2.fis.ua.pt/fisica2006\\_CD/pdf/FMC51%20-%20PROPRIEDADES%20ELECTR%D3NICAS%20DO%20GRAFEN O.pdf](http://www2.fis.ua.pt/fisica2006_CD/pdf/FMC51%20-%20PROPRIEDADES%20ELECTR%D3NICAS%20DO%20GRAFEN O.pdf)>. Acesso em 20 ago.2013.

SANTOS. M.P. Há muito espaço lá no fundo... até ao grafeno. In: JORNADAS DA MACARONÉSIA SOBRE TEMAS ATUAIS DA FÍSICA, 1., 2012, Açores. **Anais...** . Açores: Universidade Dos Açores, 2012.

SEBRAE. **Agroenergia, matérias-primas**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/agroenergia/o-setor/florestas-energeticas/materias-primas>>. Acesso em 3 jul.2013.

SEBRAE. **Cartilha de Biodiesel**. Disponível em <<http://www.sebrae.com.br/setor/agroenergia/acesse/biblioteca/cartilha-biodiesel>>. Acesso em 25 jul. 2013.

SIGNORETTI, Valdir Tesche. **Controle das emissões de NOx, SOx e metais pesados quando se utilizam combustíveis alternativos e alto teor de enxofre na indústria de cimento**. Itajubá: UNIFEI, 2008, Disponível em: <[http://www.portal.unifei.edu.br/files/arquivos/PRPPG/Engenharia\\_mecanica/Conversao\\_energia\\_doutorado/Valdir\\_Tesche\\_Signoretti.pdf](http://www.portal.unifei.edu.br/files/arquivos/PRPPG/Engenharia_mecanica/Conversao_energia_doutorado/Valdir_Tesche_Signoretti.pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2013.

SILVA, Ricardo et al. Levantamento da produção científica mundial e Ibérica no campo dos nanotubos de carbono. **Química**, Lisboa, v. 116, n., p. 33-47, 2010. Jan/mar. Disponível em: <[http://spq.ubiktek.pt/revistas/Boletim/BSPQ\\_N116/BSPQ\\_N116.pdf](http://spq.ubiktek.pt/revistas/Boletim/BSPQ_N116/BSPQ_N116.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2013.

SILVA, Rodrigo Guerreiro E. A geração de energia maremotriz e suas oportunidades o Brasil. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, Campinas, v. 8, n. 2, p.0-0, dez. 2012. Disponível em: <<http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/337/265>>. Acesso em: 13 jul. 2013.

SILVA, Rodrigo Guerreiro et al. A geração de energia maremotriz e suas oportunidades no Brasil. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 8, n. 2, 2012. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/337/265>>. Acesso em 15 ago.2013.

SOARES, Edmar Avellar. **Estudo das propriedades eletrônicas e estruturais de sistemas nano-estruturados crescidos sobre superfícies vicinais**. Departamento de física. Universidade Federal de Minas Gerais. Projeto de Pesquisa, 2008.

SOUZA, S.N.M. de et al. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, v. 26, n. 2, p. 127-133, 2004.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos**, São Paulo, n. 79, Nov. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-33002007000300003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 ago. 2013.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Cartilha de licenciamento ambiental**. 2.ed. Brasília: TCU, 4ª Secretaria de Controle Externo, 2007.

UIRAPURU – TRANSMISSORA DE ENERGIA. **Programa sócio-ambiental. Dimensão hidráulica e o papel integrador das linhas de transmissão**. Disponível em: <<http://www.uirapuruenergia.com.br/index.php>>. Acesso em: 20 abr.2013.

VIANNA, Luiz Fernando Leone. **As associações setoriais e um passeio pela história da energia elétrica no Brasil. Setor elétrico brasileiro: passado e futuro -10 anos**. Disponível em: <<http://www.editoracanalenergia.com.br/10anos/home.asp>>. Acesso em 13 ago.2013.

VIEIRA, Gláucia Eliza Gama et al. O Processo de Pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, v. 12, p. 81-95, 2011.

Visages d'Amérique latine n.5, Sep.2007. **Enjeux énergétiques**. Avaliabile on: <[http://www.opalc.org/val//index.php?option=com\\_content&task=view&id=13&Itemid=9](http://www.opalc.org/val//index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=9)>. Access 15 ago.2013.