



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**Políticas públicas para energias renováveis: fator de competitividade para
eletricidade eólica e siderurgia semi-integrada**

Cláudio Albuquerque Frate

Orientador: Armando de Azevedo Caldeira - Pires

Dissertação de Mestrado

Política e Gestão Ambiental

Brasília - DF, abril de 2006



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.**

**Políticas públicas para energias renováveis: fator de competitividade para
eletricidade eólica e siderurgia semi-integrada**

Autor: Cláudio Albuquerque Frate.

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração de Política e Gestão Ambiental, opção profissionalizante.

Aprovado por:

Armando Caldeira de Azevedo - Pires (Doutor, CDS/UnB)
(Orientador)

Ivan Rocha Neto (Doutor, Pró-Reitor – UCB)
(Examinador externo)

Paulo César Gonçalves Egler (Doutor, MCT)
(Examinador interno)

Brasília, 11 de abril de 2006.

FRATE, CLAUDIO ALBUQUERQUE.

Políticas públicas para energias renováveis: fator de competitividade para eletricidade eólica e siderurgia semi-integrada. 80 p., (UNB - CDS, Mestre, Política e Gestão Ambiental, 2006).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

1 - Políticas públicas.

2 - Energias renováveis.

3 - Conceito de ciclos de vida.

4 - Siderurgia.

I - UnB-CDS.

II - Título (Série)

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Cláudio Albuquerque Frate

AGRADECIMENTOS

À Fabiane, Ada e Vito Rosa Frate pelo carinho e compreensão, e aos meus pais, Constantino Frate Neto e Maria Terezinha Albuquerque Frate, pela crença e estímulo constantes.

Ao Dr. Armando de Azevedo Caldeira-Pires, orientador desta dissertação, que com profissionalismo, paciência e sabedoria me conduziu.

À Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), do Governo do Estado do Ceará, pela oportunidade e apoio, em especial ao Prof. Dr. José Nilson Beserra Campos.

Aos colegas de mestrado do Centro de Desenvolvimento Sustentável - UnB, pelo prazer da convivência profissional, e principalmente amiga, sem a qual a caminhada não teria sentido.

Aos professores e funcionários do CDS/UnB pela dedicação e profissionalismo.

À Antonieta Mastandrea Frate, Alessandro de Siqueira César, Antonio F. Mota Junior, Armida Lins de Albuquerque do Amaral, Ana Paula Martins de Brito, Carlos Henrique Campos Meyer, Constantino Frate Junior, Roberto Albuquerque Frate, Cláudio Henrique Landim, Cristiane Belize Bonezzi, Dumara Regina de Lima, Eduardo Lyra Rocha Pinos, Elizabeth Cotta Martino, Emílio Luciano de Miranda e Silva, Fabiane Rosa de Oliveira, Ivan Ferreira da Costa, Ivan Ferreira César Luzes, José Domingos Gonzáles Miguez, Lindzai Santa Rosa, Lúcio Gonçalo de Alcântara, Marcela Lopes Frate, Laura Cristina Porto, Lucas Romano O. de Souza, Maria Augusta Burzstin, Maria Fátima Levy Albuquerque, Maria Nise Studart Lins Albuquerque, Pedro Porfírio Munis, Potira Meirelles Hermuche, Vinicius Carvalho, Stefan Krauter, Kênia Gonçalves Itacaramby e Willian Gervásio Mariano.

À Luz.

RESUMO

Esta dissertação trata sobre a importância da formulação e implementação de políticas públicas orientadas para energias renováveis que, utilizando o conceito de ciclo de vida de produtos, incentivam a produção de eletricidade de fonte eólica, ao mesmo tempo em que beneficiam consumidores siderúrgicos com a descarbonização de seus ciclos produtivos. Para isto, faz uma revisão bibliográfica da eletricidade de fonte eólica, mostra a política brasileira para energias renováveis em rede, o estágio atual das fazendas eólicas e suas capacidades de oferta de energia em vários horizontes de tempo. Ademais, este estudo discute os atributos diferenciados deste tipo de eletricidade em mercados de livre concorrência, que internalizam custos ambientais para, então, apontar, por meio de um amplo, não aprofundado e qualitativo Inventário de Ciclo de Vida (IVC), os vários compartimentos e categorias ambientais impactados pela energointensividade da siderurgia semi-integrada. Após evidenciar a capacidade da eletricidade de fonte eólica em minimizar os impactos socioeconômicos e ambientais da siderurgia sobre populações e meio ambiente, esta dissertação sugere a adoção de rótulos ecológicos tipo III (Declarações Ambientais de Produtos-DAP). Este tipo de rótulo, ao avaliar e atestar competitividade econômico-ambiental de ciclos produtivos pode sobrepujar, no âmbito da Organização Mundial do Comércio (OMC), barreiras comerciais não-tarifárias em transações comerciais entre grandes empresas, como as do aço.

Palavras-chaves: Eletricidade eólica; Externalidades; Avaliação de Ciclo de Vida; Rótulos ecológicos; Mercado de carbono.

ABSTRACT

This dissertation is about the importance of formulation and implementation of public policies oriented towards renewable energy sources that, making use of life cycle product concept, incentive the production of electricity from wind, at the same time it benefits electro-intensive steel industry consumers with the decarbonization of their productive cycles. To illustrate this, a brief bibliography review of wind source electricity is made, showing the Brazilian's policy network for renewable energies, the current stage of wind farms and their energy provision capacity in over different period of time. Furthermore, discusses the differentiated attributes of this type of energy in a free competition market, that internalize it's social and environmental costs to, making a large and superficial Life Cycle Inventory (LCI), pointing out the various environmental compartments and categories that suffer the impacts of the massive consumption of energy in the semi-integrated metal industry. After showing the capacity of the wind source electricity in minimizing the economic and environmental impacts of this kind of metal industry, on populations and environments, this dissertation suggests the adoption of ecological labels type III (Environmental Products Declarations - EPD). This type of ecological label, assessing and proving the economical and environmental performance of life cycles, concerning the World Trade Organization (OMC), may overcome non-taxable commercial obstacles in business to business transactions, such as steel industry.

Keywords: Wind Energy; Environmental Externality; Life Cycle Assessment; Environmental label; Carbon Market.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS E QUADROS
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INTRODUÇÃO

1. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL.....	09
1.1. CHOQUES DO PETRÓLEO E ENERGIA EÓLICA	
1.1.1 - Um breve histórico: das rodas d'água as turbinas eólicas	11
1.1.2 - Revolução industrial e choques do petróleo: declínio e ascensão da energia eólica	12
1.1.3 - Eletricidade de fonte eólica no Brasil	16
1.1.4 - Turbinas eólicas <i>offshore</i> : o estado-da-arte	18
1.2. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL	
1.2.1 Política energética nacional, livre concorrência e Constituição Federal	19
1.2.2 - Potencial eólico brasileiro	21
1.2.3 - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa	24
2. POLÍTICA INDUSTRIAL, TECNOLÓGICA E DE COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRA E SIDERURGIA SEMI-INTEGRADA	27
2.1. POLÍTICA INDUSTRIAL, TECNOLÓGICA E DE COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRA	
2.1.1 - Capacidade de inovação, comércio exterior e desenvolvimento sustentável	28
2.1.2 - Avaliação de ciclo de vida: evolução	30
2.1.3 - Conceito de ciclo de vida e políticas públicas	33
2.3. SIDERURGIA E CICLOS PRODUTIVOS	
2.2.1 - Siderurgia mundial e meio ambiente	36
2.2.2 - Siderurgia e rotas tecnológicas	38
2.2.3 - Siderurgia brasileira e competitividade	40
2.2.4 - Siderúrgicas semi-integradas e. avaliação de ciclo de vida	42
2.2.5 - Ciclo produtivo siderúrgico e eletricidade de fonte eólica	49
3. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO E RÓTULOS ECOLÓGICOS	52
3.1. POLÍTICA INTEGRADA DE PRODUTOS DA UNIÃO EUROPÉIA	
3.1.1 - Indústria e meio ambiente para o desenvolvimento sustentável	52
3.1.2 - Os pilares de sustentação: Estado, indústria e consumidores	54
3.1.3 - Sobre eletricidade eólica, siderurgia e política integrada de produtos	56
3.2. RÓTULOS ECOLÓGICOS E AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA	
3.2.1 - Organização Mundial do Comércio e rótulos ecológicos	57
3.2.2 - Rótulos ambientais e Avaliação de Ciclo de Vida	60

CONCLUSÕES
REFERÊNCIAS
ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistema Elétrico Interligado Nacional	10
Figura 1.2. Turbina eólica persa com eixo vertical	11
Figura 1.3. Turbina eólica chinesa com eixo vertical	11
Figura 1.4. Turbina Charles Bruch	13
Figura 1.5. <i>Grosse Windenergie Anlage - Growian</i>	14
Figura 1.6. Evolução de turbinas eólicas	16
Figura 1.7. Complementaridade dos regimes eólico e fluvial do Nordeste	17
Figura 1.8. Mapa de potencial eólico brasileiro	22
Figura 2.1. Matriz de eletricidade brasileira	27
Figura 2.2. Compartimentos naturais	31
Figura 2.3. Fases da avaliação de ciclo de vida	32
Figura 2.4. Ciclos produtivos do aço	33
Figura 2.5. Aplicações do conceito de ciclo de vida	34
Figura 2.6. Evolução mundial da produção de aço bruto	36
Figura 2.7. Rotas tecnológicas integrada e semi-integrada	38
Figura 2.8. Arranjo produtivo siderúrgico semi-integrado	43
Figura 2.9. Origem e classificação da sucata	46

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1.1. Fazendas eólicas <i>offshore</i> no mundo	18
Tabela 1.2. Oferta de potência e energia de fonte eólica no Brasil	23
Tabela 1.3. Situação atual das fazendas eólicas brasileiras	24
Tabela 1.4. Evolução de potência eólica no Brasil	25
Tabela 2.1. Indicadores ambientais do IISI	37
Tabela 2.2. Produção de aço dos dez maiores	41
Tabela 2.3. Exportações Brasil por produto	42
Tabela 2.4. Vendas de produtos siderúrgicos	42
Tabela 2.5. Evolução da produção de aço bruto por tecnologia. Vendas de produtos siderúrgicos	47
Tabela 2.6. Principais insumos e produtos energéticos e materiais na produção de aço	48
Tabela 2.7. Perdas de exergia da rota de produção semi-integrada conforme a carga metálica no forno elétrico e o tipo de geração de energia elétrica	50
Tabela 2.8. Emissões de CO ₂ de diferentes tecnologias de geração de energia elétrica	51
Quadro 3.1. Tipos de rótulos ISO	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV -	Avaliação de Ciclo de Vida.
AGT -	Acordo Geral de Tarifas.
AIE -	Agência Internacional de Energia.
ANEEL -	Agência Nacional de Energia Elétrica.
APL -	Arranjos Produtivos Locais.
BNDES -	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
CAC -	<i>Command and Control.</i>
CCE -	Comissão da Comunidade Européia.
CDS -	Centro de Desenvolvimento Sustentável.
CE -	Comunidade Européia.
CE -	Comunicação da Comissão da Comunidade Européia.
CF/88 -	Constituição da República Federativa do Brasil.
CFC-	Cloro Flúor Carboneto.
CH4 -	Metano.
CNI -	Confederação Nacional da Indústria.
CO2-	Dióxido de Carbono.
CQNUCC -	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.
CTA -	Centro Técnico Aeroespacial.
CTE -	Comitê sobre Comércio e Meio Ambiente.
DAP-	Declarações Ambientais de Produtos.
DFVLR -	Centro Aeroespacial da Alemanha.
GD -	Geração Distribuída.
EAF -	Forno Elétrico a Arco.

Eletrobrás-	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EMAS -	<i>Eco Management and Audit Scheme.</i>
EOL -	Usina Eólica.
EPA -	<i>Environmental Protection Agency.</i>
EPD-	<i>Environmental Product Declaration.</i>
Fe2O3-	<i>Minério de Ferro.</i>
GATT -	<i>General Agreement on Tariffs and Trade.</i>
GEE -	Gases de Efeito Estufa.
GROWIAN -	<i>Grosse Windenergie Anlage.</i>
IBS-	Instituto Brasileiro de Siderurgia.
IISI -	<i>International Institute of Steel and Iron.</i>
IPCC-	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change.</i>
ISO -	<i>International Standardization for Organization.</i>
MCT-	Ministério da Ciência e Tecnologia.
MDCI -	Ministério do Desenvolvimento e Comércio e Indústria.
MDL -	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.
MME -	Ministério das Minas e Energia.
OCDE-	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico-
OMC-	Organização Mundial do Comércio.
ONG-	Organização Não-Governamental.
PCH -	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PE -	Política Energética Nacional.
PIE -	Produtores Independentes de Energia.
PIP-	Política Integrada de Produtos
PITCE -	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior.
PLA -	<i>Produkt Linien Analyse.</i>

PROINFA -	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.
REPA-	<i>Resource Environmental Profile Analyses</i>
SAGE -	Sistemas Empresariais de Ecogestão e Auditoria.
SEINFRA-	Secretaria de Infra-estrutura
SETAC-	<i>Society for Environmental Toxicology and Chemistry</i>
SIN-	Sistema Elétrico Interligado Nacional.
EU-	União Européia.
UTE-	Unidade Termelétrica a Biomassa
UnB-	Universidade de Brasília.

INTRODUÇÃO

Esta dissertação considera como cenário um país onde o vento sopra permanentemente. Faz girar várias turbinas eólicas, de várias empresas geradoras, que vendem eletricidade para grandes indústrias. Estas indústrias têm o direito de escolher, em



Acearia elétrica.

regime de livre concorrência¹, de que fonte e de que empresas geradoras comprarão eletricidade. Uma pessoa jurídica pública de terceira parte, em relação às empresas geradoras e às indústrias consumidoras, contabiliza a movimentação de compra, venda, geração e injeção da energia no sistema elétrico único do país, de forma a garantir e atestar as transações ocorridas.

Neste contexto, a segurança de abastecimento elétrico se faz pela possibilidade em acumular, na forma de energia potencial, nos reservatórios hidrelétricos já existentes, a energia dos ventos. Este tipo de eletricidade, com custos ambientais internalizados, é diferenciada por impactar menos a sociedade, o meio ambiente e a própria economia. Ela é prioritariamente usada como oportunidade para indústrias poluentes cientes da necessidade de oferecer ao mercado interno e ao comércio internacional, produtos corretos ambientalmente ². As indústrias siderúrgicas são exemplos destas.

Estes produtos, devido ao valor agregado pela energia mais limpa que os fabricou, recebem um rótulo ecológico que atesta diferencial em qualidade ambiental e valor econômico. Isto incrementa a competitividade industrial do país e pode superar barreiras internacionais não tarifárias, ao mesmo tempo em que incentiva a geração de eletricidade por fonte eólica.



Fazenda eólica.

¹ Conforme Sandroni (2001), livre concorrência é o regime de iniciativa privada em que as empresas competem entre si, sem que nenhuma delas goze de supremacia em virtude de privilégios jurídicos, força econômica ou posse exclusiva de certos recursos.

² Conforme a CCE (2004), entende por produtos corretos ambientalmente aqueles que produzem menos impactos ambientais, ao longo de sua vida, em comparação com outros produtos que desempenham a mesma função.

A relevância econômica e socioambiental de produtos ambientalmente corretos em face da geração de eletricidade de fonte eólica

Os produtos, segundo o atual paradigma de consumo, são fundamentais para a riqueza e qualidade de vida da sociedade. Contudo, sua fabricação e consumo crescentes estão intrinsecamente ligados a inúmeros impactos ambientais e problemas sociais, em especial à poluição do ar, da água e do solo, à perda de biodiversidade e à escassez precoce de recursos naturais, que comprometem a saúde e a qualidade de vida das populações. Assim, o desafio que enfrentamos consiste em desenvolver equitativamente a humanidade, inclusive as gerações futuras e, ao mesmo tempo, preservar o meio ambiente conforme preconizado, em 1992, pela declaração sobre ambiente e desenvolvimento na Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUCC), no Rio de Janeiro.

A Comissão da Comunidade Européia (CCE), consciente desta problemática, ressalta que todos os produtos e serviços têm um impacto ambiental, seja durante sua produção, utilização ou descarte. Portanto, apesar da complexidade e dificuldade de quantificação, são claras as extensões potenciais. Assim, o crescimento econômico e a prosperidade permanente são influenciados diretamente pela produção e utilização destes produtos, o que evidencia a necessidade de encontrarem soluções que sirvam ao meio ambiente e à indústria, em que os melhoramentos ambientais e de produtos surjam de forma combinada, propiciando competitividade e sustentabilidade de longo prazo.

Conforme o *International Institute of Steel and Iron - IISI* (2005), indústria e governo poderiam atuar unidos em prol da minimização de distorções competitivas e de uma contribuição efetiva à redução de gases de efeito estufa (GEE)³ no setor siderúrgico. Portanto, a participação da indústria brasileira no processo de formulação de políticas públicas⁴ é

³ Conforme Goudie (1994), são gases de efeito estufa: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆). Eles se concentram na atmosfera terrestre, permitindo a entrada, mas não a saída da radiação infravermelha emitida pela superfície do planeta. Este é um fenômeno natural e necessário, que evita a perda de energia que a terra recebe do Sol. Entretanto, o acúmulo destes gases provoca o aumento da temperatura atmosférica da Terra, causando o superaquecimento global.

⁴ Conforme Jenkins (1978), políticas públicas são o conjunto de decisões inter-relacionadas tomadas por um ator político ou grupo de atores, relacionada a seleção de metas e meios de alcançá-las, dentro de um contexto específico onde tais decisões deveriam estar dentro do poder daqueles atores de atingi-las.

fundamental para a criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento. Sobre este assunto, afirma documento CNI (2005, p.22):

Esta participação deve ser aplicada em todas as etapas do processo de elaboração de políticas públicas: na identificação do problema; na definição dos itens que serão priorizados; na formulação; na implementação; e, por fim, no acompanhamento e na avaliação dos resultados obtidos.

Por outro lado, a demanda por eletricidade no Brasil, de forma semelhante à que acontece em outros países do mundo, é reflexo direto do seu crescimento econômico e, em especial, da fabricação de produtos intensivos em eletricidade. Dentro do universo destes eletrointensivos, o aço⁵ é o mais importante material para a engenharia e para a construção da era moderna. Usado em muitos aspectos de nossas vidas, seria difícil pensar o progresso sem sua existência, pois o aço desempenha um papel essencial no que toca ao desafio do desenvolvimento sustentável⁶, promovendo bem-estar social, aquecendo a economia e possibilitando às futuras gerações fazerem o mesmo. Nas palavras de Tolmasquim et al.⁷ (apud GELLER et al, 2004, p.1438):

O uso de energia no Brasil cresceu rapidamente nos últimos 25 anos [...]. A rápida industrialização, incluindo o alto crescimento do número de indústrias eletro intensivas, como as do alumínio e do aço, e os consumos residencial e comercial foram as principais causas [...].

A fome de energia parece não ter limites em todo o mundo, e não são apenas os países em desenvolvimento que fazem valer seus legítimos direitos ao crescimento econômico. Também os países industrializados não conseguem vislumbrar um cenário de plena satisfação da demanda (ALTMANN, 2002, p.13).

Ainda com relação a este assunto, Waschmann (2005) afirma que o empenho do atual governo em diminuir a alta desigualdade de renda entre as classes da população brasileira terá influências diretas e indiretas sobre o consumo energético brasileiro e sugere que medidas de políticas públicas que influenciam os hábitos de consumo, além de decisões

⁵ O aço pode ser definido como uma liga metálica constituída basicamente por ferro com pequenas adições de carbono e, eventualmente, outros metais.

⁶ Conforme documento CCE (2004), desenvolvimento sustentável significa satisfazer às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de as gerações futuras o fazerem.

⁷ TOLMASQUIN, M.T.; ROSA, L. P.; SZKLO, A. S.; SCHULLER, M.; DELGADO, M.A. **Tendências da eficiência elétrica no Brasil**. ENERGE/ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, 1998.

governamentais sobre a inserção da economia no mercado internacional, causam efeitos diretos sobre a demanda energética total. Nas palavras de Waschmann (2005, p.174):

Para que estas políticas sejam efetivas, devem ser planejadas com cuidado, para longo prazo. Uma substituição das exportações de produtos de baixo valor agregado e alto consumo energético por produtos de maior valor agregado e preferivelmente menor consumo de energia seria uma opção.

As graves conseqüências dos padrões de consumo de uso das fontes convencionais de energia são principalmente aquelas oriundas dos combustíveis fósseis. Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2004), 80% do potencial de aquecimento advêm das concentrações de dióxido de carbono (CO₂), que é o gás de mais fácil medição, devido à relação direta entre a queima de combustíveis fósseis e o carbono gerado. Assim, para se atingir os objetivos da CQNUCC, será indispensável incrementar a eficiência nas fontes geradoras convencionais, assim como o desenvolvimento e a adoção de fontes renováveis. Nas palavras de Vianna (2001, p.165):

Deve-se desenvolver e adotar novas tecnologias para uso de fontes renováveis, computando, inclusive, o custo ambiental e social de sua adoção. Estas ações devem ser acompanhadas de profundas mudanças nas políticas de disponibilização de energia e no comportamento do consumidor.

É considerando a permanente e crescente demanda por eletricidade, promovida em grande parte pelos consumidores eletrointensivos, como a siderurgia semi-integrada brasileira, que abordaremos nesta dissertação, e as emissões de gases de efeito estufa de sua cadeia produtiva, especialmente o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), originados nas atividades de geração termelétrica e hidrelétrica, que países têm diversificado suas matrizes energéticas, tornando-as mais limpas e confiáveis.

Segundo o *International Iron and Steel Institute* - IISI (2005), vários programas em todo o mundo estão reexaminando as práticas de produção de aço e, com vistas a reunir tais iniciativas, lançou em 2003 o programa *CO₂ breakthrough*, que se propõe a examinar desde projetos de seqüestro de carbono até a utilização inovadora de hidrogênio, gás natural, biomassa e eletricidade advinda de fontes renováveis, caso abordado no âmbito desta dissertação.

No Brasil, tal qual mostraremos, esta diversificação tem sido feita por meio da formulação e implementação de políticas públicas, que objetivam inserir no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) eletricidade gerada a partir de fontes renováveis, conforme estabelece o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que instalará 3300 MWatt de potência a partir de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Usinas de Biomassa (UTE) e Fazendas Eólicas (EOL).

No contexto brasileiro, o consumo de eletricidade advinda de fontes renováveis, como as do Proinfa, vai ao encontro da vocação e do aproveitamento do potencial natural de ecossistemas e biomas, a fim de tornar mais limpos e sustentáveis seus sistemas energéticos, reduzindo a dependência e os custos ambientais de grandes plantas termelétricas e hidrelétricas, e a redução dos custos de transmissão exigida pelo sistema elétrico tradicional, oferecendo a possibilidade de as indústrias produzirem produtos corretos ambientalmente, à medida que consumam como insumo de fabricação, uma eletricidade com menor emissão de poluentes. Segundo Kaberger e Karlsson (1998, p. 107):

O consumo de energia elétrica, gerada por fontes renováveis, se torna importante para a minimização dos impactos ambientais dos ciclos produtivos à medida que um dos principais insumos da atividade econômica produtiva, a energia, deixa de ter origem fóssil.

Conforme veremos, agregar aos ciclos produtivos do aço semi-integrado brasileiro eletricidade ainda mais limpa que a hidrotérmica de nossa matriz energética, como a renovável que advém de fonte eólica, representa uma possibilidade de manufaturar produtos corretos ambientalmente. Assim, com o objetivo de situar nosso trabalho no âmbito das ciências, Van Berkel⁸ et al. (apud COSTA, 2002, p. 23) ressaltam que se caracterizam como prevenção da poluição (PP), ramo da ecologia industrial:

:

Técnicas e medidas que levam à modificação de equipamentos e tecnologias, modificações de processos, reformulação e novos projetos para produtos, substituição de insumos materiais e energéticos, melhorias operacionais, de manutenção e reciclagem interna.

⁸ VAN BERKEL, R.; WILLEMS, E.; LAFLEUR, M. **The relationship between Cleaner Production and Industrial Ecology in enterprises.** Journal of Cleaner Production, v.1, n.1, Cambridge, 1997.

