

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, POLÍTICA  
INDUSTRIAL E INOVAÇÃO  
TECNOLÓGICA**

Jim Silva Naturesa

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Mariotoni

Banca Examinadora

Prof. Dr. Carlos Alberto Mariotoni – FEC/UNICAMP  
Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi – FEAGRI/UNICAMP  
Prof. Dr. Alberto Luiz Francato – FEC/UNICAMP  
Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad – EESC/USP  
Dra. Taciana de Vasconcelos Menezes – Eletrobras

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Campinas, SP, Fevereiro, 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

N219e Naturesa, Jim Silva  
Eficiência energética, política industrial e inovação  
tecnológica / Jim Silva Naturesa. --Campinas, SP: [s.n.],  
2011.

Orientador: Carlos Alberto Mariotoni.  
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Eficiência energética. 2. Inovação tecnológica. 3.  
Microempresas. 4. Pequenas e médias empresas. 5.  
Saneamento básico. I. Mariotoni, Carlos Alberto. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Energy efficiency, industrial policy and technological  
innovation

Palavras-chave em Inglês: Energy efficiency, Technological innovation, Micro  
enterprises, Small and medium enterprises, Sanitation  
company

Área de concentração: Recursos Hídricos

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Luiz Antonio Rossi, Alberto Luiz Francato, Frederico Fábio  
Mauad, Taciana de Vasconcelos Menezes

Data da defesa: 28/02/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

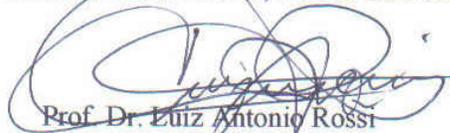
**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, POLÍTICA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO  
TECNOLÓGICA**

**Jim Silva Naturesa**

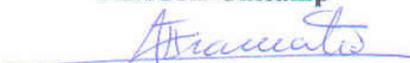
**Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**



Prof. Dr. Carlos Alberto Mariotoni  
**Presidente e Orientador(a) / FEC-Unicamp**



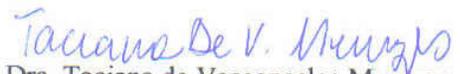
Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi  
**FEAGRI-Unicamp**



Prof. Dr. Alberto Luiz Francato  
**FEC-Unicamp**



Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad  
**EESC-USP**



Dra. Taciana de Vasconcelos Meneses  
**Eletrobrás**

Campinas, 28 de fevereiro de 2011



Para minha esposa, Valderes, e meu filho Lucca.



## **AGRADECIMENTOS**

Desejo expressar meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alberto Mariotoni, pela orientação e amizade.

Aos professores do Departamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.

Ao Grupo de Planejamento Energético e Sistemas Elétricos (GPESE) da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.

Aos amigos conquistados nesses anos em Campinas, em especial à Geraldo Silveira, Taciana Menezes, Ernesto Kenji Luna, Ronaldo Barbosa, Mario Jungbeck, Tatiane Campos, Fernando Spilki, Valesca Spilki, Jéferson Ortiz, Emilene Ortiz, Márcio Avelar, Simoni Floripi, Paulo Machado, Elizete Barone.

À minha esposa Valderes Aparecida Rinaldi.

Ao meu filho Lucca.

À minha família, Gil Naturesa, Naamare Naturesa, Jil Naturesa, Iuri Naturesa, Alexandre Araújo e Vitória Naturesa.

Às famílias Naturesa e Rinaldi pelo apoio.



## RESUMO

NATURESA, Jim S. **Eficiência Energética, Política Industrial e Inovação Tecnológica**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2011, 229 p. Tese de Doutorado.