Neste contexto, discutiremos o fato de que o uso de eletricidade advinda de fonte eólica em ciclos produtivos eletrointensivos poderá ser atestado por meio de rótulos ecológicos baseados em Avaliações de Ciclo de Vida⁹ (ACV), e incentivará a geração de eletricidade eólica, à medida que esta passará a ser vista como um insumo diferenciado para empresas eletrointensivas, cientes da necessidade de tornar mais limpos seus ciclos produtivos, reduzirem custos comparativos¹⁰ em produtos ou cumprirem, como membros da Organização Mundial do Comércio (OMC)¹¹, possíveis exigências relativas à aposição de rótulos ecológicos, que habilitarão negociações *business to business*¹². Entretanto, apesar desta importante aplicação da ACV, Dalhammar e Rossem (2006, p. 92) afirmam:

A mais significativa contribuição da ACV e suas ferramentas não são necessariamente suas aplicações práticas, mas seu potencial para mudar nossa percepção sobre questões ambientais e desafiar a visão tradicional sobre a responsabilidade dos vários atores com relação ao combate dos problemas ambientais.

Neste sentido, quando aplicada ao aço semi-integrado brasileiro, a ACV e o próprio conceito de ciclo de vida¹³, da qual se origina, poderão dar suporte a políticas públicas que se destinem a escolher tipos de insumos, incluindo a eletricidade, tipos de processos produtivos, ou parte deles, que minimizem os impactos sociais e econômico-ambientais de seus ciclos produtivos, criando produtos corretos ambientalmente. Indo ao encontro deste cenário, Costa (2002, p.3.) propõe que “o que realmente estimula as firmas é a redução de custos e/ou a diferenciação de seus produtos (com qualidade superior ou correta ambientalmente) que lhes permitam obter vantagens no mercado consumidor”.

⁹ Conforme Allen et al (1977), a avaliação de ciclo de vida é uma ferramenta usada por produtores, consumidores e reguladores para selecionar, entre vários produtos ou serviços aqueles que, de melhor performance ambiental, servem ao mesmo propósito.

¹⁰ Conforme Sandroni (2001), custo comparativo é um conceito introduzido na teoria de comércio exterior, por David Ricardo, que afirma ser vantajosa a especialização internacional.

¹¹ Conforme Sandroni (2001), a Organização Mundial do Comércio (OMC), é uma entidade idealizada em 1947, mas não efetivada, seria uma agência da ONU dedicada à expansão do comércio mundial em bases multilaterais e não discriminatórias. Seus princípios, estabelecidos na carta de Havana, buscavam uma política de igualdade de tratamento para todos os países signatários, reduções tarifárias e eventual eliminação das restrições quantitativas ao comércio. O documento, entretanto, foi rejeitado em 1950 pelo senado dos Estados Unidos, mas alguns de seus itens constam do Acordo Geral de Tarifas e Comércio (GATT), acordo originalmente provisório e que acabou se tornando permanente.

¹² Transações comerciais de grande monta, realizadas entre pessoas jurídicas.

¹³ Não se deve confundir o conceito de ciclo de vida com a Avaliação de ciclo de vida, aqui entendida como uma ferramenta que envolve a quantificação e a avaliação dos impactos ambientais de um produto ao longo de seu ciclo de vida.

É neste contexto que a proposição de Kaberger e Karlsson (1998, p.105.) torna-se relevante, à medida que a possibilidade de escolha de compra de eletricidade por parte dos denominados consumidores livres¹⁴, estabelecida na Política Energética Nacional (PEN/1997) e na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CF/1988), é premissa desta dissertação:

Na perspectiva dos ciclos produtivos, o mais importante passo se dá quando consumidores são permitidos a decidir de qual empresa geradora comprarão sua eletricidade. Pela imposição de condições contratuais, o consumidor pode influenciar quais tipos de tecnologias permanecerão em uso, que tipos de recursos serão consumidos e quais as conseqüências ambientais que seus consumos de eletricidade causam.

Tal cenário reaviva a lógica de mercado entre geradores de eletricidade e consumidores, como as siderúrgicas semi-integradas, e incentiva investimentos em pesquisa e desenvolvimento, inovações tecnológicas e sistemas de gestão ambiental, como as Avaliações de Ciclo de Vida que, conforme veremos, além da melhoria de performance de ciclos produtivos, possui vasta gama de aplicações, incluindo a internalização de externalidades¹⁵ e a aposição de rótulos ecológicos. Sobre externalidades, afirmam Krauter e Kissel (2005, p. 395) que, “apesar da massiva redução de custos ocorrida na última década, a geração de eletricidade eólica ainda é, em geral, mais cara que as fontes convencionais, que levam vantagens por excluir as externalidades”.

Assim, ainda considerando Kaberger e Karlsson (1998), alguns consumidores, aqui entendidos como siderúrgicas semi-integradas, poderão influenciar e evidenciar que tipos de tecnologias, com seus respectivos impactos ambientais, permanecerão em uso, propiciando assim o planejamento para efetivas melhorias em toda a cadeia produtiva. Sobre este assunto, Markard e Truffer (2006, p.313) afirmam que “a demanda por eletricidade advinda de fontes renováveis pode expandir a construção de novas plantas de geração e, uma vez que a expansão destes sistemas exceda a demanda, elas substituirão as opções não renováveis e mais poluentes”.

¹⁴ Conforme a Lei 9.074/1995, consumidor livre é aquele que, atendido em qualquer tensão, tenha exercido a opção de compra de energia elétrica, conforme as condições previstas nos arts. 15 e 16 da Lei 9.074, de 07 de julho de 1995.

¹⁵ Conforme Owen (2004), externalidades são definidas como custos ou benefícios gerados não intencionalmente como subproduto de uma atividade econômica, que provêm da não internalização pelas partes envolvidas, e onde compensações não ocorrem. Externalidades ambientais são benefícios ou custos que se manifestam por meio de mudanças no meio ambiente físico-biológico.

Em face do exposto, esta dissertação tem por objetivo geral evidenciar uma janela de oportunidade para redução dos impactos sociais, econômicos e ambientais dos ciclos produtivos do aço semi-integrado brasileiro, enquanto incentiva a geração de eletricidade eólica. Como objetivos específicos propõe:

- Apropriar-se do conceito de ciclo de vida para formulação de políticas públicas orientadas para energias renováveis;
- Apropriar-se do conceito de Avaliação de Ciclo de Vida para melhorias econômica e ambiental dos ciclos produtivos siderúrgicos;
- Evidenciar as relações, no âmbito da OMC, entre o consumo de eletricidade de fonte eólica, pela siderurgia semi-integrada, e a aposição de rótulos ecológicos tipo III;
- Identificar no ciclo produtivo do aço semi-integrado, externalidades positivas geradas pelo consumo de eletricidade de fonte eólica;
- Identificar cenários produtivos de incentivo para a geração de eletricidade eólica.

O método de investigação contempla pesquisas bibliográficas nas áreas de energias renováveis, processos siderúrgicos e certificações ambientais internacionais de produtos, além de políticas e leis dos setores elétricos brasileiro, e de produtos e energias renováveis da comunidade europeia. Artigos sobre a desregulamentação dos mercados de energia no mundo, em especial o de eletricidade renovável na Europa, com ênfase em emissão de gases de efeito estufa (GEE), complementam o estudo.

No âmbito desta dissertação, junto ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília - CDS/UnB, foram realizadas visitas técnicas e entrevistas com atores dos setores elétrico, siderúrgico, de produção de turbinas eólicas, de geração-transmissão-distribuição de eletricidade e do mercado de carbono. Uma parcela da informação foi coletada em congressos, nos quais foram apresentados os seguintes trabalhos, sendo o segundo deles o anexo A desta dissertação:

FRATE, C.A.; CALDEIRA-PIRES, A. **Eletricidade de fonte eólica, análise de ciclo de vida e mercado de livre concorrência.** In: X Congresso Brasileiro de Energia, 2004, Rio de Janeiro.

FRATE, C.A.; CALDEIRA-PIRES, A. **On the Wind Energy, Electricity Free Market and Life Cycle Assessment in Brazil.** International Journal of Energy, Technology and Policy, United Kingdom, v. 3, n. 4, p. 355-362, 2005.

CAPÍTULO 1

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Este capítulo aborda, em uma primeira parte, a evolução histórica dos moinhos de vento, desde a Pérsia antiga, quando ainda não se utilizava sua força de trabalho para geração de eletricidade e sim para irrigação, até os dias de hoje, mostrando a evolução técnica e o estado-da-arte das turbinas eólicas e sua capacidade de gerar e injetar grandes blocos de energia em sistemas elétricos interligados, como o brasileiro. Em uma segunda parte, partindo das premissas de livre concorrência estabelecidas pela Constituição da República Federativa do Brasil - CF/1988, pela Política Energética Nacional - PEN/1997, instituída pela lei 9.478/1997, e pelo novo modelo do setor elétrico, instituído pela lei 10.848/2004, e considerando o potencial eólico brasileiro mostrado em mapas temáticos e tabelas, demonstra a forma escolhida para implementação da política pública de energias renováveis na rede¹⁶ brasileira: o Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, quantificando e caracterizando a energia por ele disponibilizada no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN)¹⁷, mostrado na figura 1.1, a seguir.

¹⁶ Aquela que transmite e distribui eletricidade por meio de sistemas elétricos interligados.

¹⁷ Conforme lei 9.648/1998, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é uma entidade de direito privado, sem fins lucrativos, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional - SIN, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica. Sua missão é operar o Sistema Interligado Nacional de forma integrada, com transparência, equidade e neutralidade, de modo a garantir o suprimento de energia elétrica contínuo, econômico e seguro no país. Para cumpri-la, o ONS deve:

- Realizar o planejamento, programação e despacho centralizados dos recursos de geração e transmissão;
- Propor ampliações e reforços para o sistema de transmissão;
- Garantir o livre acesso; e
- Administrar os serviços de transmissão.

Em 2004, com a instituição do novo modelo do setor elétrico (Lei 10.848/2004), o ONS teve suas atribuições ratificadas pelo decreto 5.081/04. O atual estatuto do ONS foi aprovado pela Resolução Autorizativa n.º da Aneel, de 12 de agosto de 2004. Cabe salientar, que conforme proposto na introdução desta dissertação, o ONS pode caracterizar-se como a pessoa jurídica pública, de terceira parte em relação às empresas geradoras e às indústrias consumidoras, que contabiliza a movimentação de compra e venda, assim como a respectiva geração e injeção desta energia na malha elétrica única do país, garantindo e atestando as transações ocorridas. Há também que se atentar também para as atribuições da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CBEE) para este contexto.

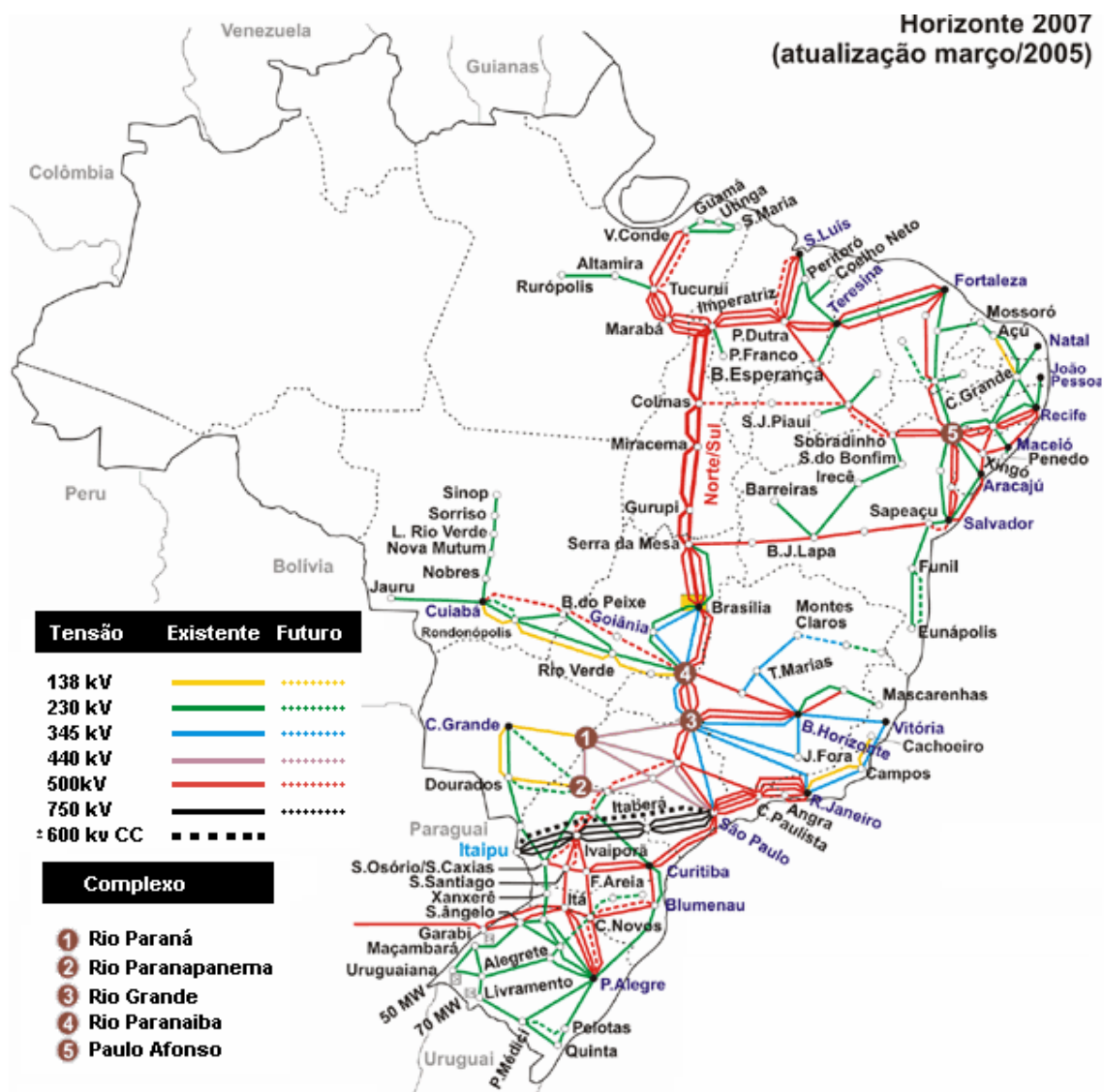


Figura 1.1. Sistema Elétrico Interligado Nacional - SIN

Fonte: ONS, 2006

1.1. CHOQUES DO PETRÓLEO E ENERGIA EÓLICA

1.1.1 Um breve histórico: das rodas d'água às turbinas eólicas

Com o avanço da agricultura, os homens necessitaram crescentemente de ferramentas que os auxiliassem no trabalho. Tarefas como a moagem de grãos e o bombeamento de água demandavam cada vez mais esforço animal, inclusive humano. Isto levou ao desenvolvimento de uma forma primitiva de moinho que utilizava de um eixo vertical acionado por uma alavanca

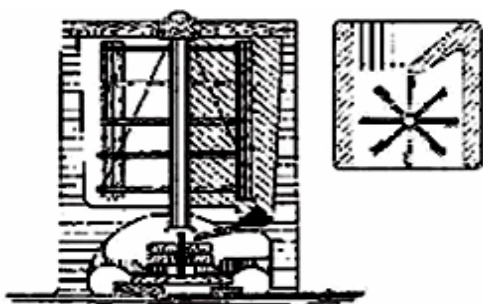


Figura 1.2. Turbina eólica persa com eixo vertical - 200 a.C. (KRAUTER, C.S.W. In: X CBE, 2004).

horizontal a ele presa, e movida por homens ou animais caminhando numa gaiola circular. Este sistema foi aperfeiçoado para a utilização em riachos com capacidade motriz, surgindo assim as primeiras rodas d'água. Salientamos que, historicamente, a utilização das rodas d'água precede a dos moinhos de vento devido à sua concepção mais simples de aproveitamento (DUTRA, 2001, p.181).

Como não existem rios, em todos os lugares, capazes de oferecer trabalho a partir de rodas d'água, a percepção do ar em movimento como fonte natural de aproveitamento possibilitou o surgimento dos moinhos de vento, substituindo assim a força motriz humana ou animal nas atividades agrícolas. Conforme documento Chesf - Bracsep¹⁸ (apud DUTRA, p.182), o primeiro registro histórico de utilização da energia eólica por meio de moinhos de ventos é proveniente da Pérsia, por volta de 200 a.C. como mostra a figura 1.2. Este tipo de moinho de eixo vertical veio a ser difundido pelo mundo islâmico, sendo utilizado por vários séculos. É Provável também que, antes da invenção dos moinhos de vento na Pérsia, a China, por volta de 2000 a.C. já utilizasse moinhos de ventos para irrigação conforme figura 1.3.

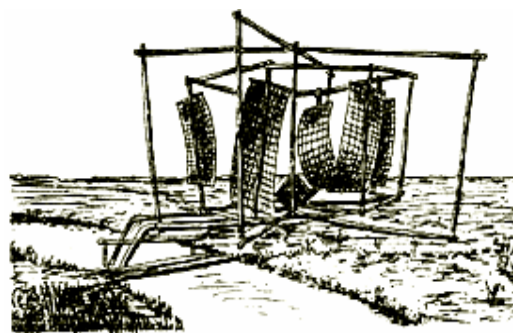


Figura 1.3. Turbina eólica com eixo vertical China - 2000 a.C. (KRAUTER, C.S.W. In: X CBE, 2004).

¹⁸ COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (Chesf), Bracsep. **Fontes Energéticas Brasileiras, inventário/Tecnologia. Energia eólica.** V.1 De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento, Rio de Janeiro, 1997.

1.1.2 Revolução industrial e choques do petróleo: declínio e ascensão da energia eólica

O início do século XX foi marcado por profundas transformações tecnológicas. A eletricidade alterou os níveis de conforto *per capita* das populações por ela atingidas. A invenção do motor à combustão interna, aproveitando combustíveis fósseis processados, mudaria profundamente a sociedade. Um importante marco para a energia eólica na Europa foi a revolução industrial do final do século XIX, pois com o surgimento da máquina a vapor, iniciou-se o declínio do uso da energia eólica.

As grandes reservas de petróleo, a economia de escala no processamento de combustíveis e a fabricação de motores à combustão interna, em especial dos tipos Otto e Diesel, tornaram o petróleo uma força motriz muito poderosa e com custos acessíveis. Assim, a geração de eletricidade usando grandes motores à combustão interna e a energia hidráulica de grandes cursos d'água passaram a predominar. Nesse momento, a energia eólica iniciou seu declínio de utilização, dada a competitividade técnica e econômica das novas tecnologias de geração que, não mais dependentes dos ciclos da natureza, atrelaram-se ao calendário Gregoriano e passaram a oferecer energia conforme a demanda imediata do modo de produção capitalista vigente. Neste cenário, em um dado momento, os projetos de turbinas eólicas se restringiram somente a estudos acadêmicos sem interesses mercadológicos.

Ainda sobre o declínio do uso de fontes renováveis de energia, como a eólica, afirma Altmann (2002, p.14) que:

Até o final do século XVIII o fornecimento de energia na Europa era feito à custa de fontes primárias e renováveis de energia, tais como a lenha, a energia dos ventos e da água, da turfa, da energia do sol aplicada aos processos de secagem, e mesmo da força muscular dos homens e animais.

Publicação da Chesf - Bracesp¹⁹ (apud DUTRA, p.184) afirma ainda que, mesmo em um cenário de declínio de utilização da energia eólica para fins de geração de eletricidade, alguns

¹⁹ COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO, BRASCEP. **Fontes Energéticas Brasileiras, inventário/Tecnologia. Energia eólica. V.1 De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento**, Rio de Janeiro, 1997.

países com pequenas reservas de petróleo, ou mesmo sem grandes rios, mantiveram a pesquisa e o desenvolvimento para geração de eletricidade a partir deste tipo de fonte. Este é o caso da Dinamarca que, em 1890, iniciou um programa para desenvolver e utilizar, em larga escala, turbinas eólicas para geração de eletricidade.

Conforme a *Scientific American*²⁰ (apud DUTRA, 2001, p. 186), em 1888, Charles F. Brush, um industrial voltado para eletrificação no campo, ergueu na cidade de Cleveland, Ohio, o primeiro moinho de vento destinado a gerar eletricidade (Figura 1.4). Tratava-se de um moinho que fornecia 12 KW, em tensão contínua, para carregar baterias que se destinavam a alimentar 350 lâmpadas incandescentes. O invento de Brush apresentava três inovações para o desenvolvimento da eletricidade eólica. Em primeiro lugar, a altura utilizada pelo invento estava dentro das categorias dos moinhos de vento utilizados para beneficiamento de grãos e bombeamento d'água. Em segundo lugar, foi introduzido um mecanismo de grande fator de multiplicação de rotação das pás (50:1), que funcionava em dois estágios, possibilitando o máximo aproveitamento do dínamo, cujo funcionamento se dava a 500 rpm. Em terceiro lugar, este invento foi a primeira e mais ambiciosa tentativa de combinar aerodinâmica e estrutura de moinhos de vento com recentes inovações tecnológicas para a produção de eletricidade.

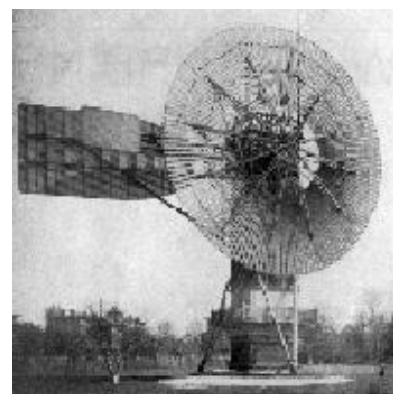


Figura 1.4. Turbina Charles Brush *Illustrated History of Wind Power Development* (2006).

Sektorov²¹ (apud DUTRA, 2001, p. 186) afirma que:

Em relação ao desenvolvimento de turbinas de grande porte, o primeiro passo foi dado na Rússia, em 1931. A turbina eólica do tipo Balaclava foi um modelo avançado de 100kW, conectado a uma linha de transmissão de 6,3 kV, de 30 km de extensão, e a uma usina termelétrica de 20 MW. Esta foi a primeira tentativa bem-sucedida de conectar uma turbina eólica de tensão alternada a uma usina termelétrica.

²⁰ SCIENTIFIC AMERICA, DEC.20, 1890, Mr. **Brush's Windmills Dynamo**. Vol.LXIII, n.25 cover and p. 389. apud SHEPHERD, 1994 Op.cit.

²¹ SEKTOROV,V.R., 1934, **The first Aerodynamic Three Phase Electric Power Plant in Balaclava**, *L'Elettrotecnica*, 21(23-24), pp. 538-542; Traduzido por Scientific Translation Service, NASAtt-f-14933,1964, Washington, DC: National Aeronautic and Space Administration, pp.13 apud SHEPHERD, 1994 Op cit.

Ainda com relação a turbinas de grande porte, afirma Divone²² (apud DUTRA, 2001, p.189) que:

Durante o período entre 1955 e 1968, a Alemanha construiu e operou um aerogerador com o maior número de inovações tecnológicas da época. Os avanços tecnológicos deste modelo persistem até hoje na concepção dos modelos atuais, mostrando o seu sucesso de operação. Tratava-se de uma turbina eólica de 34 metros de diâmetro, operando com potência de 100KW, a ventos de 08 m/s.

Apesar de todos os projetos anteriores à década de 1970 terem sido desativados devido



Figura 1.5. Grosse Windenergie Growian. Department of Mechanical Engineering / Technical University of Denmark (2006).

aos baixos preços do petróleo e à expansão da rede elétrica, eletrificadas por usinas hidrelétricas e termelétricas, a Alemanha desenvolveu modelos para fins de pesquisas nos períodos de choque do petróleo. Conforme publicação Chesf - Bracesp²³ (apud DUTRA, 2001), em 1982 a Alemanha construiu a maior turbina eólica concebida: o *Grosse Windenergie Anlage - GROWIAN*, mostrado na figura 1.5, que reunia as mais novas tecnologias disponíveis. Uma turbina era fixada em uma torre tubular flexível com 100 metros de altura e 100 metros de diâmetro de rotor, com duas pás e capacidade para gerar 3.000 KW a ventos de 11,8 m/s. Mesmo sendo um projeto de grande relevância para o aprendizado sobre grandes turbinas eólicas, o funcionamento desta turbina nunca foi satisfatório, o que levou ao encerramento do projeto após o período de testes.

²² DIVONE, L.V. **Evolution of modern wind turbine**. In: SPERA, S.A. Wind turbine technology fundamental concepts of wind turbine engineering, New York., ASME PRESS, p.73-138, 1994.

²³ COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO, BRASCEP. **Fontes Energéticas Brasileiras, inventário/Tecnologia. Energia Eólica V.1 De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento**, Rio de Janeiro, 1997.

Em outubro de 1973, a economia mundial foi fortemente abalada pelo choque das altas sucessivas do preço do petróleo. O primeiro aumento do petróleo elevou o preço do barril de cerca de US\$ 2,00 em 1972, para cerca de US\$ 10,00 em novembro de 1973. Depois de cinco anos, um novo choque elevou o preço para US\$ 35,00. Neste contexto, a Agência Internacional de Energia (AIE) propôs aos membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) uma série de estratégias, dentre as quais podemos relevar a substituição do petróleo por outras fontes de energia, a diversificação das fontes de importação de petróleo e programas de eficiência energética.

Assim, os sucessivos choques do petróleo propiciaram a retomada de investimentos em energia eólica. Pesquisas e investimentos foram direcionados para o uso de turbinas eólicas conectadas a redes, em paralelo com plantas termelétricas. Com o aumento do preço do combustível, o custo da eletricidade gerada em termelétricas justificava economicamente a retomada de investimentos no setor elétrico eólico de grande porte.

A maioria das turbinas eólicas da classe MW está instalada na Alemanha, o que demonstra a importância da indústria alemã no desenvolvimento tecnológico mundial. Em termos comerciais, a Alemanha transformou sua indústria no mais evoluído parque mundial de fornecedores de turbinas eólicas. Estas ainda estão em plena evolução, e ainda não atingiram seus limites de tamanho e potência, tanto *onshore*²⁴ quanto *offshore*^{25,26}. Conforme (EWEA, 2003, p.10), “um total de 180.000 MWatts serão instalados até o ano de 2020, dos quais 70.000 MWatts devem ser *offshore*”. A figura 1.6 mostra o desenvolvimento dos tamanhos e potências de turbinas eólicas a partir de 1985.

²⁴ Turbinas eólicas implantadas em terra firme.

²⁵ Turbinas eólicas implantadas em águas oceânicas, distando entre 1,5 e 3,0 km da costa.

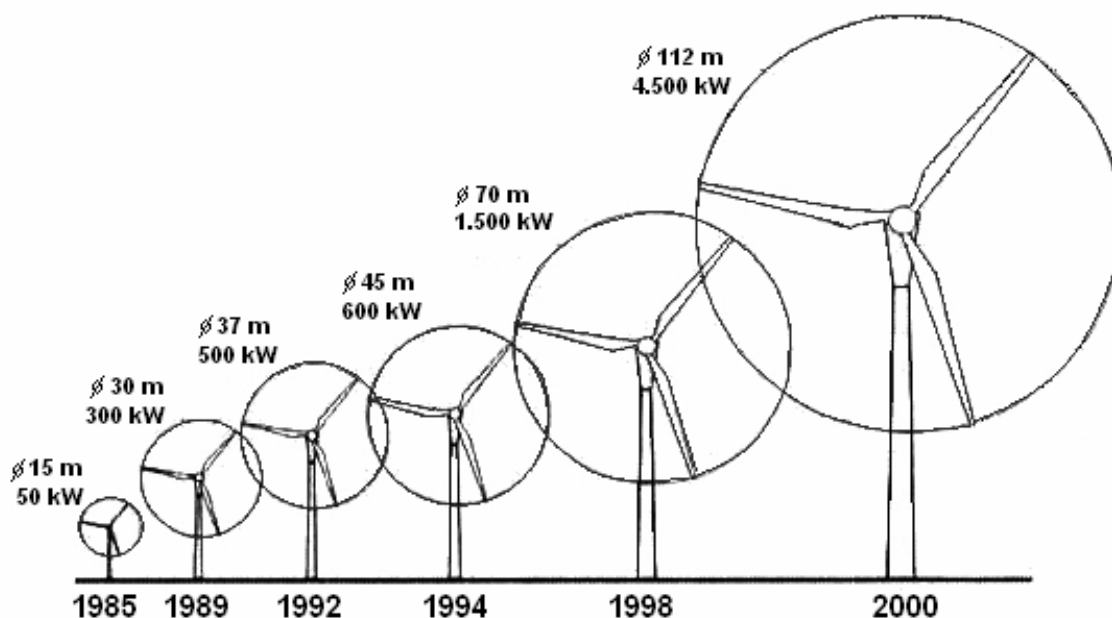


Figura 1.6. Evolução de turbinas eólicas

Fonte: CBEE, 2006.

1.1.3 Eletricidade de fonte eólica no Brasil

No Brasil, os primeiros estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologia nacional datam de 1976, nos laboratórios do Centro Técnico Aeroespacial (CTA). Inicialmente foram desenvolvidos vários protótipos de moinhos de vento, de pequena potência, o que incentivou uma das primeiras avaliações do potencial eólico para a geração de eletricidade na costa do Nordeste. O projeto tomou grande proporção quando o Centro Aeroespacial da Alemanha (DFVLR) firmou parcerias com o CTA para execução de um moinho de vento de 100 KW de potência, com rotor de 25 metros de diâmetro.

²⁶ CAMPOS, L.M. (2005). **Informação Verbal**. Gerente geral: Wobben Wind Power. Fortaleza, 15 agosto de 2005.

Conforme mostra Bittencourt (1999), há complementaridade entre a oferta de eletricidade de fonte eólica e a de biomassa no Sudeste, e eólica e hídrica no Nordeste do Brasil. A tendência de estabilização sazonal na oferta de eletricidade de fonte eólica como complemento foi comprovada ao estudarem os níveis médios de vazão dos rios, atendendo a algumas plantas geradoras da região Nordeste e da região Sul. Como pode ser visto na figura 1.7, o período em que existe a menor vazão dos rios é aquele no qual ocorrem as maiores incidências de vento.

A complementaridade na geração de eletricidade tem se mostrado um tema de grande interesse, uma vez que, de acordo com BEN (2005), a demanda de eletricidade no Brasil cresce em torno de 5% ao ano. O crescimento da demanda e a busca por novas fontes geradoras de energia, desafios presentes no setor elétrico da atualidade, fazem com que a eletricidade de fonte eólica seja uma opção cada vez mais presente nos novos projetos de geração e expansão do setor elétrico brasileiro.

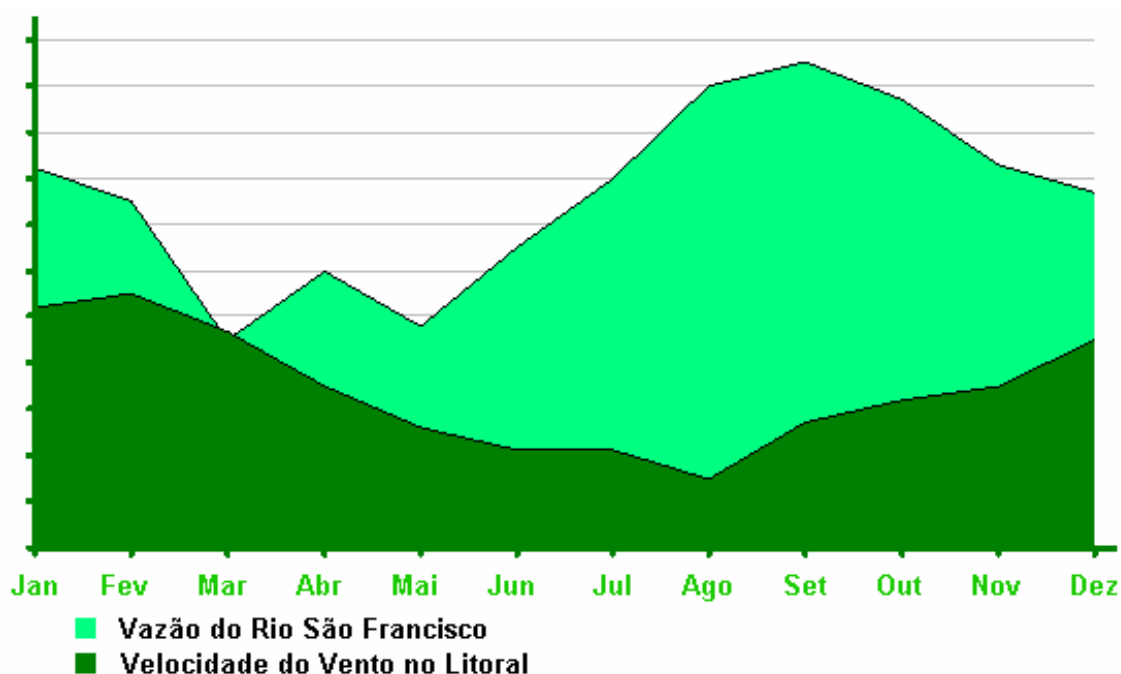


Figura 1.7. Complementaridade dos regimes eólico e fluvial no Nordeste.

Fonte: Adaptada de CBEE, 2006.

1.1.4 Turbinas eólicas *offshore*: o estado-da-arte

A primeira fazenda eólica *offshore* a operar comercialmente foi Vindby, projetada pela concessionária dinamarquesa ELKRAFT, usando 11 turbinas BONUS de 450 KW. As turbinas foram instaladas entre 1,5 e 3,0 km da costa, em águas rasas²⁷. Cada turbina utilizou uma fundação de base pesando aproximadamente 100 toneladas. Cerca de metade do peso da fundação era formado por cascalho e areia do fundo do mar, melhorando consideravelmente sua sustentação (EWEA, 1988).

A tabela 1.1 mostra as fazendas eólicas *offshore* instaladas e em operação. Várias empresas já desenvolveram modelos específicos para este tipo de operação. A empresa Enercon, por exemplo, cuja versão de 1,8 MWatt do modelo E - 66 está disponível no mercado desde início de 1999, já anunciou o desenvolvimento do modelo E -112, de 4,5 MWatt, com torre e rotor de respectivamente 130 e 112 metros²⁸

Tabela 1.1. Fazendas eólicas *offshore* no mundo. (adaptada de ZAAUER, 2003).

Localização	Início de operação	Pot. Instalada (KW)	Fabricante
Norgersung (Suécia)	1990	01 x 0,23 = 0,23	Wind World
Vindby (Dinamarca)	1991	11 x 0,45 = 4,95	Bonus
Lely (Países baixos)	1994	04 x 0,50 = 2,00	Ned Wind
Tonoknob (Dinamarca)	1995	10 x 0,50 = 5,00	Vestas
Dronten (Países baixos)	1996	28 x 0,60 = 16,80	Nordtank
Bockstigen (Suécia)	1998	05 x 0,50 = 2,50	Wind World
Middelgrund (Suécia)	2000	20 x 2,0 = 10,00	Bonus
Utgrunden (Suécia)	2000	07 x 1,425 = 10,00	Enron Wind
Yttre (Suécia)	2001	05 x 2,0 = 10,00	NEG Micon
Horns Ver (Dinamarca)	2002	80 x 2,00 = 160,00	Vestas
Samsø (Dinamarca)	2003	10 x 2,30 = 23,00	Bonus
Frederiskshav I (Dinamarca)	2003	01 x 3,0 = 3,00	Vestas
Frederiskshav II (Dinamarca)	2003	01 x 2,3 = 4,60	Bonus

²⁷ São tidas como águas rasas profundidades oceânicas de 3,0 a 5,0 metros.

²⁸ CAMPOS, L.M. (2005). **Informação Verbal**. Gerente geral - Wobben Wind Power - Fortaleza 15 ago. 2005.

Os custos ainda são elevados se comparados às instalações *onshore*. Estudos estão sendo desenvolvidos para reduzir os custos da fundação e da transmissão da eletricidade gerada para terra firme. Novas pesquisas a fim de melhorar a tecnologia têm sido incentivadas pela laminaridade do vento no mar. Afirma Dutra (2004, p.194) que os resultados das fazendas de Vindby e Tonoknob, mostraram ganhos surpreendentes:

Mais de 4.000 MWatt de potência eólica deverão ser instalados em projetos *offshore* na Dinamarca nos próximos 30 anos. O desenvolvimento de novas tecnologias, o barateamento das fundações e novas pesquisas no perfil do vento *offshore* vêm aumentando a confiança da indústria de eletricidade de fonte eólica dinamarquesa. Com as experiências em Vindby e Tonoknob, a Dinamarca tem despontado como uma grande interessada em novos investimentos neste tipo de fazendas [...] [...] Os resultados obtidos nos primeiros anos de operação mostraram uma produção energética entre 20 a 30 % maior que a prevista pelos métodos tradicionais de modelamento e avaliação do perfil do vento para geração eólica.

Altmann (2002) propõe que o aproveitamento de energia eólica no mar é uma área completamente nova, com dimensões ainda pouco conhecidas, das quais ainda não se colheram as respectivas experiências, e que até 2006, a Alemanha obterá 15% da energia consumida a partir de instalações eólicas *offshore*, tomando por base o ano de 1998. Ressalta, entretanto, que ainda são pouco determinados os potenciais de risco e conflito com os setores de transporte, pesca e turismo.

1.2. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

1.2.1 - Política energética nacional, livre concorrência e Constituição Federal.

A PEN/1997 materializa-se como a principal norteadora dos projetos, programas e ações do setor elétrico e objetiva formular políticas públicas estáveis e eficazes, que preservem o interesse nacional, promovam o desenvolvimento sustentável e valorizem as vocações energéticas regionais. Conforme esta lei, que contempla as peculiaridades de ecossistemas e biomas, tais objetivos serão atingidos por meio da diversificação da matriz energética, do uso de fontes renováveis de energia e do aproveitamento econômico dos recursos e das tecnologias disponíveis e aplicáveis. Deverão também proteger o interesse do consumidor quanto a preço e qualidade de produtos, atraindo investimentos para o segmento da geração, além de ampliar a competitividade

do país no mercado internacional por meio, inclusive, de rótulos ecológicos, enquanto protege o meio ambiente.

O aproveitamento eólico no século XXI consolidou-se como uma alternativa viável e limpa de geração de eletricidade, capaz de conciliar as necessidades de uma moderna sociedade industrial com preservação ambiental²⁹. A necessidade de oferecer informações capazes de identificar áreas adequadas para aproveitamentos eólicos, capacitar planejadores do setor elétrico, agências reguladoras, investidores e formuladores de políticas públicas em suas tomadas de decisões levou o Ministério das Minas e Energia (MME) a elaborar o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001).

Cabe salientar que, conforme sugerido no cenário introdutório desta dissertação, a promoção da livre concorrência de fornecimento de energia elétrica estabelecida no Brasil fundamenta-se no capítulo I, artigo 1, inciso IX desta mesma política, que delimita seus princípios e objetivos, e no título VII, capítulo I, artigo 170, inciso IV da Constituição da República Federativa do Brasil - C.F/1988, que determina os princípios gerais da atividade econômica, na lei 9.074/1995, artigo 15, incisos I a X , e artigo 16 que estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica, e na lei 10.848/2004, novo marco regulatório do setor elétrico.

Sobre este assunto, indo ao encontro do cenário introdutório desta dissertação, Porto (2002, p.23) afirma que [...] a política pública de energias renováveis europeia, implementada com instrumentos voluntários, foi desenvolvida num contexto de abertura e de liberalização do sistema elétrico [...]. Entretanto, Thomas (2006) chama a atenção para a possibilidade de existir um forte risco de as recentes reformas no setor elétrico, em alguns países do norte da Europa,

²⁹Conforme a lei 9.985/2000, preservação significa um conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem à proteção em longo prazo das espécies, *habitats* e ecossistemas, além da manutenção dos processos ecológicos, prevenindo a simplificação dos sistemas naturais.

resultarem na mudança de monopólios³⁰ regulados para oligopólios³¹ inadequadamente regulados.

1.2.2 Potencial eólico brasileiro.

Nos últimos anos, vários foram os levantamentos realizados para a caracterização e utilização do potencial eólico no Brasil, como o Atlas do Potencial Eólico do Ceará, realizado pela Secretaria de Infra-estrutura (Seinfra), do Governo do Estado. Contudo, para fins desta dissertação, consideraremos o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, confeccionado com o software *MesoMap*, cujo desenvolvimento se deu em anos recentes, com suporte do *New York State Energy Research and Development Authority* (MME, 2001).

Tal sistema de modelamento numérico de ventos de superfície se constitui em um conjunto integrado de modelos de *softwares* que simulam situações atmosféricas utilizando-se de bases de dados meteorológicas e geográficas, redes de computadores e sistemas de armazenamento que consideram e processam variáveis de entrada como relevo, rugosidade de solo induzida por classe de vegetação e uso de solo, interações térmicas entre superfície terrestre e atmosfera, além da presença de vapor d'água e albedo³² (MME, 2001). Seus resultados são balizados e validados por referências existentes, como as grades de dados meteorológicos, as radiossondagens, os dados anemométricos e de temperatura medidos sob o oceano, e medições de vento de superfície, realizadas regionalmente e apresentadas na forma de mapas temáticos (Figura 1.8). Propõem Moraes; Marques e Carvalho (2005, p.1550) que “os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte concentram a maior parte do potencial eólico do país [...]”.

³⁰ Conforme Sandroni (2001), monopólio é uma forma de organização do mercado, nas economias capitalistas, em que uma empresa domina a oferta de determinado produto ou serviço que não tem substituto.

³¹ Conforme Sandroni (2001), oligopólio é um tipo de estrutura de mercado, nas economias capitalistas, em que poucas empresas detêm o controle da maior parcela do mercado.

³² Conforme Goudie (1994), albedo é o termo usado para descrever a proporção de energia refletida pelo solo, e por isso é uma propriedade que tem uma superfície de refletir radiação solar.



Figura 1.8. Mapa de potencial eólico brasileiro
Fonte: MME. 2001

A integração das áreas apresentadas nos mapas temáticos, utilizando recursos de geoprocessamento e cálculos de desempenho e produção de energia elétrica a partir de curvas de potência de turbinas eólicas existentes no mercado demonstra, respectivamente, 143.470.000.000 kW e 272.200.000.000 kWh/ano de potência e energia, para ventos de 7.0 m/s, conforme apresentado na tabela 1.2 (MME, 2001).

Tabela 1.2. Oferta de potência e energia de fonte eólica no Brasil (MME, 2001).

Ventos. m/s)	Área cumulativa (Km ²)	Potência Instalável (KW)	Energia anual (kWh/ano)
> 6	667.391	1.334.780.000.000	1.711.620.000.000
> 6,5	231.746	463.490.000.000	739.240.000.000
> 7,0	71.735	143.470.000.000	272.200.000.000
> 7,5	21.676	43.350.000.000	100.300.000.000
> 8,0	6.679	13.360.000.000	35.930.000.000
> 8,5	1.775	3.350.000.000	10.670.000.000

Salienta a análise do Atlas de Potencial Eólico Brasileiro - MME (2001), que o processo de integração cumulativa aplicado considera as seguintes premissas:

- Foram integradas todas as áreas que apresentaram velocidades médias anuais iguais ou maiores que 6m/s;
- Foram consideradas curvas médias de desempenho de turbinas eólicas no estado-da-arte mundial, instaladas em torres de 50m de altura;
- Para esta estimativa, foi utilizada uma densidade média de ocupação de terreno de apenas 2MW/km². Aqui, convém salientar que este valor é considerado conservador, uma vez que representa cerca de 20% do realizável por usinas eólicas em terrenos planos;
- Foram adotados intervalos com incrementos de 0.5m/s para velocidades médias anuais de vento. O desempenho de turbinas eólicas foi calculado para os limites inferiores de cada intervalo;
- Foi adotado um fator de disponibilidade de 0.98%, considerado típico para usinas eólicas comerciais; foram descartadas da integração as áreas cobertas por água, como lagos, lagoas, açudes, rios e mar.

1.2.3 Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica-Proinfa

Considerando o potencial das fontes renováveis brasileiras, quantificado em estudos como o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, abordado no tópico anterior, foi respectivamente instituído, revisado e regulamentado pelas leis federais 10.438/2002, 10.762/2003 e portaria n.º 45 do MME, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa que atualmente conta com 28.5 MW de potência eólica instalada (Tabela 1.3).

Tabela 1.3. Situação atual das fazendas eólicas brasileiras (Aneel, 2006).

Usinas eólicas brasileiras	Pot.Instalada (MW)	Proprietário
Fernando de Noronha - PE	2.25	Centro Brasileiro de Energia Eólica - UFPE.
Olinda - PE	2.25*	Centro Brasileiro de Energia Eólica- UFPE.
Prainha - CE	10.0	Wobben Wind Power.
Taíba - CE	5.0	Wobben Wind Power.
Morro do camelinho - MG	1.0	Companhia Energética de Minas Gerais.
Palmas - PR	2.500	Centrais Eólicas do Paraná
Mucuripe - CE	2.400	Wobben Wind Power.
Bom Jardim - SC	0.6	Bom Jardim da Serra - SC
Horizonte - SC	4.8	Água doce - SC
Macau - RN	1.8	Macau - RN.
POT. TOTAL: 10 Usinas	28.55 MW	

* Repotencializada para 0.25 MW.

Este programa propõe, em sua primeira fase, a instalação de 3300 MWatts de potência a partir de usinas de biomassa, de pequenas centrais hidroelétricas e de usinas eólicas no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). Sua contratação se deu mediante chamada pública e considerou prioritárias, para cada fonte específica, as idades das licenças ambientais de instalação³³. Em sua primeira fase, cada uma das três tecnologias instalará 1.100 MWatts de potência. A energia gerada será comprada pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. durante 20

³³ Conforme Resolução Conama 237/1997, Art. 8º, Inciso II, Licença de Instalação (LI) é aquela que autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambientais, e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.

anos, dos Produtores Independentes de Energia (PIE)³⁴ que estiverem em operação até 30 de dezembro de 2008 (Lei 10.075/2004). Aqui convém ressaltar que os custos administrativos, financeiros e tributários do programa em questão serão rateados proporcionalmente entre todas as classes de consumidores brasileiros, excluídos os consumidores da subclasse residencial baixa renda³⁵.

Em sua segunda fase atenderá, já considerado o tempo e a potência instalada na primeira delas, 10% do consumo anual de energia elétrica do Brasil em um período de 20 anos (Tabela 1.4). Este fato é estratégico para o Governo Federal à medida que tem na formulação e implementação de políticas públicas para energias renováveis sua diretriz geral, indo ao encontro da Política Energética Nacional.

Convergindo com um de nossos objetivos específicos, o maior desafio é o conhecimento, a quantificação e a internalização das externalidades ambientais, além da absorção da tecnologia envolvida e de sua completa implementação e adequação às oportunidades oferecidas pelo novo marco regulatório do setor elétrico.

Tabela 1.4. Evolução de potência eólica no Brasil (Fonte: adaptado Aneel, 2006).

Empreendimentos Eólicos em Operação.			
Quantidade	Matriz de eletricidade (%)	Pot. Outorgada (kW)	Pot. Fiscalizada (kW)
10	0,03	31.000	28.550
Empreendimentos Eólicos em Construção.			
Quantidade	Matriz de eletricidade (%)	Pot. outorgada (kW)	Pot. Fiscalizada (kW)
05	4.99	208.300	-
Outorgados para o período 1998/2005 - (não iniciaram construção			
Quantidade	Matriz de eletricidade (%)	Pot. Outorgada (kW)	Pot. Fiscalizada (kW)
128	22.56	5.323.393	-

³⁴ Conforme lei 9.074/1995, Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) é pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.

³⁵ Conforme lei 10.438/2002, subclasse residencial baixa renda considera-se aquele que, atendido por circuito monofásico, tenha consumo mensal inferior a 80 kWh/mês ou cujo consumo situe-se entre 80 e 220 kWh/mês; neste caso, desde que observe o máximo regional compreendido na faixa e não seja excluído da subclasse por outros critérios de enquadramento a serem definidos pela Aneel.

Conforme Porto (2004), o programa, além de complementar a sazonalidade hídrica da região Nordeste, comercializará, anualmente, no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas/Protocolo de Kyoto/Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), 2,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono - CO₂, na forma de créditos.

Afirma Miguez (2002) que estas iniciativas possibilitam ao Brasil se beneficiar do MDL, a partir da negociação do carbono não emitido e da atração de investimentos de países constantes no anexo I do protocolo, que não tenham atingido as metas de redução estabelecidas. Tomando como exemplo a Avaliação de Ciclo de Vida da turbina eólica Wobben E-40, produzida em diferentes regiões geográficas e com diferentes designs ecológicos, Lenzen e Wachsmann (2004, p.129) afirmam que esta estratégia “pode ser uma alternativa viável para melhorias ambientais nas chamadas economias sujas, de forma a atingir os níveis exigidos de redução de emissões de CO₂”.