Essa tese procura relacionar os conceitos de eficiência energética, política industrial e inovação tecnológica. O objetivo é apresentar os principais pontos para uma nova política industrial, fundamentada na eficiência energética, que tenha como conseqüências a redução do consumo de energia elétrica e, principalmente, a divulgação do conceito de inovação tecnológica. O uso eficiente de energia elétrica diminui a necessidade de expansão do setor elétrico, postergando investimentos necessários ao atendimento do mercado de energia. Para os consumidores, as principais vantagens são a redução do gasto com energia elétrica, a otimização dos sistemas e marketing associado às idéias de preservação ambiental. Nesse sentido, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), através de inúmeras iniciativas, é uma importante ferramenta governamental para a conservação de energia e o aumento da eficiência energética no país. Para que esses programas obtenham sucesso uma nova política industrial é necessária. Projetos de eficiência devem ter como objetivo a modernização do parque industrial - buscando a capacitação produtiva, gerencial e comercial das empresas. Para tanto, tais projetos, que em muitos casos baseiam-se na substituição de equipamentos antigos por novos, pode ser encarada como uma inovação incremental. Logo é proposta uma nova política industrial na qual o foco é a inovação tecnológica via eficiência energética. A idéia principal é utilizar os recursos destinados à inovação tecnológica em projetos de eficiência, pois esses conceitos são sinônimos. Os principais beneficiados serão as Micros, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs) que, normalmente, gastam grande parte do seu faturamento com energia elétrica.

**Palavras Chave:** Eficiência Energética; Motores de Indução; Inovação Tecnológica.



## ABSTRACT

NATURESA, Jim S. **Eficiência Energética, Política Industrial e Inovação Tecnológica.**  
Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2011, 229 p. Tese de Doutorado.

*This thesis tries to relate the concepts of energy efficiency, industrial politics and technological innovation. The goal is to present the main points for a new industrial policy, based on energy efficiency, which has the consequences of reducing energy consumption and, especially, the dissemination of the concept of technological innovation. The efficient use of electric energy diminishes the necessity of expansion of the electric sector, postponing necessary investments to the attendance of the energy market. To consumers, the main advantages are the reduction of electric energy consumption, the optimization of the systems and the marketing linked with the ideas of environment preservation. In this direction, the Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), through innumerable initiatives, is an important governmental tool for the conservation of energy and the increase of the energy efficiency in the country. Therefore these programs get success a new industrial politics is necessary. Projects of efficiency must have as objective the modernization of the industrial plants - increasing the production, management and commercial qualifications of the companies. To reach these targets, such projects, which in many cases are based on the equipment replacement, can be faced as an incremental innovation. Consequently, it is suggested a new industrial politics, which focus the technological innovation by means of efficiency energy. The main idea is to use the resources destined for the innovation technology in efficiency projects, therefore - in our point of view, these two concepts are synonymous. The main beneficiaries will be the Small and Medium Size Companies that, normally, spend great part of its invoicing with electrical energy.*

*Key Words: Energy Efficiency, Electric Motors, Technological Innovation*



## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	xv
Lista de Tabelas.....	xix
Lista de Abreviaturas.....	xxv
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....</b>	<b>7</b>
2.1 Introdução.....	7
2.2 Mercado de Energia Elétrica.....	8
2.3 Consumo de Energia Elétrica na Indústria.....	17
2.4 O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.....	22
2.5 Uso Racional de Energia.....	24
<b>3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.....</b>	<b>27</b>
3.1 Introdução.....	27
3.2 Eficiência Energética.....	28
3.2.1 Programas de Eficiência Energética e Políticas Públicas.....	31
3.2.2 Rendimento Energético.....	33
3.3 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.....	36
3.4 Leis, Decretos e Normas.....	49
3.5 Cenários para Eficiência Energética.....	55
<b>4 MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO.....</b>	<b>59</b>
4.1 Introdução.....	59
4.2 Motores elétricos de indução.....	60
4.3 Motores de alto rendimento.....	63
4.4 Inversores de frequência.....	66
4.5 Procedimento para avaliação e seleção de máquinas elétricas.....	69
4.6 Justificativas para a substituição de motores elétricos.....	70
4.7 Procedimento para a determinação do carregamento do motor.....	71
4.7.1 Método da Corrente.....	74
4.7.2 Método do Escorregamento.....	75
4.8 Consumo do Motor e Economia de Energia.....	75
4.9 Estudo de caso – Companhia de Saneamento.....	80
4.10 Comparação entre programas de eficiência energética.....	83

4.10.1 Brasil.....	83
4.10.2 Estados Unidos.....	89
4.10.3 Europa.....	92
<b>4.11 Sistemas de bombeamento de água.....</b>	<b>96</b>
4.11.1 Características básicas dos sistemas de bombeamento.....	96
4.11.2 Economia de energia.....	105
4.11.2.1 Rendimento da bomba.....	106
4.11.2.2 Rendimento do motor.....	107
4.11.2.3 Peso específico.....	107
4.11.2.4 Vazão recalçada.....	108
4.11.2.5 Altura Manométrica.....	108
4.11.2.6 Velocidade (Rotação da bomba).....	109
4.11.2.7 Deslocamento da carga para fora das horas de pico.....	110
4.11.3 Exemplo de aplicação – Projeto Santana – Eficiência no Saneamento Básico Sabesp.....	111
<b>4.12 PROCEL SANEAR.....</b>	<b>116</b>
<b>5 POLÍTICA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....</b>	<b>121</b>
<b>5.1 Introdução.....</b>	<b>121</b>
<b>5.2 Importação de matéria-prima.....</b>	<b>123</b>
<b>5.3 Importação de bens duráveis.....</b>	<b>123</b>
<b>5.4 Produção Industrial.....</b>	<b>124</b>
<b>5.5 Financiamento.....</b>	<b>127</b>
<b>5.6 Investimentos da Indústria Brasileira.....</b>	<b>130</b>
<b>5.7 Investimentos estrangeiros.....</b>	<b>137</b>
<b>5.8 Política Industrial.....</b>	<b>139</b>
5.8.1 Histórico das Políticas Industriais Nacionais.....	142
5.8.2 Política de Desenvolvimento Produtivo.....	144
<b>5.9 Inovação.....</b>	<b>149</b>
5.9.1 Histórico da Inovação no Brasil.....	151
<b>5.10 Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – PINTEC.....</b>	<b>154</b>
<b>5.11 Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria.....</b>	<b>164</b>
<b>5.12 Micros, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs).....</b>	<b>166</b>
<b>5.13 Eficiência Energética como Inovação Tecnológica.....</b>	<b>171</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>175</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>179</b>
Referências Infográficas.....	193
<b>ANEXOS</b>	
<b>A</b> Dados do soprador centrífugo.....	<b>197</b>
<b>B</b> Curvas do soprador centrífugo.....	<b>198</b>
<b>C</b> Valores de C por tipo de tubo, idade e qualidade de água e Valores de K para diversas peças.....	<b>199</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Investimento no setor elétrico (1980-2000).....	10
Figura 2.2 – Fluxograma dos passos para a obtenção de um licenciamento ambiental.....	13
Figura 3.1 – Opções de políticas para facilitar a transformação do mercado.....	31
Figura 3.2 - <i>Energy-Efficiency Gap</i> .....	33
Figura 3.3 – Concepção geral do portal PROCEL INFO.....	41
Figura 3.4 – Áreas de interesse dos usuários cadastrados no portal no período de 2006 a 2010.....	44
Figura 3.5 – Áreas de atuação dos usuários cadastrados no período de 2006 a 2010.....	45
Figura 4.1 – Diagrama do fluxo de potência em um motor de indução trifásico.....	62
Figura 4.2 – Perdas versus Potência em motores elétricos.....	64
Figura 4.3 – Curvas Eficiência versus Potência para motores.....	65
Figura 4.4 - Esquema básico de um inversor de frequência.....	66
Figura 4.5 – Diagrama de blocos de inversor de frequência.....	67
Figura 4.6 – Inversor de frequência típico.....	68
Figura 4.7 – Curva rendimento versus potência nominal das máquinas de indução trifásicas de quatro pólos.....	71
Figura 4.8 – Curva fator de potência versus potência nominal dos motores de indução trifásicos.....	73
Figura 4.9 – Comportamento do fator de potência versus potência solicitada.....	73