No caso da siderurgia brasileira, projetos de eficiência energética, reaproveitamento de resíduos mediante aplicação de tecnologias limpas, projetos de reflorestamento e aproveitamento de biomassa, como a substituição de carvão mineral por carvão vegetal no processo de produção de ferro-gusa, podem ser submetidos às entidades certificadoras na esfera de Kyoto. No setor energético, o Brasil pode se beneficiar de projetos de implementação de sistemas de energia eólica, solar, co-geração por processos químicos e aproveitamento de biomassa. Vale considerar que sendo os custos de implementação de projetos de redução de emissão de GGE dos países em desenvolvimento, em geral, mais baixos do que nos países industrializados, o Brasil torna-se atrativo para investimentos externos e transferência de tecnologias que promovam o desenvolvimento de fontes renováveis e tecnologias de seqüestro de carbono³⁶.

³⁶ Miguez, J. D. G. **Informação verbal**. Coordenador - Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 22 março de 2006.

CAPÍTULO 2

Em face da arquitetura do Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) e do arcabouço jurídico-institucional estabelecido pelo novo marco regulatório do setor elétrico, é possível estabelecer um mercado de livre concorrência, em ambiente de Geração Distribuída (GD), para o bloco de eletricidade eólica oferecido pelo Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Este bloco de eletricidade, à medida que insumo dos ciclos produtivos da siderurgia semi-integrada, pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e melhorar a performance socioeconômica e ambiental do aço brasileiro. Esta melhoria induz o nível de competição do Brasil no comércio internacional, conforme objetiva a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), e evidencia a relevância da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para a siderurgia, enquanto prioritária na pauta de exportações brasileiras.

POLÍTICA INDUSTRIAL, TECNOLÓGICA E DE COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRA E SIDERURGIA SEMI-INTEGRADA.

Este capítulo aborda, em sua primeira parte, a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), mostrando seus principais objetivos, funções e estratégias de implementação. Neste contexto, descreve o caráter estratégico do aço na pauta de exportações brasileiras e apresenta, sob a luz da possibilidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, que impactam socioeconômica e ambientalmente os ciclos produtivos da siderurgia semi-integrada, as principais etapas da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida - ACV. Em uma segunda parte caracteriza, em termos de produção, competitividade e vantagens comparativas, a siderurgia brasileira no contexto mundial, para então apresentar as possíveis rotas tecnológicas e realizar um amplo e não aprofundado inventário dos impactos ambientais dos ciclos produtivos da siderurgia semi-integrada, apontando os principais insumos, emissões e os vários compartimentos naturais impactados. Por fim, identifica e sugere a possibilidade de melhoria da performance socioeconômico-ambiental de seus ciclos produtivos, por meio do consumo de eletricidade de fonte eólica, em substituição ao *mix* hidrotérmico da matriz de eletricidade brasileira (Figura 2.1), oferecida pelo Sistema Interligado Nacional (SIN).

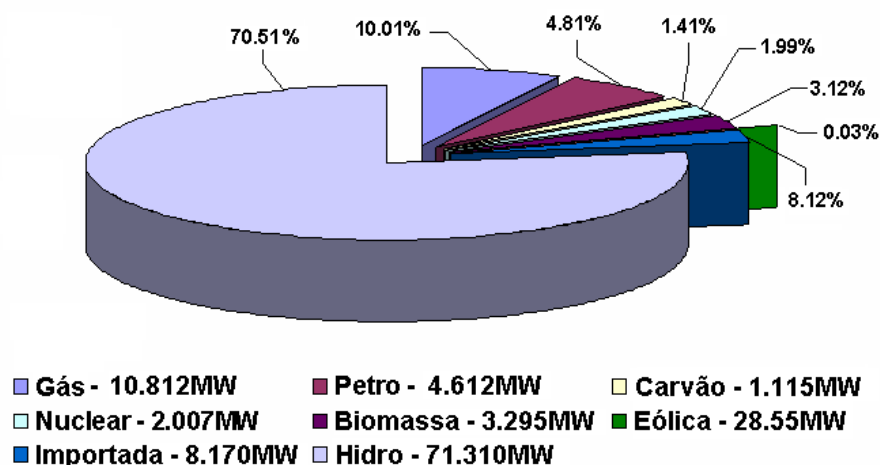


Figura 2.1. Matriz de eletricidade brasileira.

Fonte: Aneel, 2006.

2.1. A POLÍTICA INDUSTRIAL, TECNOLÓGICA E DE COMERCIO EXTERIOR BRASILEIRA

2.1.1 Capacidade de inovação, comércio exterior e desenvolvimento sustentável

O panorama mundial está marcado por uma nova ambiência econômico-ambiental que, baseada no aumento da demanda por produtos e processos diferenciados, viabiliza-se pelo desenvolvimento intensivo de tecnologias limpas e por novas formas de organizações empresariais. Aumentar a inserção externa e a capacidade de inovação da indústria brasileira guarda forte relação com o desenvolvimento de sistemas de gestão ambientais maiores, melhores e mais compatíveis com o tamanho das corporações internacionais, com o amadurecimento empresarial das empresas nacionais e com as exigências do comércio internacional (CCPR, 2003).

É neste contexto que os documentos intitulados Diretriz de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior da Casa Civil da Presidência da República (CCPR, 2003) e Mapa Estratégico da Indústria para 2007-2015 da Confederação Nacional das Industrias (CNI,

2005), configuram-se como os principais referenciais teóricos da primeira parte deste capítulo, à medida que afirmam ser a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) uma iniciativa integrada, que faz parte de um conjunto de ações que compõem a estratégia de desenvolvimento apresentada pelo governo brasileiro: crescimento sustentável, emprego e inclusão social (CCPR, 2003, p.3)

Assim, ressalta o documento CCPR (2003, p.2), que a PITCE, voltada para o aumento da eficiência da estrutura produtiva, para a capacidade de inovação e expansão das exportações, “tem como objetivo o aumento da eficiência econômica e do desenvolvimento e difusão de tecnologias limpas com maior potencial de indução do nível de competição no comércio internacional”. No curto prazo, a PITCE busca diminuir as restrições externas do país e, no médio e longo, equacionar o desenvolvimento de atividades-chave, de modo a gerar capacitações que permitam ao Brasil aumentar sua competitividade no cenário internacional (CCPR, 2003, p.09).

Documento CCPR (2003, p.3) sobre a PITCE observa que “especialmente relevantes são seus elos de articulação com a integração físico-econômica do território, através do esforço do setor público, em parceria com o setor privado, na melhoria da infra-estrutura de transporte, energia e telecomunicações”. Estas melhorias, em conjunto com políticas regionalizadas, visam a fortalecer oportunidades, vocações, competências e a expansão da parcela brasileira no comércio internacional. Tal expansão traz conseqüências positivas para a economia brasileira, à medida que a aquece, reduz sua vulnerabilidade à choques econômicos externos e minimiza custos ambientais de produção.

Sua implementação é viabilizada por instrumentos cujas responsabilidades cabem às instâncias federal, estadual e municipal. A PITCE lança mão de mecanismos institucionais de implementação e coordenação para negociações entre atores privados e de governo, caracterizando-se como participativa. Conforme documento CCPR (2003, p.11), as linhas de ação consideradas pelo governo federal para a PITCE são:

- Inserção externa;
- Inovação e desenvolvimento tecnológico;
- Capacidade e escala produtivas;

- Modernização industrial;
- Opções estratégicas.

Esta política enfatiza ser necessário concentrar esforços em algumas áreas estratégicas e intensivas em conhecimento. Estas áreas estratégicas possuem basicamente atividades que, além de se relacionar com a inovação de processos, produtos e formas de uso (CCPR, p. 16):

- Promovem o adensamento do tecido produtivo;
- Abrem novas oportunidades de negócios;
- São importantes para o futuro do país e apresentam potencial para o desenvolvimento de vantagens comparativas dinâmicas;
- São responsáveis por parcelas expressivas dos investimentos internacionais em pesquisa e desenvolvimento;
- Apresentam dinamismo crescente e sustentável;
- Relacionam-se diretamente com a inovação de processos, produtos e formas de uso.

Cabe salientar ser o aço, que trataremos na segunda parte deste capítulo, extremamente importante no âmbito desta política, à medida que representa o principal insumo para os setores da construção civil e automobilístico, além da fabricação de bens de capital que, junto a semicondutores, *softwares*, fármacos e medicamentos representam áreas estratégicas para a PITCE.

Podemos afirmar que a PITCE busca elevar o patamar das exportações brasileiras, por meio do estabelecimento de padrões de conteúdo, qualidade e *design* para produtos e pela criação de Arranjos Produtivos Locais (APL). Sobre este assunto, destaca documento CNI (2005, p.46):

Os arranjos produtivos locais e o fortalecimento das cadeias produtivas criam vantagens competitivas no setor industrial [...] [...] promover a transformação industrial nos locais próximos às áreas de oferta dos recursos contribui para o melhor aproveitamento destes e diminui o volume de material transportado, com impacto sobre a eficiência do sistema de transporte.

Finalmente, podemos assegurar que, para a PITCE, a promoção da capacidade inovadora das empresas para a concepção de produtos e processos que estimulem o incremento de atividades prioritárias como biotecnologia, *software*, eletrônica, opto - eletrônica, novos materiais, nanotecnologia, energias renováveis e atividades derivadas do protocolo de Kyoto é prioritária (CCPR, 2003). Para estes fins veremos, ainda neste capítulo, que a adoção de ferramentas como a Avaliação de Ciclo de Vida é imprescindível.

2.1.2 Avaliação de Ciclo de Vida: evolução

Os primeiros estudos envolvendo o que conhecemos como Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) tiveram início durante a primeira crise do petróleo, o que gerou a procura por fontes renováveis de energia e despertou o mundo para a necessidade de melhor utilizar seus recursos naturais como um todo. Naquele momento, vários estudos foram realizados a fim de avaliar os processos produtivos e, apesar de o enfoque principal destes estudos haverem sido a questão energética, alguns deles chegaram a considerar vários aspectos da questão ambiental, incluindo estimativas de emissões para o solo, para a água e para a atmosfera (Figura 2.2).

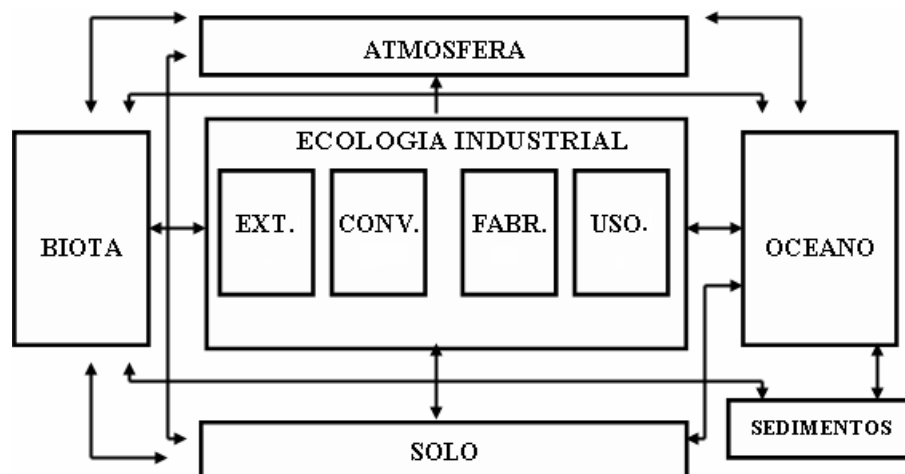


Figura 2.2 Compartimentos naturais.

Chehebe (1997) observa que em 1965, a fábrica de refrigerante Coca-Cola custeou um estudo realizado pelo *Midwest Research Institute* (MRI) cujo objetivo era a comparação entre diferentes embalagens para refrigerantes. O processo de quantificação da utilização de recursos naturais e dos índices de emissão para o meio ambiente utilizado neste estudo tornou-se conhecido como *Resource and Environmental Profile Analysis* (REPA), referenciado como um marco para o surgimento da Avaliação de Ciclo de Vida. Foi aprimorado em 1974 pelo MRI ,durante a realização de um estudo para a *Environmental Protection Agency* (EPA).

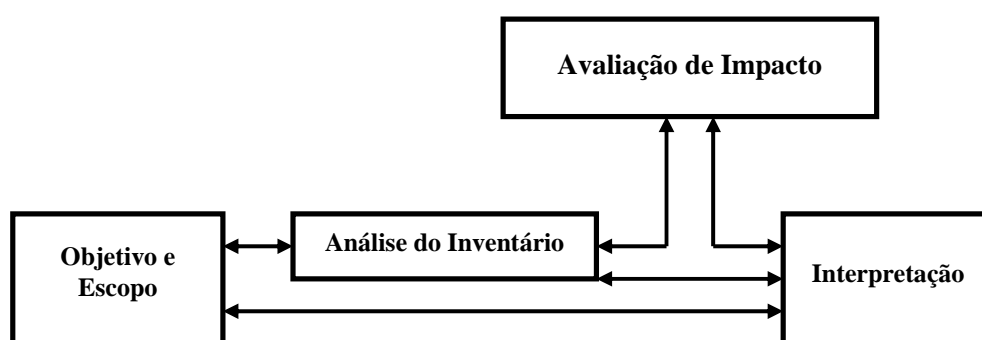
Ainda sobre este assunto, Dalhammar e Rossem (2006) afirmam que o conceito de ciclo de vida emergiu em conjunto com políticas públicas orientadas a produtos e serviços. Aqui, produtos são vistos como indicadores de controle para externalidades ambientais ocorridas nas diferentes etapas das cadeias produtivas.

Após relativo período de estagnação de desenvolvimento, ocorrido entre os anos de 1975 e 1985, um grande número de cientistas e institutos de pesquisa americanos e europeus voltou a estudar a metodologia REPA, agregando conceitos ligados ao gerenciamento de resíduos, o que permitiu melhor avaliação dos impactos ambientais. Paralelamente aos estudos de caráter quantitativo, alguns outros estudos de caráter qualitativo ocorreram, destacando-se o modelo alemão *Produkt Linien Analyse* (PLA), que incluía parâmetros sociais e econômicos.

Entretanto, para o caso específico das normas sobre Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos, a proliferação de estudos realizados com base em metodologias diversas e as diferenças entre os resultados alcançados justificaram a necessidade urgente de uma padronização dos termos e critérios utilizados. A entidade que primeiro se ocupou com a padronização de termos e critérios da ACV foi a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), para só então, baseada em seus seminários e publicações, iniciar a *International Organization for Standardization* (ISO) o processo de elaboração das normas.

As normas ISO definem requisitos gerais para a condução de ACVs e estabelecem critérios éticos para a divulgação dos resultados ao público. O propósito dessas normas é fornecer para as empresas, consumidores e governos, ferramentas para a tomada de decisão em políticas

públicas, bem como avaliar e comparar a performance econômica e ambiental de ciclos produtivos. Elas podem, também, ser usadas para dar apoio a declarações de rótulos ecológicos, ou para selecionar indicadores ambientais como os propostos para o aço, pelo *International Iron and Steel Institute* (IISI, 2005), que mostraremos na segunda parte deste capítulo. Convém evidenciar que a norma ISO 14040 estabelece que a Avaliação de Ciclo de Vida de Produtos deve incluir a definição do objetivo e do escopo do trabalho, uma análise do inventário, uma avaliação de impacto e a interpretação dos resultados (Figura 2.5).



2.3 Fases da Avaliação de Ciclo de Vida.

2.1.3 Conceito de ciclo de vida e políticas públicas

Todo produto, não importa de que material seja feito, madeira, vidro, plástico, aço ou qualquer outro, promove um impacto ambiental, seja em função dos recursos naturais que extrai, seja em função de seu processo produtivo, uso ou disposição final. Assim, podemos afirmar que a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica de avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a um produto, serviço ou atividade, compreendendo etapas que vão desde a extração das matérias-primas utilizadas nos sistemas produtivos, comumente chamada de berço, à disposição final do produto, comumente chamada túmulo (Figura 2.3). Desta maneira, propõem Fava et al.³⁷(apud ALLEN. D.T et al.,1977, p. 07):

³⁷ FAVA, J.; DENISON, R.; CURRAN, M.A.; VIGON, B.; SELKE, S.; BARNUM, J. (ed.) **A technical framework for life-cycle assessment.** In: Pellston Workshop on to Public Policy. 18-23 August 1990, Wintergreen, Va. Pensacola Fl: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).

A avaliação de ciclo de vida é um processo para avaliação de impactos ambientais associados a produtos, processos e atividades, por meio da identificação e quantificação da energia e dos materiais usados, assim como do descarte para o meio ambiente e para identificação e avaliação de oportunidades para melhoria ambiental. A avaliação é concebida para todo o ciclo de produtos, processos e atividades considerando a extração e o processamento de materiais brutos, manufatura, transporte e distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem e descarte final.

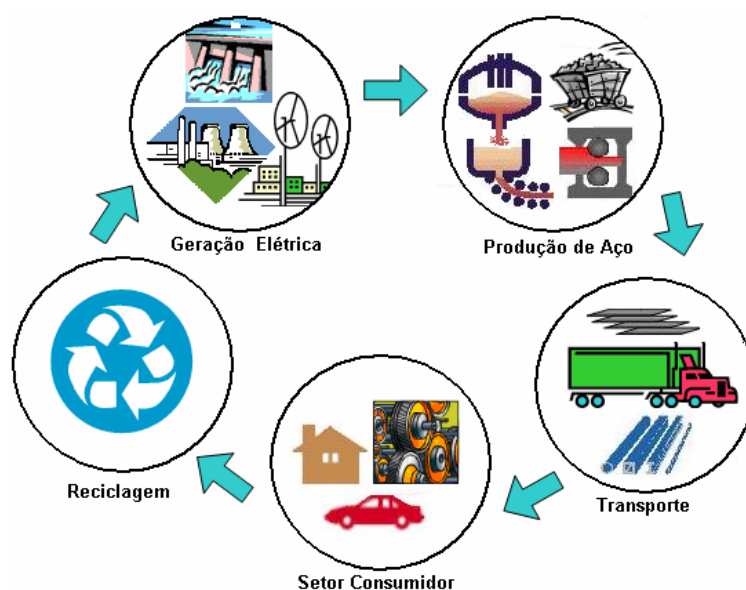


Figura 2.4. Ciclos produtivos do aço.

Em consonância com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior brasileira, que propõe tratar cadeias produtivas, setores e APL's em perspectiva que extrapola os limites físicos das organizações, contemplando a completa eficiência econômico-ambiental do comércio, o conceito de ciclo de vida e a ferramenta de ACV apresentam-se como capazes de auxiliar a compreensão, o controle e a redução de impactos ambientais da siderurgia.

As informações coletadas em uma ACV e os resultados de suas interpretações podem ser úteis ainda para estabelecer uma ampla base de informações: necessidades de recursos naturais, consumos de energia, emissões líquidas, sólidas e gasosas; pontos dentro do ciclo de vida como um todo, ou dentro de determinado processo, nos quais sejam possíveis reduções de consumo de recursos e emissões; comparar entradas e saídas de sistemas associados a produtos ou processos,

auxiliar no desenvolvimento de produtos, processos ou atividades corretas ambientalmente, selecionar indicadores ambientais, realizar planejamentos estratégicos e fundamentar tomadas de decisões em políticas públicas (Figura. 2.4).

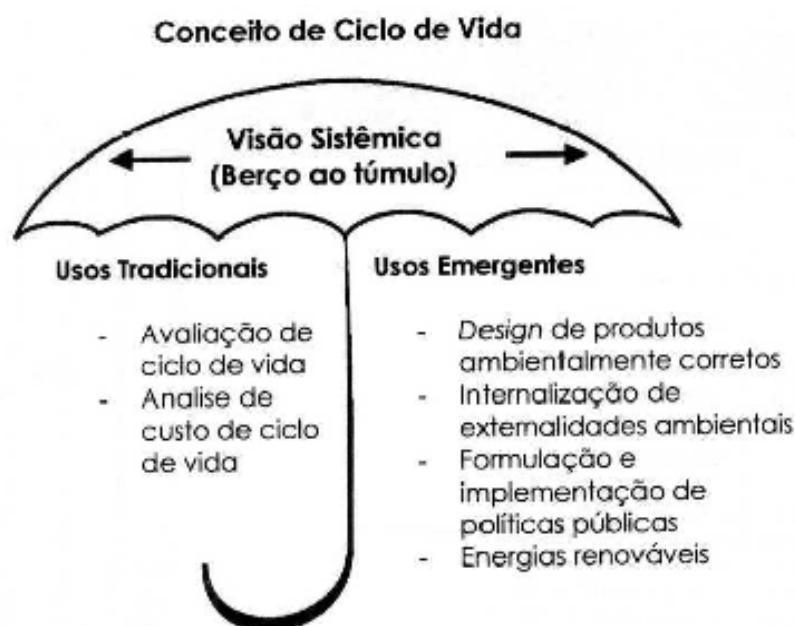


Figura: 2.5 Aplicações do conceito de ciclo de vida. Fonte: SETAC (1997).

Na Europa, na década de 80, o conceito de ciclo de vida iniciou-se como ferramenta de decisão política devido ao debate ambientalista e dada a necessidade do estabelecimento de políticas públicas que analisassem a questão ambiental de forma sistêmica, e não somente pela ótica do sistema produtivo industrial. Como afirmam Allen. D.T. et al (1977, p.1-2):

O conceito de ciclo de vida consiste em uma poderosa abordagem sistêmica com a qual se pode trabalhar tecnologias com a perspectiva do berço ao túmulo. A Avaliação de Ciclo de Vida - ACV é uma ferramenta para implementação dos conceitos de ciclo de vida. O uso de conceitos de ciclo de vida associado a ferramenta pode entrelaçar comunidades científicas, tecnológicas e especialistas em políticas públicas em um esforço geral para encontrar um apropriado balanço energético, entre o econômico e o ambiental.

Ainda sobre ciclos de políticas públicas, fundamentais em economias passam por processos de homogeneização cultural/globalização, onde padrões de consumo, crenças e comportamentos de pessoas e organizações estão sendo construídos, Allen. D.T. et al (1977, p.117) afirmam:

A ACV contribui para constituição, ou criação, de novos modelos mentais e formas de agir. Estes modelos são particularmente interessantes nos estágios de designe de ciclos de produtivos de novas tecnologias, quando novas possibilidades se abrem na forma de novos produtos, processos e formas organizacionais [...] [...] Esta aplicação é também importante na formulação de políticas públicas [...] [...] A ACV pode ser uma forte ferramenta para incentivar a criatividade das pessoas, e das organizações, para novos mundos.

2.2. SIDERURGIA E CICLOS PRODUTIVOS.

2.2.1 Siderurgia mundial e meio ambiente.

O século XX foi marcado pelo advento de amplo complexo metal-mecânico em que a energia, em especial as energias advindas de fontes não-renováveis, e o aço formaram as bases para a transformação do modo de vida da humanidade. Conforme o *International Iron and Steel Institute* (IISI, 2005), entre os anos de 1945 e 1979 o crescimento da indústria siderúrgica se deu a taxas médias de 5% a.a. (Figura 2.6) para, após uma estagnação econômica, alterar sua estratégia e se reestruturar visando a inovações tecnológicas em processos e produtos. Aqui, salientamos que as reservas de minério de ferro - Fe_2O_3 disponíveis no mundo ainda são grandes, não se constituindo em fator limitante de crescimento para a indústria siderúrgica, caso contrário ao da sucata, cuja capacidade de geração e captação depende da atividade econômica.

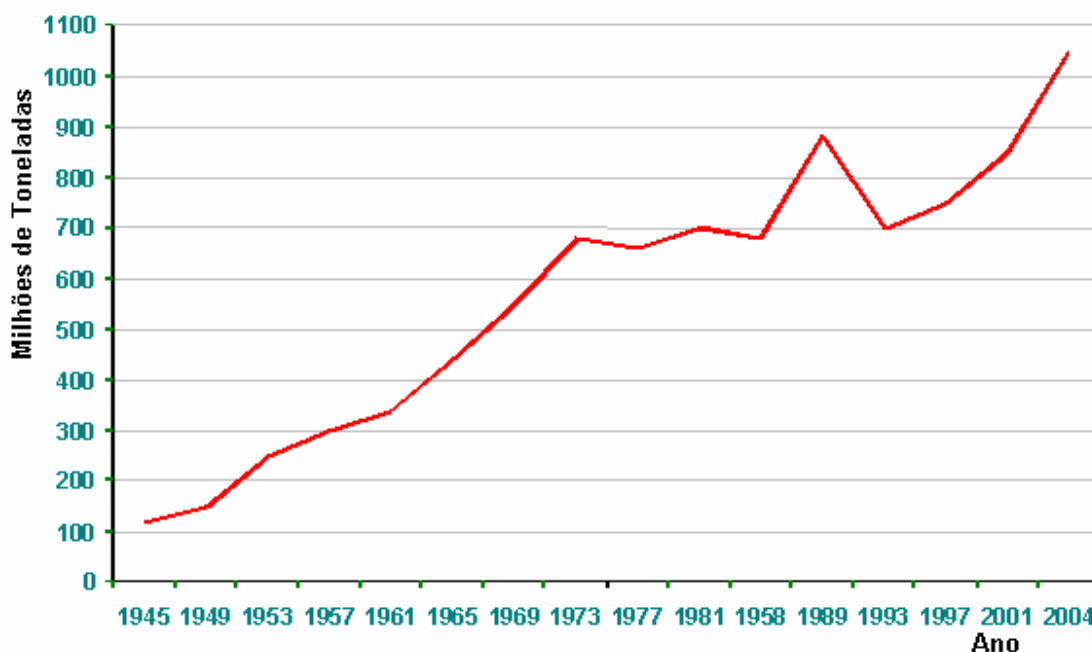


Figura 2.6 Evolução mundial da produção de aço bruto. Fonte: IBS/IISI(2006).

Sob o ponto de vista ambiental, a siderurgia mundial é um dos setores que mais contribuem para a emissão de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo com 7 % das emissões antrópicas de CO₂ para a atmosfera (IISI, 2005). Assim, a siderurgia tem sido obrigada a discutir o desenvolvimento sustentável do segmento, o que tem resultado na criação de indicadores de sustentabilidade, como os mostrados na tabela 2.1, e em uma série de orientações e obrigações impostas por organismos internacionais³⁸, como a Organização Mundial do Comércio (OMC), relativas à avaliação de performance ambiental de produtos, como os rótulos ecológicos do tipo III, já citados, e que abordaremos no capítulo 03.

³⁸ Conforme Bobbio (1995), organismo internacional é uma união internacional de Estados, que visa à criação de colaboração estável, disciplinada por normas de direito internacional, para realização de interesses comuns.

Tabela 2.1. Indicadores ambientais do IISI (Fonte: IISI, 2006).

Área	Indicadores
Econômicos	Investimentos em processos e produtos
	Retorno de capital aplicado
	Margem de operação
	Valor agregado
Ambientais	Emissões de gases de efeito estufa
	Eficiência de materiais
	Intensidade de energia
	Reciclagem
	Sistemas de gestão ambiental
Sociais	Treinamento de pessoal
	Taxa de frequência de doença por hora trabalhada

2.2.2 Siderurgia e rotas tecnológicas

Há basicamente duas rotas tecnológicas para a produção de aço, com algumas possíveis variações ou combinações entre elas (Figura 2.7). A rota siderúrgica integrada, que contempla em seu processo produtivo as etapas de preparação, redução, refino, lingotamento e laminação e a semi-integrada, ou a forno elétrico a arco (EAF) que, foco desta dissertação, contempla em seu processo produtivo apenas quatro destas etapas, ou seja, a preparação, o refino, o lingotamento e a laminação.

A diferença básica entre os dois principais processos produtivos está na matéria-prima utilizada. Na primeira rota, a integrada, predominam como combustíveis o minério de ferro³⁹, transformado em *sinterfeed*⁴⁰, e o carvão mineral/vegetal transformado em coque, ambos unidos à

³⁹ O minério de ferro comumente utilizado na siderurgia brasileira é a hematita, constituída por trióxido de ferro (Fe₂O₃), contendo aproximadamente 63% de ferro (Fe), e ainda pequenas quantidades de sílica (SiO₂), óxido de alumínio (Al), calcário, terra e fluorita. São ainda tipos de minério de ferro o itabirito (44% de Fe) e a canga (25% de Fe).

⁴⁰ Aglomerado de minério de ferro fino.

pequena quantidade de sucata de aço. Na segunda, as semi-integradas, usam-se principalmente sucata com ferro-gusa ou ferro-esponja por redução direta (MCT, 2002).

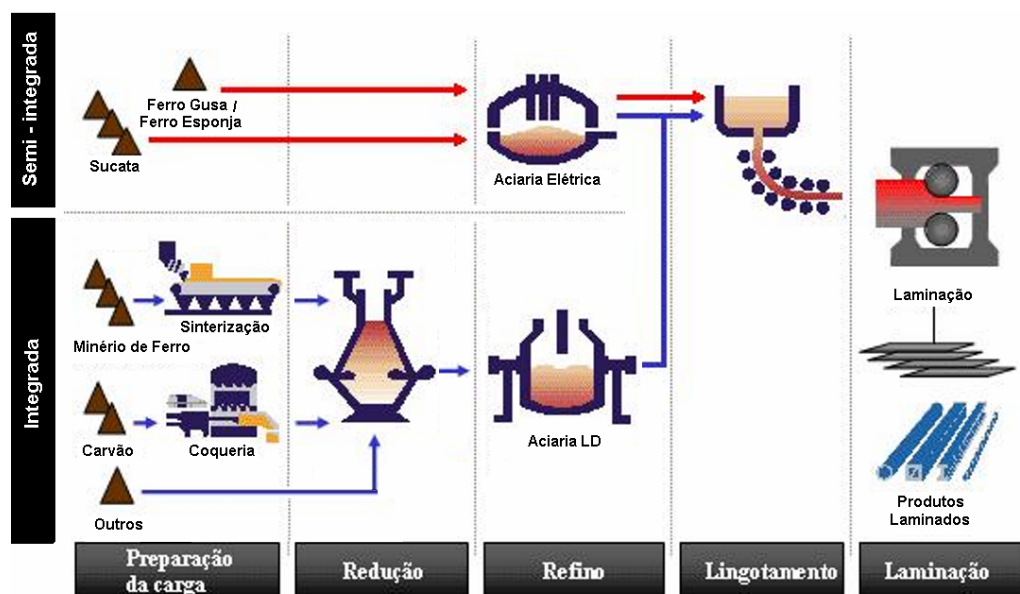


Figura 2.7. Rotas tecnológicas integrada e semi-integrada (Adaptada de ISB, 2006).

O uso de ferro-gusa ou ferro-esponja associado à sucata se dá com o objetivo de aumentar a produção de aço que, conforme observado é limitada pela capacidade de geração e captação. Em face desta limitação e da redução da vida útil dos refratários dos fornos elétricos, provocada pela concentração de carbono dos ferros gusa e esponja, que são respectivamente cerca de 6,0 e 2,0%, pode-se usar uma mistura de menor de ferro-gusa que de ferro-esponja⁴¹. Sobre o ferro esponja, os autores esclarecem o seguinte:

Este equivale ao ferro gusa, mas é produzido pelo processo de redução direta, a partir da injeção de gás carbono em uma pelota porosa de minério de ferro, a uma temperatura de 600 °C. Uma reação química entre o gás carbono e o Fe_2O_3 libera o CO_2 , reduzindo a proporção de carbono do ferro. (BONEZZI; CALDEIRA-PIRES; BRASIL JUNIOR, 2004, p. 10).

⁴¹ LUZES, I. C. F. **Informação Verbal**. Analista de comércio exterior. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 21 nov. 2005.

Considerando que as etapas de lingotamento e laminação, com seus respectivos impactos ambientais, são semelhantes nas duas rotas tecnológicas, podemos afirmar que a diferença fundamental entre o processo integrado e o processo semi-integrado encontra-se nas emissões das demais etapas. Na siderurgia semi-integrada, a poluição é inferior à poluição resultante da integrada, pois não exige os processos de integração, ou seja, a conversão do carvão em coque e minério de ferro em *sinterfeed*. Entretanto, destaca Costa (2002, p.145) que, “dependendo das emissões nas etapas de geração de energia elétrica e preparação de sucata, isto é, se as emissões forem muito elevadas, as vantagens da rota semi-integrada são reduzidas”.

Nesta rota, após a fusão ser completada, a carga é oxidada a fim de reduzir seu teor de carbono e eliminar as impurezas. Depois de completada a oxidação, o aço líquido é vazado. Atualmente a etapa de metalurgia secundária é realizada fora do forno elétrico a arco, nas chamadas painéis. Conforme visto, as usinas semi-integradas não têm a etapa de redução e, em consequência, consomem carbono apenas para fins energéticos.

2.2.3 Siderurgia brasileira e competitividade

No Brasil, após o processo de privatização na década de 90 do século XX, o segmento siderúrgico tem adotado uma postura mais pró-ativa em relação à questão ambiental, considerando nas suas decisões estratégicas não apenas exigências legais nacionais, mas também a demanda do ambiente internacional por produtos corretos ambientalmente, conforme sugere a Política Integrada de Produtos (PIP), da União Européia (UE), que abordaremos na primeira parte do capítulo três desta dissertação. A PIP, dada a sua importância no âmbito da União Européia, quando estabelece condições para importações, reflete diretamente na criação de padrões internacionais de comércio no âmbito da OMC, além de possibilitar tratar a eletricidade como uma commodity⁴², passiva de submissão ao triângulo Estado, indústria e consumidor por ela sugerido, além de clarear a oportunidade para criação de um ambiente de Geração Distribuída (GD)⁴³.

⁴² Conforme Sandroni (2001), a expressão commodity pode ser entendida como mercadoria primária de grande importância econômica.

⁴³ VIAN (apud ROMAGNOLI e CAMARGO, 2005, p.339) afirmam que “Os modelos econômicos de comparação utilizados ainda não contemplam os benefícios trazidos pelos investimentos em geração distribuída e em fontes

Atualmente, o segmento siderúrgico nacional corresponde a um dos mais competitivos do cenário internacional, mantendo o Brasil na posição de oitavo maior produtor mundial de aço (Tabela 2.2). Tal competitividade se dá, entre outras coisas, pela proximidade das jazidas minerais em relação às plantas siderúrgicas, pela eficiência da logística de transporte, pela mão de obra barata e qualificada, e pela qualidade e abundância, não encontradas em outros países, do principal minério de ferro brasileiro, a hematita, que possui teor aproximado de 63% de Fe_2O_3 contra, no máximo, respectivamente 25 e 44 % da canga e do itabirito ⁴⁴.

Tabela 2.2. Produção de aço dos dez maiores - 10^6 toneladas (Modificado IBS, 2005).

Países	2000	2001	2002	2003	2004
China	127,2	150,9	181,7	220,1	272,5
Japão	106,4	102,9	107,7	110,5	112,7
EUA	101,8	90,1	91,6	90,4	98,9
Rússia	59,1	59,0	59,8	62,7	65,6
Coréia do Sul	43,1	43,9	45,4	46,3	47,5
Alemanha	46,4	44,8	45,0	44,8	46,4
Ucrânia	31,8	33,1	34,1	36,9	38,7
Brasil	27,9	26,7	29,6	31,1	32,9
Índia	26,9	27,3	28,8	31,8	32,6
Itália	26,8	26,5	26,1	26,7	28,4
América Latina	56,1	51,9	56,3	59,5	63,9
Produção Mundial	847,6	850,2	903,1	964,7	1056,6
Posição da produção brasileira	8°	9°	8°	9°	8°

Além disto, as siderúrgicas brasileiras apresentam baixos custos de produção, margens de lucro elevadas e custos de insumos, como o minério de ferro, mais baixos que os principais países produtores de aço. Tudo isto denota considerável vantagem comparativa do aço brasileiro no

renováveis, tais como possíveis custos evitados em transmissão e distribuição pela concessionária e benefícios ambientais e sociais trazidos pelas fontes renováveis que se reverte para toda a população, mas que não remuneraram o investidor”. ROMAGNOLI e CAMARGO (2005, p. 339) por sua vez afirmam que Geração Distribuída (GD) é um modelo de sistema elétrico de potência onde grandes centrais geradoras operam em complementaridade com pequenas centrais geradoras de energia renováveis em rede e que “O governo e as concessionárias poderiam, e deveriam, propor mecanismos de contabilização destes benefícios para assim estimular os investimentos em fontes renováveis em GD, respectivamente”. Em pesquisa sobre a visão das concessionárias de energia elétrica face a implementação da GD, realizada pelos autores, o seguinte resultado foi obtido: no universo entrevistado 17% não opinou, 14% vê a GD como perda de receita, 11% como ferramenta de auxílio ao planejamento e 36 % como um fator complicador da operação do sistema.

⁴⁴ LUZES, I. C. F. **Informação Verbal**. Analista de comércio exterior. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 21 nov. 2005.

comércio internacional. Cabe evidenciar que, indo de encontro a esta vantagem, o vínculo econômico ao indicador “Risco Brasil” eleva os custos financeiros e de capital.

Assim, a súbita expansão produtiva que o setor siderúrgico brasileiro vem experimentando, diante da à entrada da China no mercado internacional e do fim das barreiras comerciais norte-americanas (Tabela 2.3), justifica a necessidade de investimentos em inovação que promovam a competitividade do setor por meio de, por exemplo, sistemas de gestão ambiental que considerem o conceito de ciclos produtivos e de ferramentas, como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

Tabela 2.3. Exportações Brasil por produto - 10³ toneladas (IBS, 2005).

Produtos	2002	2003	2004
Semi-acabados	7.779,1	7.238,4	6.339,1
Planos	2.191,3	3.301,0	3.285,1
Longos	1.189,9	2.092,7	1.834,1
Transformados	525,7	352,7	524,0
Total	11.686,0	12.984,8	11.458,3
Valor (10⁶ US\$ FOB)	2.928	3.860	5.287,4

Aqui, convém salientar que, apesar da crescente demanda externa por aço, o mercado brasileiro ainda é responsável pela absorção da maior parte da produção, o que sugere uma margem para aquecimento da economia brasileira, visando ao consumo e desenvolvimento sustentável nacional, e à possibilidade de reorientar a PITCE para a produção industrial e de ciência e tecnologia internas (Tabela 2.4).

Tabela 2.4. Vendas de produtos siderúrgicos - 10³ toneladas (Modificado IBS, 2005).

Destino	2001	2002	2003	2004
Mercado Interno	15.692	15.826	15.408	17.783
Mercado Externo	8.847	11.560	12.979	11.982
TOTAL	24.539	27.386	28.387	29.765

Nota: exclui as vendas para dentro do parque.

2.2.4 Siderúrgicas semi-integradas e avaliação de ciclo de vida

O aço, por suas características e grandes volumes de produção, está associado a consumos intensivos de energia e materiais, e a significativas emissões de poluentes e resíduos para os vários compartimentos naturais. Caso sejam considerados os impactos ambientais das etapas de produção de insumos para a indústria siderúrgica, premissa do conceito de ciclo de vida, o quadro de degradação ambiental se torna ainda mais acentuado.

Assim, atentos para a completitude dos ciclos produtivos, consideraremos como escopo de nosso estudo as etapas de geração de eletricidade, aqui considerada como o *mix* da matriz de eletricidade brasileira, basicamente hidrotérmica; a etapa de preparação, aqui entendida como os processos de fabricação do ferro gusa e geração/captação de sucata, e a etapa de refino, aqui entendida como a acearia elétrica (Figura 2.8). Sobre este assunto, afirma Patterson⁴⁵ (apud FUCHS; ARENTESEN, 2002, p. 142):

Thomas Edison entendeu perfeitamente que ‘se o que você vende é iluminação e você quer fazê-lo tão econômico quanto possível, você tem que otimizar o completo sistema - o gerador, a rede e as lâmpadas - como um sistema, porque todos trabalham juntos, a cada momento’.

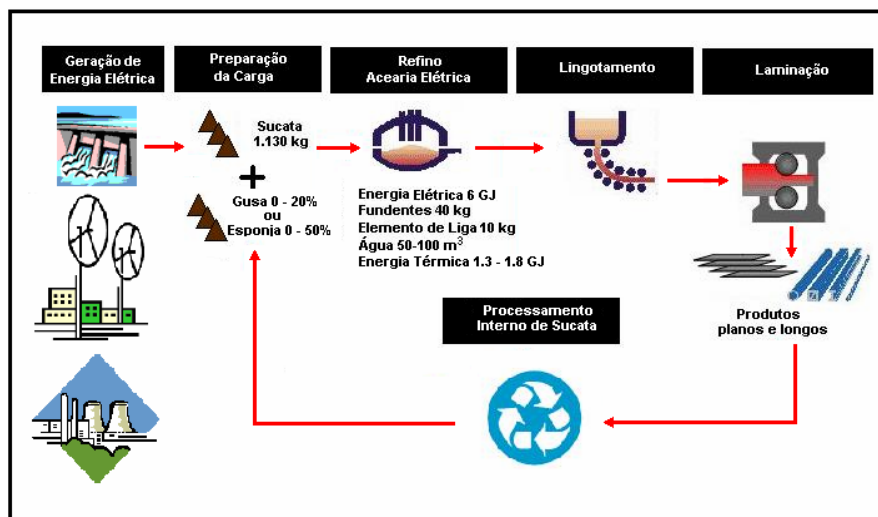


Figura 2.8 Arranjo produtivo siderúrgico semi-integrado (Adaptada de IBS; BONEZZI; COSTA, 2006, 2005, 2002).

⁴⁵ PATTEESON, W. **Transforming electricity**. Earthscan, London, 1999.

Os impactos relativos à geração de eletricidade no Brasil advêm principalmente da natureza hidrotérmica de sua matriz. A construção de grandes reservatórios hidrelétricos, além de promover a extinção da biodiversidade local, desenraiza populações ribeirinhas, altera o micro clima e desmobiliza o carbono até então seqüestrado na flora devastada, permitindo seu retorno à atmosfera. Também retorna à atmosfera o metano⁴⁶, liberado durante o processo de decomposição da matéria orgânica restante na área inundada. Sobre este assunto, Costa (2002, 2002, p.43) afirma que “na verdade, as hidroelétricas também apresentam impactos ambientais consideráveis, como o deslocamento de populações e as emissões de metano”. Indo além, sobre o mesmo assunto, Bermann (2002, p.43) enfatiza que “as usinas hidrelétricas construídas até hoje resultaram em 34.000 km² de terras inundadas para formação de reservatórios, e na expulsão - ou ‘deslocamento compulsório’ - de cerca de 200 mil famílias, todas elas populações ribeirinhas diretamente atingidas”, e detalha:

É com frequência que empreendimentos hidrelétricos têm se revelado insustentáveis no cenário internacional e particularmente no Brasil. Este caráter insustentável pode ser estabelecido a partir de critérios que identificam os problemas físico-químico-biológico decorrentes da implantação e operação de usinas hidrelétrica, e da sua interação com as características ambientais do seu “lôcus” de construção (p.ex., alteração do regime hidrológico; assoreamento; emissões de gases estufa a partir da decomposição orgânica no reservatório); entre outros (BERMANN, 2002, p. 52).

Com relação à participação das térmicas, no que toca à performance diante de outras tecnologias, assegura Costa (2002) que “[...] plantas siderúrgicas com alto consumo específico de eletricidade, que por sua vez tenha sido gerada em termelétricas a carvão ineficiente, podem elevar as perdas da rota de produção para cerca de 10GJ por tonelada de aço líquido, constituindo-se no pior caso. Com relação aos Nitroxidos e ao Metano (Tabela 2.5) Bermann (2002, p. 61) afirma:

Portanto, não seria excessivo supor que a inexistência de padrões de emissões para o NOX, em um contexto de expansão da geração termelétrica a gás natural, se constitua em uma fonte de conflitos, agravada pela falta de condições para um adequado monitoramento das emissões de NOX, que se verifica atualmente nos órgãos de controle ambiental no Brasil [...] [...] Há que se considerar ainda, que as usinas termelétricas que

⁴⁶ Conforme Goudie (1994), uma molécula de metano impacta, para fins de efeito estufa, vinte uma vezes mais que uma molécula de Dioxido de carbono.

utilizam o gás natural como combustível também aumentam as emissões de hidrocarbonetos (HC). Estes gases e vapores são resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis [...] [...] outro problema de ordem ambiental se refere à demanda hídrica que a operação de uma usina termelétrica a gás natural impõe. O volume de água necessário para refrigeração pode se tornar um fator limitante, principalmente nas regiões onde a disponibilidade hídrica é problemática.

O ferro-gusa é produto da união do minério de ferro com coque ou carvão vegetal, e pequenas adições de elementos fundentes, em especial calcário. O uso de carvão vegetal é, dada a sua capacidade de renovação em ciclos curtos, correto ambientalmente em relação ao carvão mineral e sua inerente atividade de extração. Porém, além dos impactos socioeconômicos e ambientais da atividade mineradora, salientamos que a produção de carvão vegetal promove a devastação de matas e florestas, a exaustão dos solos pela monocultura de eucalipto e pinos, e a atividade de transformação da madeira em carvão, em fornos de barranco, que é forte emissora de GEE. Reijnteis, Haverkort e Waters-Bayer (1999) indicam que há uma freqüente coincidência entre as áreas sob risco de desertificação e aquelas com escassez de lenha. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)⁴⁷ (apud REIJNTEIS; HAVERKORT; WATERS-BAYER, 1999, p.6) “verifica-se que 43% da África, 32% da Ásia e 19% da América Latina correm risco de desertificação”. Afirmam também, que o plantio de monocultivos, no caso de espécies florestais de rápido crescimento para produção de carvão, está relacionado com uma série de externalidades ambientais. A exploração excessiva da terra, a ampliação das áreas cultivadas e o uso crescente de fertilizantes químicos e agrotóxicos são os principais problemas. Ainda sobre este assunto ressaltam (BONEZZI; CALDEIRA PIRES; BRASIL JÚNIOR, 2004, p. 11) que:

Os guseiros, que também produzem ferro-gusa a partir de carvão vegetal, apresentam emissões expressivamente superiores às das usinas integradas a coque devido à inexistência de uma política de reflorestamento, o que além de contribuir para o desmatamento, e todas suas externalidades, inviabiliza a fixação de carbono.

A sucata, por sua vez, é utilizada em diferentes proporções nas aciarias. No caso da azeiteira elétrica, conforme falado, a sucata pode atingir até 100% da carga de uma cuba. Importante frisar que um dos principais condicionantes para isto é a intensidade da atividade

⁴⁷ FAO. **Traditional (indigenous) systems of veterinary medicine for small farmers in Nepal**. Bangkok: FAO-RAPA, 1984a.

econômica na fabricação de bens de consumo metálicos e a existência de uma rede organizada de coleta em uma região ou país. A sucata, de acordo com a definição de (UN⁴⁸, 1993; UNCTAD⁴⁹, 1999; ANDRADE⁵⁰ *et al*, 2000b apud COSTA, 2002, P.110), classifica-se como (Figura 2.9):

- sucata interna (*home scrap, circulating scrap*): gerada na própria planta siderúrgica, principalmente nas etapas de lingotamento e laminação;
- sucata industrial (*prompt scrap, industrial scrap*): gerada nas indústrias transformadoras de produtos siderúrgicos. Caracteriza-se como de alta qualidade à medida que tem composição química conhecida e sua coleta é contínua e previsível;
- sucata de produtos (*obsolete scrap*): gerada com o descarte de final de vida útil, ou por acidente, de produtos automotivos, eletrodomésticos e outras coisas;
- sucata de bens de capital (*capital scrap*): gerada na demolição de indústrias, máquinas e equipamentos.

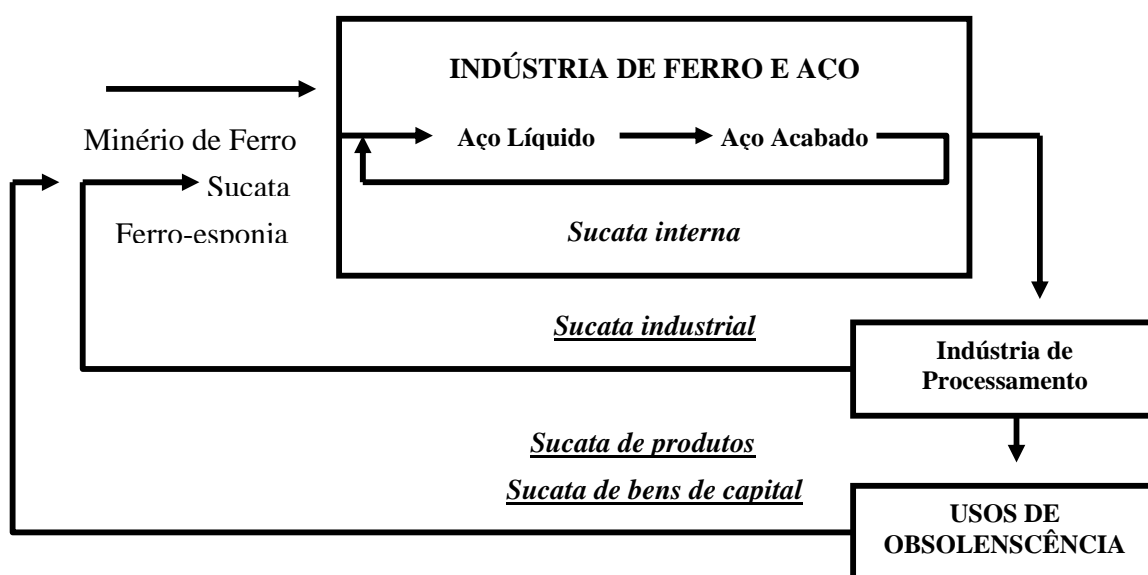


Figura 2.9. Origem e classificação da sucata (Adaptada de COSTA, 2002).

⁴⁸ UN-UNITED NATIONS. **Impact of developments in scrap reclamation and preparation on the World Steel Industry**, United Nations, economic Commission for Europe. Geneva, 1993.

⁴⁹ UNCTAD. **Iron and Scrap Steel**. United Nations, 1999.

⁵⁰ ANDRADE, M.L.; CUNHA, L.M. ; GANDRA, G. **Mercado mundial de sucata: relato setorial**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro, 2000b.

Dada à qualidade da sucata utilizada, as plantas semi-integradas tradicionalmente fabricam aços longos, utilizados na construção civil, cuja qualidade é inferior àquela exigida para produtos planos, utilizados no setor automobilístico e de eletrodomésticos. Aqui cabe salientar que os pós, removidos da aciaria elétrica, são um dos problemas mais graves enfrentados pelas plantas semi-integradas. Nos Estados Unidos, Europa e Japão são considerados como resíduos perigosos por suas elevadas massas de zinco, estanho e cromo que, por sua vez, dependem da qualidade da sucata⁵¹.

Todavia, nos últimos anos, com inovações tecnológicas como o lingotamento de tiras finas (ou *thin slab* no idioma inglês), que permite a fusão das etapas de lingotamento e laminação em apenas uma, permitindo maior eficiência por eliminar o reaquecimento do aço, as semi-integradas começaram a competir com plantas siderúrgicas integradas na produção de aço plano, incrementando ano a ano sua participação na produção (Tabela 2.5).

Tabela 2.5. Produção aço bruto 2004 /Tecnologia - 10³ toneladas (Modificado IBS, 2005).

Configuração técnica	Produção de aço bruto brasileira	Participação %
Integradas	26.411	80,3
Semi-integradas	6.498	19,7
Total	32.909	100,0

Finalmente, quanto à aciaria elétrica, pode-se afirmar que apresentam grandes diferenças entre si no que toca à configuração e ao tamanho do forno, a práticas operacionais, aos insumos material, energético e a produtos. Podemos citar os Fornos Elétricos a Arco-FEA de tensão contínua⁵² e alternada, as diversas tecnologias como injeção de oxigênio, pós-combustão ou pré-aquecimento de sucata, que permitem a redução do consumo de eletricidade nos fornos, e suas respectivas reduções de emissões relativas à etapa de geração elétrica. Além disto, os produtos

⁵¹ LUZES, I. C. F. **Informação Verbal**. Analista de comércio exterior. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 23 fev. 2006.

⁵² Os fornos elétricos de tensão contínua, que têm sido cada vez mais utilizados, apresentam vantagens com relação aos de tensão alternada por usarem apenas um eletrodo, sendo a base da cuba utilizada como anodo, o que propicia melhor distribuição de calor e reduz o consumo de eletricidade e de eletrodos, além de maximizar a vida útil do refratário de revestimento do forno. Esta tecnologia aplica-se a fornos que possuem capacidade entre 80 e 130 toneladas e implica maiores custos de capital.

podem ser classificados em aço carbono e aço liga, havendo certas diferenças para insumos e rejeitos e, finalmente, as quantidades de sucata, ferro-gusa ou ferro-esponja que constituem a carga no forno elétrico.

Assim, a indústria do aço, grande consumidora de energia e recursos naturais, é responsável pela emissão de significativo volume de poluentes na forma de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos e, conforme visto, devido à pressão por eficiência recebida ao longo dos últimos anos, tem identificado insumos e emissões em seus sistemas de produção de aço (Tabela 2.6).

Tabela 2.6. Principais insumos e produtos energéticos e materiais na produção de aço.

Insumos		Produtos			
Energéticos	Materiais	Energéticos	Emissões	Efluentes	Resíduos Sólidos
Eletricidade	Eletrodo de grafite	GAC	SO ₂	SS	Escórias
Oxigênio	Minério de ferro		NO ₂	Óleos e graxas	Pós
Carvão	Ferro-liga		CO ₂	Amônia	Lamas
Gás Natural	Ferro gusa		VOC	Fenóis	
	Sucata		Particulados	Cianetos	
			PM10		
	Ferro esponja		H ₂ S	Metais	

GAC – gás de aciaria; VOC – compostos orgânicos voláteis; SS – sólidos em suspensão; PM10 – particulados com diâmetro menor que 10 microns. Fonte: Adaptado de Costa (2000).

Apesar de a complexidade dos impactos sociais, econômicos e ambientais, e de a multiplicidade de compartimentos naturais atingidos dificultarem a determinação e a padronização dos níveis de emissões de poluentes, podemos afirmar que é dada a eletrointensividade na etapa de acearia elétrica, que evidenciamos nesta dissertação, que encontramos as maiores emissões poluentes. Nas palavras de Costa (2002, p.97):

As emissões da aciaria elétrica podem ser divididas em primárias e secundárias. As emissões primárias são aquelas provenientes do forno elétrico durante a produção, respondendo por cerca de 90% das emissões. As emissões secundárias incluem outras fontes, como o pré-aquecimento de sucata, carregamento, vazamento, escape de pós e manuseio da escória.

Há que se entender que os dados podem ser influenciados por variáveis como diversidade de equipamentos, procedimentos operacionais, insumos materiais e energéticos, condições geográficas de cada siderúrgica e métodos de mensuração de emissões, sendo inúmeras as incertezas sobre os dados de consumo e emissões. Outros fatores, como métodos de manutenção, idade e tamanho da planta siderúrgica também podem implicar consideráveis diferenças.

2.2.5 Ciclo produtivo siderúrgico e eletricidade de fonte eólica

A avaliação de ciclo de vida, conforme visto, tem permitido caracterizar as etapas críticas de cada rota tecnológica de produção e diagnosticar oportunidades de transformação e melhoria no uso dos materiais e energéticos. No caso das emissões atmosféricas de plantas semi-integradas, que estamos aqui verificando com detalhes, tal influência depende principalmente do tipo de fonte geradora de eletricidade. Nas palavras de Costa (2002, p. 140), “o tipo de geração elétrica tem uma influência marcante nos resultados de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos”.

Em seu trabalho, Costa (2002) realiza estudo que demonstra as perdas exegéticas⁵³, em acearias elétricas, para diferentes proporções de sucata e ferro esponja, na etapa de preparação, e combinações diversas entre tecnologias de geração de eletricidade. Ele optou por privilegiar casos extremos, para que os resultados fossem mais bem visualizados e comparados. Usa-se como referência a geração em termelétricas a carvão, ou seja, o pior caso, que toma por base dados de insumos e emissões médias de plantas norte-americanas. Conforme escrito por Costa (2001, p. 140), “as térmicas a carvão são as menos eficientes e mais poluidoras são consideradas a parte e se constituem no caso extremo em questão”. O melhor caso faz uso de hidroelétricas.

Evidencia-se que o arranjo da rota de produção de maior eficiência (3,67 GJ por tonelada de aço líquido) seria aquele com plantas siderúrgicas semi-integradas utilizando 100% de sucata e com fornos elétricos a arco operando com baixo consumo de energia por tonelada de aço líquido,

⁵³ Conforme Evans (apud COSTA, 2002, p.6), a exergia é o mais geral dos potenciais termodinâmicos e pode ser usada para contabilizar, com base em uma única unidade de medida, os vetores energéticos, insumos materiais, produtos e poluentes.

tecnologias de controle de prevenção de poluição e, finalmente, com geração proveniente de hidrelétricas. Enfim, por meio do estudo, infere-se que à medida que a eletricidade consumida na acesaria advém de fonte hidrelétrica, e não do *mix* hidrotérmico considerado, há tendência de redução das emissões poluentes. Quanto ao ferro-gusa, segue a mesma tendência do ferro-esponja, pois à medida que se eleva sua participação na carga do forno, há tendência de elevação de perdas. Na descrição de Costa (2002, p. 142):

O maior percentual de ferro-esponja nos fornos elétricos tem como consequência o aumento do consumo de energia elétrica no próprio forno e o aumento das emissões da rota de produção semi-integrada, devido aos efeitos da produção de pelotas e de minério de ferro.

Tabela 2.7 Perdas de exergia da rota de produção semi-integrada conforme a carga metálica no forno elétrico e o tipo de geração de energia elétrica.

Carga no forno elétrico	Geração de energia elétrica	Perdas de exergia (GJ/Ton. aço liq.)
100% sucata	100% hidrelétrica	03,67
82% sucata / 18% ferro-esponja	100% hidrelétrica	04,82
82% sucata / 18% ferro-esponja	<i>Mix</i> da rede	08,54
40% sucata e 60% Ferro-esponja	100% hidrelétrica	08,22
40% sucata / 60% Ferro-esponja	<i>Mix</i> da rede	13,19

Fonte: Adaptada de Costa, 2002.

Considerando o estudo de Costa (2002) e a tabela seguinte, que compara as emissões de CO₂ entre diferentes tecnologias de geração de energia elétrica, para cada unidade de energia gerada (kWh) por turbinas eólicas, com várias outras tecnologias convencionais, evidencia-se a capacidade de descarbonização deste tipo de eletricidade (Tabela 2.8). Sobre este assunto afirmam Swisher e McAlpin (2006, p.1073) que “incrementar a produção de fontes de energia renovável não hidrelétrica produzirá redução de emissões porque estas fontes produzem pequenas nenhuma emissão.” Sobre o mesmo assunto acrescentam Cavaliero e Da Silva (2005, p.1745):

Uma das vantagens das fontes renováveis é seu potencial de redução de emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera, em especial, o CO₂. Este fato, em associação com o intenso crescimento do mercado de eletricidade, e as dificuldades em satisfazer suas necessidades com plantas convencionais, tem motivado a descentralização da geração, também conhecida como geração distribuída.

Tabela 2.8. Emissões de CO2 de diferentes tecnologias de geração de energia elétrica.

Tecnologias de geração	Emissões de CO2 nos estágios de produção de eletricidade (Ton/GWh)			
	Extração	Construção	Operação	Total
Convencional a carvão	1	1	962	964
Óleo combustível	-	-	726	726
Gás	-	-	484	484
Geotérmica	<1	1	56	57
Pequenas hidrelétricas	Na	10	Na	10
Nucleares	-2	1	5	08
Eólica	Na	7	Na	07
Fotovoltaica	Na	5	Na	05
Grandes hidrelétricas	Na	4	Na	04
Lenha (manejo)	-1509	3	1346	-160

Fonte: Renewable energy resources: opportunities and constraints 1990-2020. (World Energy Council 1993).

CAPÍTULO 3

Em 1994, a rodada de Marrakesh, da Organização Mundial do Comércio (OMC), abordou a questão da rotulagem ecológica e consolidou padrões internacionais de qualidade ambientais no âmbito do Acordo Geral de Tarifas (ou na língua inglesa, *General Agreement on Tariffs and Trade* - GATT). Neste contexto, a demanda do ambiente internacional por produtos corretos ambientalmente foi incorporada na Política Integrada de Produtos (PIP). Esta política, alicerçada na lógica que cabe ao Estado formular políticas públicas que permitam à indústria fabricar produtos corretos ambientalmente, e aos consumidores comprar de forma correta ambientalmente, contempla a possibilidade de certificar a descarbonização dos ciclos produtivos da siderurgia semi-integrada por consumo de eletricidade de fonte eólica. Rótulos ecológicos tipo III (ISO/TR 14.025), são tendência no mercado internacional e representam forma credível de comunicação entre grandes empresas sobre a performance ambiental de produtos como o aço.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO E RÓTULOS ECOLÓGICOS

Este capítulo aborda em sua primeira parte, a estratégia de formulação e implementação da Política Integrada de Produtos da Comunidade Européia (PIP), evidenciando seus objetivos, estratégia e atores que nela atuam, relevando suas relações de influência com a Organização Mundial do Comércio. Em uma segunda parte, sob a luz da possibilidade de redução dos impactos socioeconômicos e ambientais dos ciclos produtivos da siderurgia semi-integrada, demonstra a crescente importância e consolidação dos fluxos internacionais de mercadorias, particularmente do setor siderúrgico, e as exigências feitas por organismos internacionais, como a Organização Mundial do Comércio (OMC), quanto à adoção de Sistemas de Gestão Ambientais que suportem a aposição de rótulos ecológicos tipo III que, por sua vez, dependem de Avaliações de Ciclo de Vida (ACV).

3.1 - A POLÍTICA INTEGRADA DE PRODUTOS DA COMUNIDADE EUROPÉIA

3.1.1 - Indústria e meio ambiente para o desenvolvimento sustentável

Em 1997 a Comissão da Comunidade Européia (CCE) encomendou um estudo sobre o que viria a ser a Política Integrada de Produtos (PIP)⁵⁴, caracterizando-a como uma abordagem abrangente com incidência em ações, agentes e impactos ao longo do completo ciclo de vida de produtos (CEE, 2001a). No conselho informal de Weimar⁵⁵, acordou-se que o desenvolvimento sustentável na Europa dependeria de uma abordagem que contemplasse todo o ciclo de vida de produtos, considerando todos os impactos ambientais associados ao processo de produção, desde a extração de recursos naturais, produção, utilização até a gestão de seus resíduos, e saudaram a intenção da CCE em apresentar um livro verde⁵⁶, que foi publicado em 2001, contendo propostas de regulamentação para esta política.

Convém salientar que a partir desta iniciativa a Comissão da Comunidade Européia (CEE) emitiu a Comunicação (2003) 302 final / 2 de 18 de março de 2004 - Política integrada de produtos - desenvolvimento de uma reflexão ambiental centrada no ciclo de vida - COM (302)/2004, que trata sobre os Sistemas Empresariais de Ecogestão e Auditoria (SAGE)⁵⁷ (da língua inglesa *Eco-Management and Audit Scheme* -EMAS), e em seu âmbito sobre as rotulagens ecológicas, em especial as Declarações Ambientais de Produtos - DAP (da língua inglesa *Environmental Product Declaration* - EPD).

⁵⁴ Ernst & Young / SPRU for the European Commission 1998, Integrated Product Policy. Uma sinopse pode ser consultada em um *website* da Comissão relativo a IPP em: www.europa.eu.int/comm/environment/ipp/home.htm
Reunião informal de ministros de meio ambiente da União Européia - UE em Weimar, 7-9 de maio de 1999.

⁵⁵ Reunião informal de ministros do meio ambiente da União Européia, em Weimar, 7-9 de maio de 1999.

⁵⁶ O livro verde propõe uma estratégia de reforço e reorientação das políticas ambientais relativas a produtos, com vista a promover o desenvolvimento de um mercado de produtos mais ecológicos, além de iniciar um debate público sobre a estratégia proposta e os seus elementos, bem como sobre as perspectivas abertas aos intervenientes, aos governos e ao ambiente na ecologização dos produtos e na abordagem.

⁵⁷ Sistemas de ecogestão destinam-se a ajudar as empresas a melhorarem o seu desempenho ambiental, incluindo o ciclo de vida dos seus produtos, atividades e serviços, permitindo clarear os impactos ambientais e ajudando-as a gerir os mais significativos.

Assim, dentre as várias ações propostas para a gestão ambiental, e em especial para o tratamento mais responsável dos recursos naturais, a CCE (2004) acordou que a PIP tem como objetivo reduzir os impactos ambientais dos ciclos produtivos e deve utilizar-se, sempre que possível, de uma abordagem impulsionada pelo mercado, que tenha em conta preocupações com a competitividade, além de ser implementada de forma participativa, beneficiando empresas, governos e consumidores.

Evidencia-se ser necessário, por parte do Estado, aumentar a orientação para a indústria e para o consumidor, oferecendo-lhe informações precisas e não enganosas. Considerando a necessidade de incorporar uma dimensão ambiental na política de produtos, para uma mudança sustentada do mercado, no sentido de os aspectos ambientais serem tomados em consideração, importa que os atores tenham e utilizem informações sobre os impactos ambientais dos ciclos produtivos sobre os quais tomam decisões (CEE 2001a):

- os fabricantes devem conhecer o perfil ambiental dos insumos que incorporam nos seus produtos;
- os *designers* industriais devem examinar os impactos de suas escolhas e ter fácil acesso a dados existentes sobre ciclos de vida e metodologias de avaliação de impactos ambientais;
- os produtores devem transmitir as informações aos consumidores de forma acessível;
- consumidores devem reconhecer produtos corretos ambientalmente.

3.1.2 Os pilares de sustentação: Estado, indústria e consumidores.

Conforme o documento CEE (2001a, p 26) a abordagem PIP baseia-se “na idéia de que pode haver uma nova dinâmica pela qual produtores encontram incentivos para incluir os aspectos ambientais no seu pensamento estratégico e no *design* de produtos”. A fim de contemplar medidas potenciais de apoio a produtos corretos ambientalmente, a estratégia considera que uma política de produtos deve envolver governos, consumidores e os completos ciclos produtivos industriais.

Assim, a PIP “concentra-se nos pontos de decisão que influenciam fortemente os impactos ambientais dos ciclos produtivos, e que manifestam potencial para melhoria, notadamente na produção de produtos com *design* ecológico, na escolha de compra informada pelos consumidores, no princípio do poluidor pagador⁵⁸ e nos preços dos produtos. Promove também instrumentos apontados à integralidade do ciclo de vida” (CEE, 2001a, p.5).

O documento CEE (2001a, p.12) afirma também que “o instrumento mais poderoso para transformar o mercado a favor de produtos e serviços mais ecológicos reside em corrigir as falhas de mercado⁵⁹ de acordo com o princípio do poluidor pagador, assegurando que o verdadeiro custo ambiental durante o ciclo de vida seja integrado no preço do produto”. Deste modo, enfatiza o documento CCE (2004, p. 9) que “estabelecer os preços corretos⁶⁰, mediante a incorporação dos custos externos ambientais, de modo que o preço fixado reflita os impactos do produto, é o objetivo da Comissão”.

Sobre o papel do Estado, ressalta o documento (CEE, 2004, p. 8) que, para ser eficaz, a PIP requer um arcabouço econômico-jurídico susceptível de “promover o esverdeamento dos produtos e a sua aquisição pelos consumidores, o que, em condições ideais, deve ser feito com uma intervenção mínima por parte dos governos”. Afirmam os formuladores da PIP que, para isto, ela deve lançar mão de um arcabouço jurídico-legislativo que seja capaz de promover a ecologização dos produtos e aos consumidores, a capacidade de compra informada. Sobre este assunto propõem Balagué e Gonzalez (2005, p.589):

A fim de se utilizar da crescente vantagem da tendência em considerar o perfil ambiental dos produtos, como um fator adicional de seleção em face de diferentes produtos, a favor dos consumidores, a estratégia de mercado dentro das organizações precisa ser focada em uma produção mais saudável.

⁵⁸ Conforme Sandroni (2001) este princípio determina que o poluidor deva pagar pela poluição que causa no meio ambiente.

⁵⁹ Conforme Sandroni (2001), falhas de mercado são externalidades, informação assimétrica e bens públicos.

⁶⁰ Conforme CEE (2001b) por preço correto entende-se aquele que inclui os custos de todos os impactos ambientais provocados. Diretiva 2001/77/CE, de 27 de setembro de 2001, do parlamento e do conselho europeu, relativa à promoção da eletricidade produzida a partir de fontes renováveis

Ao tratar sobre consumidores, o livro verde (CEE, 2001a, P. 13) traz que a ecologização da procura, uma mudança no comportamento do consumidor, pode e deve ser complementada por medidas do lado da oferta, as quais compreendem instrumentos de incentivo para as empresas adotarem uma abordagem de ciclo de vida em relação a seus produtos:

A procura de produtos mais ecológicos constituirá um impulso determinante para a economia intensificar os seus esforços a favor do meio ambiente e melhorar o desempenho dos produtos e serviços em termos de ciclo de vida. É necessário criar e reforçar essa procura mediante um processo de educação mútua entre empresas, às quais cabe promover ativamente a informação ambiental, e os consumidores, aos quais cabe pressionar as empresas a melhorarem as características ambientais dos respectivos produtos.

Por sua vez, à indústria caberá, utilizando-se do conceito de ciclo de vida e de instrumentos de avaliação de performance econômico-ambiental, como as avaliações de ciclo de vida aqui abordadas, e em especial de designe ecológico de produtos, orientar-se para mercados mais viáveis ecológica e economicamente, o que permitirá a criação e utilização de ferramentas de apoio ao novo paradigma, criando novos nichos de mercado. Exemplos são as Declarações Ambientais de Produtos - DAP, Tipo - III (ISO 14025), dentro dos sistemas de gestão ambiental das organizações., afirmam Balagué e Gonzáles (2005, p. 589).

Isto possibilita estabelecer este método como uma ferramenta comparativa para diferentes perfis ambientais de produtos, a favor de consumidores privados. Assim, aspectos ambientais podem ser considerados como *marketing* para as organizações. O objetivo é incluir, entre as obrigações das indústrias, a elaboração de Declarações Ambientais de Produtos.

Portanto, oferecer aos consumidores informações mais confiáveis, e em formatos mais acessíveis, permitirá escolhas a favor de produtos corretos ambientalmente, propiciando qualidade superior, de maior longevidade, e com impactos ambientais internalizados nos preços. A PIP defende que os rótulos ecológicos, que abordaremos a seguir, poderão, igualmente, ser úteis no sentido de sensibilizar o grande mercado das grandes aquisições empresariais para os produtos corretos ambientalmente. Sobre este assunto, coloca CEE (2001a, p. 3) que o desafio para tornar mais ecológicos os produtos tem de ser assumidos primordialmente pela indústria e pelos consumidores, “visto as principais decisões relativas aos impactos ambientais de produtos serem tomadas à mesa de projeto e no estabelecimento comercial”.

3.1.3 - Sobre eletricidade eólica, siderurgia e política integrada de produtos.

Ao inserir-se na estrutura de mercado, da economia capitalista, em regime de livre concorrência e custos ambientais internalizados, a eletricidade de fonte eólica, vista como uma *commodity* submete à lógica da Política Integrada de Produtos - PIP. Conforme propõe a CEE (2001a, p. 6):

Em princípio, todos os produtos e serviços são incluídos no âmbito desta política, cujo objetivo é conseguir uma melhoria global nos impactos ambientais dos produtos. Na prática, as ações poderão incidir em todos ou somente alguns produtos, selecionados com base na discussão com interveniente por força da sua importância e do seu potencial de melhoria.

Esta lógica entende caber ao Estado a construção de um arcabouço jurídico-institucional que, utilizando-se do conceito de ciclo de vida, permita ao consumidor comprar, de forma consciente, produtos corretos ambientalmente, e à indústria, aqui entendida como a siderurgia, adotar o *design* ecológico de produtos, em busca da melhoria da performance econômico-ambiental de seus ciclos produtivos. Sobre estes ciclos, afirmam Caldeira-Pires; Souza-Paula e Villas Boas (2005, p 22) que:

[...] Sistemas técnicos estudados por uma ACV podem ser trechos de uma linha de produção, unidades industriais inteiras, rotas de transportes, até o limite de sistemas de produção complexos de um determinado produto[...].

3.2 RÓTULOS ECOLÓGICOS E AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

3.2.1 - Organização Mundial do Comércio e rótulos ecológicos.

A Organização Mundial do Comércio (OMC) é um organismo internacional fundado em 1995, embora seu sistema de comércio tenha surgido no período pós Segunda Grande Guerra, em 1948, com o Acordo Geral de Tarifas (ou na língua inglesa, *General Agreement on Tariffs and Trade* - GATT). Hoje, além do objetivo inicial de tratar com comércio internacional de mercadorias, ocupa-se com acordos que cobrem serviços, invenções, criações e propriedade intelectual. No âmbito da OMC entende-se que a coordenação, na esfera nacional, entre os

setores comerciais e ambientais pode contribuir para eliminar conflitos políticos entre comércio e meio ambiente no cenário internacional (OMC, 2004). Portanto, embora tenha como foco o comércio internacional, considera de extrema relevância os ciclos locais de políticas públicas e seus aspectos comerciais.

Na rodada de Marrakesh, em 1994, foram enfocados temas como rotulagem ecológica e exigências quanto a processos produtivos (embalagem, reciclagem, reuso e disposição final) e, por se tratarem de temas em evidência nas esferas Estatal, industrial e de organizações não-governamentais, levaram à consolidação de padrões de qualidade ambiental no âmbito do GATT/OMC. Após esta reunião, foram consolidadas as principais regras da ordem comercial multilateral discutida, baseadas na redução de tarifas alfandegárias⁶¹, no princípio da não-discriminação⁶² e na transparência sobre barreiras não-tarifárias⁶³ (WATHEN, 1996).

Classificados como instrumentos regulatórios (*Command and Control* - CAC), são entendidos como um conjunto de regras, procedimentos e padrões que intervêm sobre os agentes econômicos, obrigando-os a adequar-se a determinadas metas ambientais mediante aplicação de penalidades para os recalcitrantes, como multas e interdições. Segundo classificações da OCDE, os instrumentos de regulamentação direta abrangem padrões de desempenho, padrões de qualidade ambiental, limites de emissões, padrões de processos e de produtos, além de proibições e obrigatoriedades - como a proibição de cloro flúor carbonetos (CFC) ou a obrigatoriedade do recolhimento de embalagens, e até de fornecimento de informações (MOTA, 2001).

⁶¹ As negociações pela redução de tarifas alfandegárias visam a fixar e reduzir tetos máximos para produtos.

⁶² O princípio da não-discriminação é o mais aplicado às regras de proteção ambiental e sobre o sistema de comércio multilateral como um todo, além de definir que os membros da OMC têm total liberdade para adotar políticas de proteção, contanto que não haja diferenciação de tratamento entre produtos importados e domésticos, ou entre produtos importados de diferentes parceiros comerciais. O objetivo deste princípio é garantir o acesso ao mercado, evitar o abuso de políticas ambientais e o desvio de sua função para restrição ao comércio internacional, proteger os economicamente mais fracos e garantir o direito de escolha do consumidor.

⁶³ Quanto às barreiras não-tarifárias, a OMC requer que sejam transparentes, a fim de permitir a diferenciação de ações legítimas em face do interesse nacional daquelas com viés claramente protecionista (OMC, 2004).

Atualmente, no que se refere à OMC, o estabelecimento de regras disciplinadoras da aplicação de tarifas ou exigências a produtos importados, sob argumentos baseados em tecnologias ambientais, também repercute sobre as estratégias industriais dos chamados países do sul, acelerando a adesão a padrões internacionais como SAGEs e ACVs de produtos. Assim, com o aumento da complexidade das avaliações ambientais de produtos, os consumidores passaram a necessitar de interfaces para ajudar-lhes no processo de tomada decisão de compra. Esta demanda promoveu, no âmbito da ISO, os chamados rótulos ecológicos (Tabela. 3.1). Assim, a ISO preparou um quadro para distinguir tipos de rotulagens ecológicas que considera, entre outros fatores, o conceito de ciclo de vida e sua metodologia⁶⁴.

Quadro. 3.1. Tipos de rótulos ISO

- **Tipo I - Caráter voluntário.**

Indica que o produto é considerado ambientalmente preferível e fundamenta-se em critérios múltiplos que podem considerar o ciclo de vida do produto tomando por base informações sobre o setor como um todo.

- **Tipo II - Autodeclaração.**

Declarações feitas pelo próprio fabricante e colocadas em rótulos ou anúncios do produto. Os casos mais comuns são as frases tipo: embalagem reciclável ou livre de CFC.

- **Tipo III - Rótulo com informações ambientais sobre o processo de fabricação.**

A rotulagem ecológica tipo III, conforme definido pela norma ISO 14025, fundamenta-se no método de Avaliação de Ciclo de Vida, ou seja, no estudo da performance ambiental de produtos e de sistemas de produção ao longo de todo o processo produtivo, desde à extração dos recursos naturais até o seu descarte de volta à Terra.

⁶⁴ ISO tipo III/TR 14025:2000.

Assim, os rótulos ecológicos baseados em sistemas de gestão ambiental, como os gerados a partir de ACV's, caracterizam um cenário que merece pró-atividade por parte da indústria siderúrgica brasileira, pois aplicando-se tais medidas os reflexos sobre investimentos e lucros podem ser intensos, tendo em vista o direcionamento da produção brasileira para exportações estabelecido na PITCE. Sobre este assunto escrevem respectivamente Bonezzi, 2005 p.77 e documento CEE, 2001a, p. 15:

No que se refere a certificados de gestão ambiental, as indústrias siderúrgicas brasileiras, em sua maioria, já atenderem às exigências do comércio mundial. Um indicador desta tendência é o fato de todas as empresas analisadas possuírem certificações ISO-9000 e a ISO-14000, dentre outras certificações internacionais de gestão e qualidade ambiental. Por outro lado, há poucas iniciativas de estudos e adaptação aos rótulos ecológicos tipo III.

As declarações sobre aspectos ambientais de produtos, em conformidade com a ISO tipo III, são ainda escassas no mercado, mas começam a entrar em uso, especialmente na comunicação entre empresas.

Assim, no contexto das novas negociações que ocorreram no âmbito da OMC, foi necessário desenvolver, no contexto de um quadro europeu, as chamadas Declarações Ambientais de Produtos - DAP ⁶⁵ (*Environmental Product Declaration - EPD*). A DAP foi concebida como um meio de apresentar informações, quantificadas, sobre um produto, baseadas em ACV, evidenciando, por exemplo, um aspecto de clima como as emissões de dióxido de carbono - CO₂, de forma padronizada.

3.2.2 Rótulos ambientais e avaliação de ciclo de vida

Conforme visto, o uso de rótulos ecológicos no mercado internacional tem se difundido de forma crescente e evidenciado que o uso de diferentes abordagens de ciclo de vida, como ferramentas para identificação e avaliação de impactos ambientais de produtos têm sido cada vez mais usadas como interface de comunicação com mercados. Sobre este assunto, asseguram Balagué e Gonzalez (2005, p. 590):

⁶⁵ Conforme CEE, 2001a, o ISO tipo III/TR 14025:2000 consiste em dados ambientais quantificados sobre todos os impactos significativos, com base em procedimentos e resultados de um estudo de ciclo de vida, a que acrescem elementos pertinentes, como, por exemplo, sistemas de gestão ambiental e aspectos sociais, conforme o caso.

O crescimento da demanda por informações sobre o perfil ambiental de produtos, ou serviços, é a tendência do atual mercado. Muitos setores desejam uma abordagem sistêmica, que lhes habilitem para comunicar informações credíveis sobre a performance ambiental de seus produtos e serviços

Tais rótulos têm sido usados para estimular mudanças no comportamento dos consumidores e são utilizados para comunicar-lhes de forma precisa, verificável e confiável informações ambientais; sensibiliza-los quanto a aspectos ambientais de produtos e subsidiar-lhes escolhas de compra, de forma combinada ao custo econômico. Afirmam BALAGUÉ, A. e GONZALEZ, M (2005, p. 592) que:

Os usuários de declarações podem ser classificados como consumidores privados, industriais ou comerciais. Assim, para os primeiros, a compreensão das informações dadas pelas declarações deverá ser assegurada. No caso dos consumidores comerciais e industriais, as informações serão mais técnicas e específicas, endereçadas a profissionais.

Em nosso caso específico, considerando a já abordada intensidade do comércio internacional de matérias primas e produtos derivados do aço, e a necessidade por competitividade ambiental, em conformidade com determinações e orientações de regimes internacionais, afirma Allen et al (1977, p.106):

Em essência, políticas públicas podem ser trabalhadas para criar tecnologias que satisfaçam as necessidades de um novo consumidor: o meio ambiente, além de ir ao encontro das necessidades da sociedade. Se o consumidor, e o produtor, têm uma boa informação, então apenas as tecnologias corretas, aquelas que estão em conformidade com idéias sobre normas ambientais, sobreviverão em um mercado competitivo.

Segundo Storelv e Modahl (2005, p.277) as “declarações ambientais de produtos também mostram que *status* ambiental tem cada cadeia produtiva, permitindo a possibilidade de continuamente melhorar e documentar cada melhoramento”. Cabe evidenciar que este tipo de rótulo não faz qualquer juízo sobre as características ecológicas dos produtos em si, pois o que se pretende é fornecer informações quantificadas que permitam aos compradores potenciais realizarem seu próprio juízo, considerando a ACV de um produto.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os produtos são fundamentais para a riqueza e qualidade de vida da sociedade. Contudo, sua fabricação e consumo crescentes estão intrinsecamente ligados a inúmeros impactos ambientais e problemas sociais, em especial à poluição do ar, da água e do solo, à perda de biodiversidade e à escassez precoce de recursos naturais, que comprometem a saúde e a qualidade de vida das populações. Por sua vez, no Brasil, a crescente demanda por eletricidade é reflexo direto da fabricação destes produtos. A rápida industrialização, incluindo o alto crescimento do número de indústrias eletrointensivas exportadoras, como as do alumínio e do aço, e os consumos residencial e comercial foram as principais causas.

O início do século XX foi marcado por profundas transformações tecnológicas. A geração de eletricidade por geradores a combustão interna dos tipos Otto e Diesel tornaram o petróleo uma força motriz muito poderosa. A energia destes geradores, somada à de grandes hidrelétricas, externalizando seus custos socioambientais e não mais respeitando os ciclos da natureza para obtenção de combustíveis, passaram a predominar economicamente sobre as energias renováveis. Desta maneira, atrelaram-se ao calendário Gregoriano e passaram a oferecer energia conforme a demanda imediata do modo de produção capitalista, ignorando a limitação da natureza em oferecer serviços ambientais.

Os sucessivos choques do petróleo, e suas elevações de preço, propiciaram a retomada de investimentos no setor elétrico eólico de grande porte. O Atlas de Potencial Eólico Brasileiro (APEB) mostra que ventos maiores que 7,0 m/s, integralizados em área de 71.735 km², oferecem respectivamente 143.470.000.000 KW e 272.200.000.000 KWH/ano⁶⁶ de potência e energia, considerando turbinas no atual estágio tecnológico.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) outorgou, para o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), 5.323.393 kWatts de potência eólica entre os anos de 1988 e 2005. Prevê instalar até o ano de 2008, em modelo de Geração

⁶⁶ Considerando o consumo de energia elétrica para fundir uma tonelada de aço igual a 06 GJ, e a produção de aço bruto semi-integrado, do ano de 2004, de 6.498.000 toneladas, temos um consumo energético anual de 38.988.000 GJ, equivalente a 10.830.000.000 kWh/ano. Sendo a oferta de eletricidade de fonte eólica, em igual período, de 272.200.000.000 kWh/ano, temos que a siderurgia semi-integrada consumiria 3,98 % deste valor.

Distribuída (GD), 208.300 kWatts. Há tendência de estabilização sazonal pela oferta de eletricidade de fonte eólica, como complemento à hidrelétrica e de biomassa, comprovada nos estudos dos níveis médios de vazão dos rios que atendem a plantas geradoras das regiões Nordeste e Sul, e na capacidade de geração de biomassa do Sudeste, o que garante o fornecimento.

Portanto, considerando os ciclos produtivos de geração elétrica hidrotérmica brasileira, as etapas de fabricação do ferro gusa e de geração/captação de sucata e a etapa de refino, ou acentuação elétrica, evidencia-se a necessidade de formular e implementar políticas públicas orientadas a energias renováveis que, utilizando-se do conceito de ciclo de vida, possam incentivar a produção de eletricidade de fonte eólica, ao beneficiar a siderurgia semi-integrada com a redução dos impactos sociais, econômicos e ambientais de seus ciclos produtivos, descarbonizando-os.

Como ferramenta, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), que deriva do conceito de ciclo de vida, é um método para avaliação padronizada de impactos ambientais associados a produtos e processos. Para isto identifica e quantifica energia e materiais usados, assim como descartes para o meio ambiente, e ainda oportunidades para melhorias socioeconômicas e ambientais.

A avaliação é concebida para todo o ciclo de produtos, processos e atividades considerando a extração e o processamento de materiais brutos, manufatura, transporte e distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem e descarte final. A ACV deve ser usada para melhorias socioeconômica e ambiental dos ciclos produtivos siderúrgicos e de geração de eletricidade, com a finalidade de identificar, quantificar e internalizar os custos externalizados.

No âmbito da OMC, o consumo de eletricidade de fonte eólica, pelos ciclos produtivos da siderurgia semi-integrada, relaciona-se à aposição de rótulos ecológicos do tipo III (ISO/TR 14.025), como forma de internalizar e atestar no ciclo produtivo do aço semi-integrado, a descarbonização promovida pelo consumo de eletricidade de fonte eólica. A ACV apresenta-se como condição para aposição destas Declarações Ambientais de Produtos (DAP), cada vez mais utilizadas em transações comerciais internacionais entre grandes empresas.

Por fim, o arcabouço jurídico institucional brasileiro, fundamentado na Política Energética Nacional (PEN), na Constituição da República Federativa do Brasil (CF/1988) e na lei 10.848/2004, que estabelece o novo marco regulatório do setor elétrico, superposto às características do Sistema Interligado Nacional (SIN), está apto a promover a livre concorrência de fornecimento de energia elétrica, em um ambiente de custos ambientais internalizados.

Neste contexto, o uso de eletricidade advinda de fonte eólica em ciclos produtivos eletrointensivos poderá ser atestado por meio de rótulos ecológicos baseados em Avaliações de Ciclo de Vida (ACV). Isto incentivará a geração de eletricidade eólica, à medida que esta passará a ser vista como um insumo diferenciado para empresas eletrointensivas. Estas empresas cientes da necessidade de tornar mais limpos seus ciclos produtivos, de reduzirem custos comparativos em produtos, ou de cumprirem, como membros da Organização Mundial do Comércio (OMC), possíveis exigências relativas à aposição de rótulos ecológicos, habilitar-se-ão para transações comerciais entre grandes empresas.

O consumo de energia elétrica gerada por fontes renováveis é importante para a minimização dos impactos ambientais dos ciclos produtivos do aço, à medida que um dos principais insumos do processo de produção, a energia elétrica, deixa de ter origem fóssil. Consumidores eletrointensivos como a siderurgia semi-integrada brasileira, que emitem Gases de Efeito Estufa (GEE) a partir de sua cadeia produtiva, especialmente dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), originados nas atividades de geração termelétrica e hidrelétrica, podem descarbonizar seus ciclos produtivos por meio do consumo de eletricidade eólica, mais limpa que a mistura hidrotérmica.

Apesar da complexidade dos processos produtivos e dos impactos sociais, econômicos e ambientais, da multiplicidade de compartimentos naturais impactados, da dificuldade na obtenção de dados, e do pequeno conhecimento sobre os níveis de emissões de poluentes, a pesquisa revela que é devido à eletrointensividade da aeração elétrica, que a maior parte das emissões líquidas e sólidas acontece e que, no caso das emissões atmosféricas, tal influência é fortemente dependente do tipo de fonte geradora de eletricidade.

O conceito de ciclo de vida pode melhorar o processo de políticas públicas, à medida que gera informações compreensíveis e aplicáveis a decisores e implementadores. Deste modo, recomendamos capacitar universidades, institutos de pesquisa e órgãos estatais, responsáveis pela formulação e implementação de políticas públicas, para a aplicação deste conceito, e das ferramentas que dele derivam em seus processos de trabalho, de forma que possam atuar de forma proativa em suas atividades.

Há que se atentar para possíveis situações de exclusão de possibilidade de comércio internacional entre a venda dos créditos de carbono não-emitidos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)/Protocolo de Kyoto, e a contabilização destes créditos para fins de descarbonização de ciclos produtivos, no âmbito das normas da certificação ambiental ISO/TR 14.025⁶⁷.

Recomendamos ainda a realização de pesquisas sobre disposição a pagar por energias limpas, aplicadas em consumidores industriais, comerciais e residenciais. E, ainda, pesquisas que versem sobre instrumentos econômicos e legais que propiciem preços corretos em tarifas elétricas, ou seja, mecanismos de contabilização de custos socioambientais.

⁶⁷ Miguez, J. D. G. **Informação verbal**. Coordenador - Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 22 março de 2006.

REFERÊNCIAS.

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/aplicações/tarifamedia/default.cfm>>. Acesso em 20 mar.2005
- ALLEN. D.T.; CONSOLI F.J.; DAVIS, J.A.; FAVA, J.A.; WARREN, J.L. (Ed.). **Public Policy Applications of Life Cycle Assessment**. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 1997.
- ALTMANN, G. **Energia alternativa e a política energética sustentável na Alemanha**. In: Ortiz, S.L. (org.) Fontes alternativas de energia e eficiência energética: opção para uma política sustentável no Brasil. Fundação Heinrich Böhl. Campo Grande: Coalização Rios vivos, 2002.
- BALAGUÉ, A.; GONZALEZ, M. **The Environmental Product Declaration (EPD) within the frame of Product Life Cycle Management (LCM)** In: LCM 2005 - Innovation by life cycle Management International Conference. Barcelona, 5-7 September, 2005.
- BOBBIO, Norberto. **Dicionário de política**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1993.
- BONEZZI, C.B.; **Competitividade ambiental da siderurgia brasileira: impactos das definições de fóruns Internacionais**. 2005.102F Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - CDS/UnB
- BONEZZI, C.B.; CALDEIRA-PIRES, A.; BRASIL JUNIOR, A.C.P. **Avaliação do ciclo de vida e a competitividade ambiental da siderurgia no Brasil**. In: Workshop Internacional Sobre Inteligência Empresarial e Gestão do Conhecimento na Empresa, 5, 2004, Recife: Anais. Recife: Intempres. 2004.1 CD-RON.
- BERMANN, C. **Energia no Brasil: para quê? para quem? - Crise e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Editora Livraria da Física/FASE, 2002. v 01. 139 p.
- BERMANN, C. **A perspectiva da sociedade brasileira sobre a definição de uma política energética sustentável**. In: Ortiz, S.L. (org.) Fontes alternativas de energia e eficiência energética: opção para uma política sustentável no Brasil. Fundação Heinrich Böhl. Campo Grande: Coalização Rios vivos, 2002.
- BITTENCOUT, R.M.; AMARANTE, O.C.; SCHULTZ, D.J. et al. **Estabilização sazonal da oferta de energia através da complementaridade entre os regimes hidrológico e eólico**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica - SNPTEE, 15, 1999. Foz do Iguaçu: anais. 1999. .GLP-17.
- BRASIL **Constituição da República Federativa do Brasil**. [outorgada em 05 de outubro de 1998]
- BRASIL. **Lei 9074/1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União[da Republica Federativa do Brasil] Brasília, julho de 1995.

BRASIL. **Lei 10438 /2002**. Cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, abril de 2002.

BRASIL.**Lei 9648/1998**. Cria o operador nacional do sistema e dá outras providencias. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, maio de 1998.

BRASIL.**Lei 10762/ 2003**. Modifica o Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, abril de 2002.

BRASIL.Lei 10847 /2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética. *Diário Oficial* da União [da *Republica Federativa do Brasil*] Brasília, março de 2004.

BRASIL.Lei 10848 /2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica. *Diário Oficial* da União [da *Republica Federativa do Brasil*] Brasília, março de 2004.

BRASIL.**Lei 9.478 /1997**. Institui a Política Energética Nacional. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, agosto de 1997.

BRASIL.**Lei 9.985 /2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, julho de 2000.

BRASIL.**Lei 6938 /1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, julho de 2000.

BRASIL.**Lei 10.075/2004**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, julho de 2000.

BRASIL.**Lei 10.484/2004**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União [da Republica Federativa do Brasil] Brasília, julho de 2000.

BRASIL. CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DE REPÚBLICA - CCPR. **Diretriz de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Comércio e Indústria**. Brasília, 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Janeiro, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Balanco Energético Nacional - BEN**, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Portaria n.º 05**, 30 de março de 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica. www.eletronbras.gov.br/EM_Programas_Proinfra/default.asp>. Acesso em 21 de dezembro de 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais e por uso de solventes.** Brasília, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Resolução CONAMA nº. 237. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente.** 19 de dezembro 1997.

CALDEIRA-PIRES, A.; SOUZA-PAULA, M.C.; VILLAS BÔAS, R.C. (Org). **Avaliação do ciclo de vida: a ISO-14040 na América Latina.** Associação brasileira das instituições de pesquisa tecnológica (IBIPTI). Brasília: e-Graf soluções gráficas, 2005 (337 p.21,5 cm ISBN 85-89263-04-5)

CAVALIERO, C.K.N.; DA SILVA, E.P. **Electricity generation: regulatory mechanisms to incentive renewable alternative energy sources in Basil.** *Energy Policy*, 33: 1745-1752 2005.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS-CNI. **Mapa estratégico da indústria 2007-2015.** Brasília, 2005. Gráfica positiva, 121p: il (ISBN 85-88566-53-2)

COMISSÃO DA COMUNIDADE EUROPÉIA (CCE). **Comunicação (2001) 68 final: livro verde sobre a política integrada relativa aos produtos.** Bruxelas: 07 de fevereiro 2001a.

COMISSÃO DA COMUNIDADE EUROPÉIA (CCE). **Comunicação (2000) 279. alterada pela COM (2000) 884: diretiva 2001/77, relativa à promoção de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia no mercado interno.** Bruxelas: 27 setembro 2001b.

COMISSÃO DA COMUNIDADE EUROPÉIA (CEE). **Comunicação (2003) 302 final/2: política integrada de produtos. Desenvolvimento de uma reflexão ambiental centrada no ciclo de vida.** Bruxelas: 18 de março de 2004.

CHEREBE, J.R.B. **Análise do ciclo de vida de produtos - ferramenta gerencial da ISO-14000.** Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, CNI, 1997.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º.237, 19 de dez. de 1997.

COSTA, M. M. **Princípios de ecologia industrial aplicados à sustentabilidade ambiental, e os sistemas de produção de aço.** (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Planejamento Energético – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

DALHAMMAR, C.; ROSSEN, C.V. **Life cycle thinking - a new approach in Environmental policymaking,** In: LCM 2005 - Innovation by life cycle Management International Conference. .Barcelona, 5-7 September, 2005.

- DUTRA, R.M. **Energia eólica**. In: Tolmasquim, M.T (Coord). *Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil*. Relume & Dumará, Rio de Janeiro, 2004.
- EWEA. EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. **Technology**. In: **Wind energy - The facts**. V.1, 1998.
- EWEA. EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. **Wind energy - The facts: executive summary**, 2003.
- FRATE, C. A.; CALDEIRA-PIRES, A. **On the wind energy, electricity free market and life cycle assessment in Brazil**. In: *International Journal of Energy Technology and Policy*, Suisse, v. 3, n. 4, p. 355-362, 2005.
- FRATE, C.A.; CALDEIRA-PIRES, A. **Eletricidade de fonte eólica, análise de ciclo de vida e mercado de livre concorrência**. In: X Congresso Brasileiro de Energia, 2004, Rio de Janeiro.
- FUCHS, A.; ARENTEN, M.J. **Green Electricity in the Market Place: The Policy Challenge**, *Energy Policy*, 2002, 30: 525-538.
- GELLER, H.; SCHAEFFER, R., SZKLO, A.; TOLMASQUIM, M. **Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brasil**. *Energy Policy* 32:1437-1450, 2004.
- GOUDIE, A. **The human Impact on the natural environmental** Great Britain, Library of congress catalog-in publication data, 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA - IBS. **Balanco Social da Siderurgia**: 2004. Rio de Janeiro, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA - IBS. **Anuário estatístico: Brazil steel databook**. Rio de Janeiro, 2005. 24,5 cm anual ISSN 1806-3195
- INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE- IISI. **The measure of our sustainability: Sustainable Report 2004**. Disponível em: < <http://www.worldsteel.org/> >. Acesso em 2x de mar. 2006.
- INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE - IISI. **Steel Statistical Year Book 2004**. Disponível em: <http://www.worldsteel.org/ssy.php>. Acesso em: 2x de mar.2006.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Disponível em: <http://www.ipcc.org> acesso em 01 dez.2005.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO/TR 14.025. **Environmental Labels and Declarations-type III environmental declarations**. <<http://www.isoonline> front page> Acesso: 21 março de 2006.
- JENKINS, W. **Policy Analysis: A Political and Organizational Perspective**. Martin Robertson Publishers. London, 1978.

- LENZEN, M.; WACHSMANN, U. **Wind turbines in Brazil and Germany: example of geographical variability in life-cycle assessment.** Science Direct, 77: 119-130, 2004.
- LIPP, J. **Policy considerations for sprouting UK green electricity market.** Renewable Energy, 24:31-34, 2001.
- KABERGER, T.; KARLSON, R. **Electricity from a Competitive Market in Life-cycle Analysis.** Journal of Cleaner Production, 6: 103-109, 1998.
- KRAUTER, C.S.W.; KISSEL, J.M., **Adaptations of support schemes for renewable energy to inflation in countries with unstable macroeconomic situations: case study: wind power Brazil.** In: Rio 5 - World Climate & Energy event, 2005, Rio de Janeiro. 395-406
- REIJNTJES, C.; HAVERKORT, B.; WATER-BAYER, A. **Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos.** Rio de Janeiro: AS-PTA; Leusden, Holanda: ILEIA, 1999.
- MARKARD, J. TRUFFER, B. **The promotional impacts of green power products on renewable energy sources: direct and indirect eco-effects”,** Energy policy, 34: 306-321, 2006.
- MIGUEZ, J. D. G. **O mecanismo de Desenvolvimento Limpo: a proposta e as perspectivas brasileiras.** In: Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos vinte anos. Campinas: Unicamp, 2002.
- MODEHAL, I.S. **Life cycle management in action! LCA and supplier cooperation for product development and environmental optimization of office chairs:** In: LCM 2005 - Innovation by life cycle Management International Conference. .Barcelona, 5-7 september, 2005.
- MORAES, A.P. B; MARQUES, R.M.B.; CARVALHO, P.C.M. **The PROINFA contribution for CO2 emission reduction.** In: Rio 5 - *World Climate & energy event.* Brasil, Rio de Janeiro, 15 – 17, february ,2005..
- MOTA, J. A. **O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais.** Rio de Janeiro: Garamond, 2001.
- WORLD TRADE ORGANIZATION - OMC. **Trade and development.** Secretariado da OMC, Geneve, 2004.
- OWEN, A.D. **Environmental Externalities, Market Distortions and the Economics of renewable Energy Technologies.** Energy Policy, 25: 127, 2004.
- PORTO, L.C.F. **O papel da energia alternativa na política energética do Brasil.** In: Ortiz, S.L. (org.) Fontes alternativas de energia e eficiência energética: opção para uma política sustentável no Brasil. Fundação Heinrich Böll. Campo Grande: Coalização Rios vivos, 2002.

- PORTO, L.C.F. **Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica.** In: Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) / Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 24 de junho de 2004
- ROMAGNOLI, H. C.; CAMARGO, C. C.B. **Perspectivas para a Geração Distribuída no Marco Regulatório Atual do Setor Elétrico Brasileiro.** Anais do VI Sbqee, Belém / PA, v. 08, p. 337-342, 2005.
- SANDRONI, P. **Novíssimo dicionário de economia.** São Paulo: Ed. Best Seller, 2001.
- STORELV, F.H.; MODAHL, I.S. **Use of Environmental Product Declaration (EPD) as marketing tool for seating solutions** In: LCM 2005-2nd international conference on life cycle management, Barcelona 5-7, 2005(paper number 187, in press)
- SWISHER, J.N.; MCALPIN, M.C. **Environmental impact of electricity deregulation.** Science Direct, 31: 1067-1084, 2006.
- THOMAS, S.D., **Electricity industry reforms in smaller European countries and the Nordic experience** , Science Direct 31: 788- 801, 2006.
- VIAN, A. **A GD e as redes de distribuição.** In. VII SEMINÁRIO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA .Rio de Janeiro. Disponível em <http://portalgd.com.br/links.asp?lnk=http://www.inee.org.br/downloads/GD_2004/Avian_14_11_30.pps> acesso em 14 de mar.2005.
- VIANNA, J. N. S. **Energia e meio ambiente no Brasil.** In: Marcel Bursztyn (org). A difícil sustentabilidade - política energética e conflitos ambientais. Rio de janeiro, Editora Garamond 2001.
- WASCHMANN, U. **Mudanças no consumo de energia e emissões associadas de CO2 no Brasil entre 1970 e 1996 - uma análise de decomposição estrutural.** (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Planejamento Energético - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- WATHEN, Tom. **Um guia para o comércio e o meio ambiente.** In: Comércio e Meio Ambiente: Economia Direito e Política. São Paulo, Governo do Estado de São Paulo e Secretária do Meio Ambiente, 1996.

International
Journal of
ENERGY
TECHNOLOGY AND
POLICY

Volume 3, No. 4, 2005

Editor-in-Chief: Dr. M.A. Dorgham

Publisher's web site: www.inderscience.com

E-mail: ijetp@inderscience.com

ISSN (Print) 1472-8923

ISSN (Online) 1741-508X

Copyright© Inderscience Enterprises Ltd

No part of this publication may be reproduced stored or transmitted in any material form or by any means (including electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise) without the prior written permission of the publisher, except in accordance with the provisions of the Copyright Designs and Patents Act 1988 or under the terms of a licence issued by the Copyright Licensing Agency Ltd or the Copyright Clearance Center Inc.

Published and typeset in the UK by Inderscience Enterprises Ltd

On wind energy, electricity free market, and life cycle assessment in Brazil

Cláudio Frate-Albuquerque

Centre for Sustainable Development
University of Brasilia
70910-900, Brazil
E-mail: claudiofrate@unb.br

Armando Caldeira-Pires*

Department of Mechanical Engineering
Faculty of Technology and Centre for Sustainable Development
University of Brasilia
70910-900, Brazil
E-mail: armandcp@unb.br
*Corresponding author

Abstract: This paper assesses strategies to foster market development for the wind energy in Brazil, based on the importance of the consumption of this renewable energy to minimise environmental and social impacts of the productive life cycles, assuming the existence of economic and legal incentives.

The analysis encompasses five descriptive phases. The first one describes the Brazilian wind energy program, characterising its perspectives and its current status quo. The second phase reveals the existence of various degrees of environmental impacts and externalities for different energy power plants, highlighting relevant economic issues for the creation of wind electricity markets. Then it analyses the relationship between energy demand generated with their products' life cycle assessment, and how the decrease of production environmental impacts influences market development in a free competition scenario in order to, in the next phase, suggest how economic and legal instruments should be promoted. The concluding part points out actions and tolls already available to implement these strategies.

Keywords: wind power; policy incentive; life cycle assessment; free market.

Reference to this paper should be made as follows: Frate-Albuquerque, C. and Caldeira-Pires, A. (2005) 'On wind energy, electricity free market, and life cycle assessment in Brazil', *Int. J. Energy Technology and Policy*, Vol. 3, No. 4, pp.355-362.

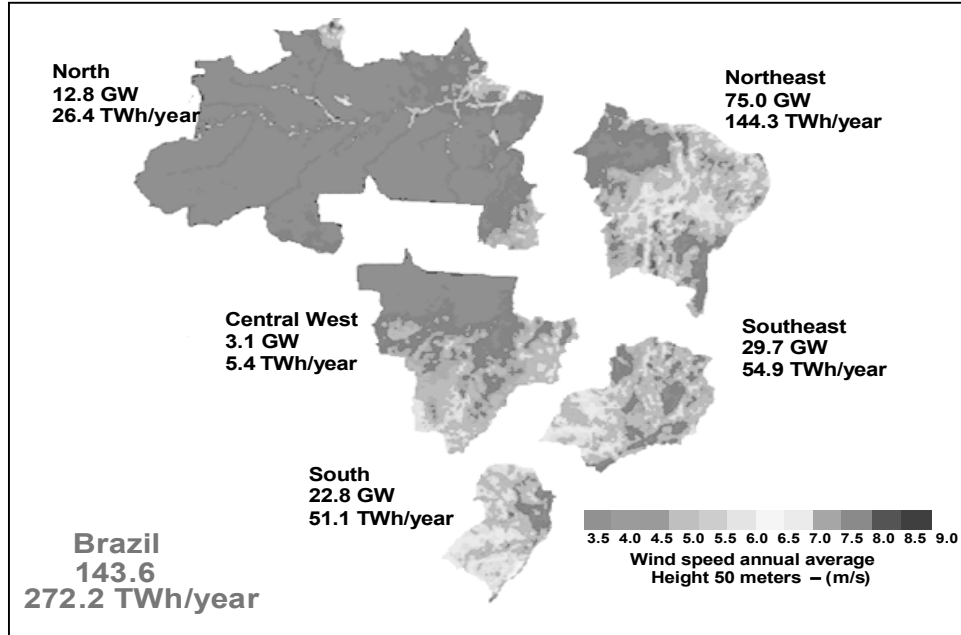
Biographical notes: Engineer Cláudio Frate-Albuquerque is an Electrical Engineer, participating as Graduate Researcher of the Center for Sustainable Development of the University of Brasilia. His major research interests include wind power and policy incentive for renewable energy systems.

Dr. Armando Caldeira-Pires is Professor at the University of Brasilia. After gaining his master's degree in Chemical Engineering and PhD in Mechanical Engineering, both dealing with energy generation systems, he joined the staff of the Department of Mechanical Engineering and of the Center for Sustainable Development. His major research interests include energy generation systems, life cycle assessment, technological innovation associated with environmental issues, and their impact on regional economic performance. He has published over 25 papers.

1 Introduction: the alternative sources for electric energy incentive programme in Brazil

The Alternative Sources for Electric Energy Incentive Program in Brazil was promulgated by federal laws from 1997 to 2004 (Brazil Law 9478, 1997; Brazil Law 10438, 2002; Brazil Law 10848, 2004) under the coordination of the Ministry of Mines and Energy, aiming at installing on the National Electric Network System, on its first stage, 3.300 MW based on wind, renewable biomass and small hydropower plants. This target will be achieved by installing 1100 MW for each one of the three technologies. With regard to the wind power plants, these units shall consider the already identified Atlas of Brazilian Aeolian Potential, as presented in Figure 1.

Figure 1 Distribution of potential of Aeolian energy throughout the Brazilian geopolitical regions



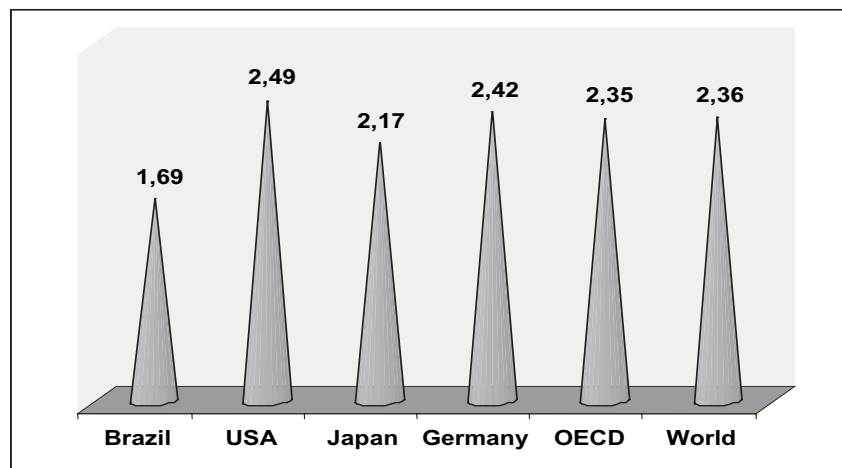
Source: Adopted from Energy International Agency – EIA in Key World Statistics (2003)

After that first series of initiatives, the programme's second stage will take place during the first 20 years of the 21st century, attempting to meet the limits of Kyoto Protocol, intending to provide 10% of the Brazilian electric energy demand.

Those Independent Producers of Energy (PIE)¹ that manage to operate their plants until December 2006 will have their produced energy bought by the government, during the 20-year frame, by a specific value predefined for each technology.

This programme is presented as a key strategy of the Federal Government focused on the formulation and implementation of public policies that will enhance the economic characteristics through the energy potentials of each region, complementing the seasonal water cycle of the Northeast region. It will also allow the commercialisation of 2.5 million tons of carbon dioxide by year in green certifications, as shown in Figure 2.

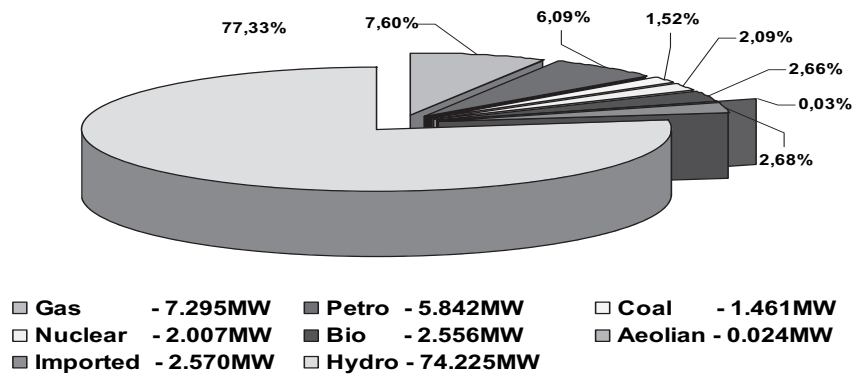
Figure 2 Profile of Brazilian power generation mix



Source: BEN-Brazilian Energy Balance (2002)

As reported by the Ministry of Mines and Energy (Porto, 2004), the programme was designed to create 150 thousand new jobs and about \$US 1.4 billion of investments on equipments and materials, contributing to the decrease of social differences by means of ecologically based sustainable economic growth.

Moreover, Porto (2004) reported that, during the first stage on the first months of 2004, the programme fulfilled all its goals for the period. Namely, there were a higher number of alternative energy project submissions than the expected figure, most of them based on wind and small hydroelectric technological routes. During the 2004–2005 period, the programme went on aiming at fulfilling the initial target of 1100 MW for each technology or a total objective of 3300 MW. At the end, the main objective is to deeply modify the high share of hydropower in the Brazilian energy mix, as presented in Figure 3.

Figure 3 Profile of Brazilian power generation mix

Source: BEN-Brazilian Energy Balance (2002)

2 The economic and environmental relevance of the Aeolian electricity market

The growth of Brazil's electricity generation, similarly to other countries, is a direct reflex of its economic growth and the consequent increase of energy demand.

That growth, with clear benefits to the population as a whole, is associated to several environmental impacts and social issues, namely those affecting human life and leading to loss of biodiversity and to damage of natural landscapes.

Such impacts are permanently ignored by entrepreneurs, governments, and public policy planners, as they generated parallel costs, known in economy as externalities. Consequently, these costs lead to misinterpretation on the energy and environmental planning, as well as on the markets, and therefore, to unrealistic electric energy tariffs, pushing socio-economic scenery to not correspond to the necessities of a sustainable environmental and socio-economic reality.

With regard to this, Owen (2004) affirmed that estimates of damage costs resulting from combustion of fossil fuel, if internalised into the price of the resulting output of electricity, could clearly lead to a number of renewable technologies, specifically wind and some biomass, being financially competitive with other usual nonrenewable-based generation plants.

Also on this subject, Tolmasquim (2004) reported that the energy price does not always reflect the real source's cost and that institutional agreements and governmental subsidies, applied to traditional electricity sources, allow the price to hide the real value of the produced energy, thus making it more attractive than Aeolian energy.

In that context, the Aeolian electricity source market stands up for the good use of the natural potential for electricity, in order to make their energy systems cleaner and more sustainable, reducing the great environmental costs of a nonrenewable based power plant and of extensive transmissions lines demanded by the traditional and centralised electric generation system.

3 Wind power in the context of environmental impact minimisation of productive cycles

Life cycle assessment is a tool used by producers, consumers, and regulators to select among many products or services, for which their functionality has a better ecological and economical performance. Applied to electrical systems, life cycle assessment may support the design, evaluation, and monitoring of public policies that are supposed to choose energy systems that minimise environmental impacts, particularly the emission of greenhouse gases.

According to Kaberger and Karlsson (1998), the consumption of renewable-sources-generated electric energy becomes important to the minimisation of the environmental impacts of the productive life cycles when one of the major requirements for the productive economic activity, the energy, no longer has a fossil origin; in this way, the analysis of an Aeolian electricity plant's productive cycles becomes a powerful tool to motivate the involved actors to take advantage of turning externalities to internalities, contributing to the best understanding and reach of the sustainable energy industrial systems.

Juntilla (*apud* Kaberger and Karlsson, 1998) stated that in different parts of the world the environmental performance and resources efficiency standards differ considerably among different electricity productive unit types and that there is frequently a direct relation between marginal cost, natural resources consumption, and environmental duty.

Tolmasquim (2004) pointed out that wind power technology shows an extremely positive energy balance and that carbon dioxide emissions during the complete life cycle of a wind power plant construction, installing and service providing, are recovered in between three and six months after the start of operation. Also, with regard to the manufacturing stage, Tolmasquim (2004) stated that a wind power plant of 600 MW, installed in a windy location, will avoid emissions ranging from 20 000 to 36 000 tons of carbon dioxide during its 20-year life, as compared to the conventional generation.

4 Reduction scenario of productive cycles facing free competition market

After the oil crisis in the 1970s, remarkably with the growth of the civil society's engagement in ecological problems, there arose a new search for energy solutions that do not compromise the natural resources. The producers overcame their traditional technological paradigms, getting out of their inertial niche of traditional power generation, searching for new ways of optimal energy use; otherwise, the consumers demanded lowering the biosphere burdens by substituting fuel fossil and improving the use of energy.

In that context, Kaberger and Karlsson (1998) suggested that, on the perspective of the productive cycles, the most important step to minimise the impacts occur when electricity consumers are allowed to decide from which power company they will purchase their energy. In this context, the free competition established by the Brazilian energy policies will take a new impulse with the rearrangement of the electric sector, bringing back the market instruments and allowing the viability of alternative energy technology investments, by fostering news actors like Independent Producers of Energy.

Kaberger and Karlsson (1998) also affirmed that some consumers, through their free choice of electricity suppliers and through an imposition of unnatural specific conditions, may influence and evidence what types of electricity power plants will be kept working, which resources will be consumed, and what environmental impacts it will cause.

In that way, life cycle assessment is a powerful tool to provide reliable information for the development of new markets, allowing the planning of effective improvements in all productive chain, through electricity generation plants with smaller impacts, encouraging industrial producers, regulators, and consumers to provide the requirements for the ISO 14020 Type III environmental certification.

5 Legal economic instruments to stimulate wind power and free competition market

According to Fuchs and Arentsen (2002), even though the future points to renewable natural resources as the next energy generation sources, what can be depicted today in countries such as Sweden, Holland, and England is a static growth of its consumer markets, attributed to the lack of economic and legal incentives. The authors highlight that the renewable energy market share in Europe, at present, depends directly on the implementation of public policies that point out the need for learning and communicating, regarding producers and several types of energy consumers.

The upcoming free competition market in Brazil, established on the Brazilian Energetic Politics, meets the need to insert into the current energy matrix the alternative Aeolian sources, the renewable mass and the small hydroelectric centrals, diversifying and decentralising it, making it cleaner, promoting the improvement of the open generation, and lowering the costs of the energy through the competition and its differential use.

Fuchs and Arentsen (2002) point out that the technological trajectory adopted by a determined conventional energy producer tends to be irreversible and depends on itself, maintaining it on the same market niche, while the consumers, with the evolution of their preference, may influence the technology types and shapes that will eventually emerge. In this context, consumers are particularly important during the first stages of development and installation of new technologies. At this moment, fast consumption changes might happen due to the fact that these consumers are still developing and formulating their preferences.

Still considering the current economic and technological deficiency of Aeolian energy related to other conventional sources and the objective to enhance its share in Brazilian energy matrix, the need for the adoption of legal economic incentives is put into evidence, such as green certification environmental labelling, economic subsidies and, more importantly, informative campaigns that, through public policies, will encourage producers and consumers to create new and natural market niches.

Such instruments are capable of changing producers' and consumers' understanding, concerning the possibility of improving the commercial and ecological characteristics of their products, offering enlightening information that will support their purchasing and selling choices.

Even though the deep knowledge of possible renewable energy incentive tools exceeds this paper's goal, it is necessary to bring out the fact that some consumers choosing their suppliers and defining the conditions of the purchasing deal is a common characteristic for the majority of the countries that reformulated their energy sector.

Such fact, besides pointing out ecological and technological preferences, serves as a motivation for the development of a sustainable economic scenery, allowing the diffusion of clean energy options and the reduction of prices and taxes through the institution of competition. Thus it is necessary for consumers to receive a warranty that each energy unit consumed will correspond to the same amount of green energy injected into the energy matrix.

Still concerning the informative processes, we could mention that free competition scenario in Brazil and the above proposed by Fuchs and Arentsen (2002) display an appropriate moment for calling the attention of the actors involved, particularly the industrial and residential consumers. Through the knowledge of this possible free green energy market, the changing of these actors' many points of view and the discussion of possible ways to a sustainable development may converge, seeking a consequent rise of renewable sources on the Brazilian energy matrix.

In harmony with the aforementioned, Kaberger and Karlsson (1998) affirm that if consumers demand more electricity of renewable sources than the existing generation supply can provide, different prices among tariffs, from different sources, will appear. This will modify the consumption pattern for the electricity generated from these sources, promoting a natural increase on the demand.

Conclusion

Foreign experiences show that environmental performance differences and resources efficiency are highly considered in choosing among different electricity production plants and that the high marginal cost is frequently related to high consumption of natural resources and to large environmental worries. Based on these considerations, it is vital for the development of public policies on energy and the environment in Brazil, the comprehension and adoption by the actors involved in the diversification process of the energy matrix of a standardised method that would verify quality and quantity of the electric energy production processes of the major generating plants, considering the amplitude of their productive chains and their respective environmental and social impacts.

The results of the application of this method may be useful for the establishment of fiscal incentives, such as green certification for commercialisation, environmental labeling, and straightforward informative processes that will spread the acquired knowledge, particularly among the consumers that will perform the transition from conventional to renewable energy sources.

Again mirroring other countries' experiences, we propose the organisation of a Brazilian pilot program, concerning the increasing Aeolian-generated electricity use that may be a motivation to a quality evaluation of the impacts among the major energy generation plants.

At last, we point out the need for consumers to know the environmental and social implications of their energy consumption and the possibility to choose energies that come from clean sources. Informative processes based on analysis of life cycles and eco-efficiency are needed for the development of a politically, economically, and ecologically correct market of energy, in the current context, of high demand prices elasticity, and on a free-competition market.

References

- Brazilian Ministry of Mines and Energy (2002) *BEN-Brazilian Energy Balance*, in Portuguese, Ministry of Mines and Energy.
- Brazil Law 10438 (2002) *Creates the Alternatives Sources of Electric Energy's Incentive*.
- Brazil Law 10848 (2004) 'Discloses the commercialization of electric energy', *Official Diary of the Federative Republic of Brazil*, Brasília, March.
- Brazil Law 9478 (1997) 'Implementation of the Brazilian energetic policy', *Official Diary of the Federative Republic of Brazil*, Brasília, August.
- Fuchs, D.A. and Arentsen, M.J. (2002) 'Green electricity in the market place: the policy challenge', *Energy Policy*, Vol. 30, pp.525–538.
- Kaberger, T. and Karlsson, R. (1998) 'Electricity from a competitive market in life cycle analysis', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 6, pp.103–109.
- Ministry of Mines and Energy (2001) *MME-Atlas of Brazilian Aeolian Potential*, in Portuguese, Brazilian Ministry of Mines and Energy, January.
- Owen, A.D. (2004) 'Environmental externalities, market distortions and the economics of renewable energy technologies', *Energy Policy*, Vol. 25, p.127.
- Porto, L. (2004) 'Brazilian program to incentive the use of alternative sources for power generation', *Brazilian Ministry of Mines and Energy*.
- Tomalsquim, M.T. (2004) (Ed.) *Brazil's Sustainable Energetic Alternatives*, in Portuguese, Relume and Dumará.

Note

- 1 Accordingly the Brazilian law, Independent Producers of Energy (PIE) stands for 'private institutions that are not state concessionaires, controlled by or linked to a public service concessionaire, or of a public good use of generation, transmission or distribution of electric energy'.