Figura 4.10 – Economia de energia versus potência do motor.....	78
Figura 4.11 – Custo do kWh versus tempo de operação.....	79
Figura 4.12 - Soprador centrífugo.....	81
Figura 4.13 - Tela de abertura do software BD Motor.....	87
Figura 4.14 – Sistema de bombeamento típico.....	96
Figura 4.15 – Curvas altura versus vazão da bomba KSB MEGANORM; tamanho 32-160; 3500 rpm.....	98
Figura 4.16 – Ponto de operação do sistema de bombeamento.....	99
Figura 4.17 – Curva potência versus vazão da bomba KSB MEGANORM; tamanho 32-160; 3500 rpm.....	100
Figura 4.18 – Curva rendimento versus vazão.....	101
Figura 4.19 – Curvas NPSH e potência (HP) versus vazão da bomba KSB MEGANORM; tamanho 32-160; 3500 rpm.....	102
Figura 4.20 – Curva da bomba versus curva do sistema.....	107
Figura 4.21 – Curvas vazão versus pressão.....	110
Figura 4.22 – Situação anterior à implementação do Projeto de Eficiência Energética de Santana.....	113
Figura 4.23 – Situação atual após a implementação do Projeto de Eficiência Energética de Santana.....	115
Gráfico 4.1 – Consumo (kWh/refrigerador produzido) por ano.....	86
Figura 5.1 - Industrial Mensal: série dessazonalizada e variação contra igual período do ano anterior.....	127
Figura 5.2 - Produção da indústria de transformação por intensidade tecnológica para o acumulado de 12 meses.....	135
Figura 5.3 - Produção da Indústria de Transformação por Intensidade Tecnológica – Acumulado de 12 Meses terminados em setembro (Base: 2000 = 100).....	137
Figura 5.4 - Percentual de empresas que investiram em pesquisa e desenvolvimento, por região geográfica, em 2003.....	167

Figura 5.5 - Principais áreas onde investiu/pretende investir, em 2003 e em 2005.....	168
Figura 5.6 – Política Industrial para Eficiência Energética.....	171
Figura 5.7 – Projeto de Eficiência Energética.....	172



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Evolução da carga e da disponibilidade de geração (MW médio).....	15
Tabela 2.2 – Fontes de geração (em % da matriz energética).....	16
Tabela 2.3 – Evolução da produção industrial e consumo de energia.....	17
Tabela 2.4 – Consumo de eletricidade em TWh.....	18
Tabela 2.5 – Variação nas tarifas de energia elétrica entre 2003 e 2010 – em porcentagem.....	18
Tabela 2.6 – Disponibilidade original e observada em UTE (outubro de 2006).....	19
Tabela 2.7 – Risco anual de déficit de energia por submercado (em %).....	20
Tabela 2.8 – Investimento das empresas no período de 2002 a 2007 – em Bilhões de R\$.....	22
Tabela 2.9 – Projetos PROINFA contratados pelo BNDES até abril de 2007.....	23
Tabela 2.10 – Mercado de recapitação e reativação de PCH's no Brasil.....	23
Tabela 3.1 – Potencial de economia de Energia nos Estados Unidos.....	29
Tabela 3.2 – Distribuição do Rendimento energético médio por setor de consumo (1993).....	34
Tabela 3.3 – Evolução dos Rendimentos, Energéticos, Setores e Usos Finais (%).....	35
Tabela 3.4 – Principais resultados do PROCEL (1986 a 2009).....	37
Tabela 3.5 - Resultados Acumulados pelo PROCEL.....	38
Tabela 3.6 – Principais ações para a melhoria da eficiência de equipamentos no Brasil.....	39
Tabela 3.7 - Investimentos das distribuidoras em pesquisa e eficiência energética.....	46

Tabela 3.8 – Tipos de projetos realizados (período 2000/2001 a 2004/2005).....	46
Tabela 3.9 – Consumo final e energia economizada por ano.....	48
Tabela 3.10 – Leis.....	51
Tabela 3.11 – Decretos.....	52
Tabela 3.12 – Resoluções.....	52
Tabela 3.13 - Cenários para Eficiência Energética no Brasil segundo EPE.....	55
Tabela 3.14 – Potencial de Economia de Energia para o ano de 2020 segundo WWF Brasil.....	56
Tabela 3.15 – Consumo final de eletricidade na indústria.....	56
Tabela 3.16 - Porcentagem de energia economizada.....	57
Tabela 4.1 – Percentual de consumo de energia elétrica em força motriz em relação do consumo total de energia elétrica para cada segmento industrial.....	59
Tabela 4.2 – Percentual de consumo de energia elétrica em total e da energia consumida em sistemas de força motriz por segmento industrial no total de custo das usinas energéticas.....	60
Tabela 4.3 – Dados de motores de indução do tipo rotor gaiola de esquilo (quatro pólos).....	72
Tabela 4.4 - Dados do soprador centrífugo – Gardner Denver.....	80
Tabela 4.5 - Dados de placa do motor e das medidas.....	81
Tabela 4.6 – Diferenças entre valores.....	82
Tabela 4.7 – Carregamento dos motores.....	83
Tabela 4.8 - Resultados Capacitação – Federações Estaduais das Indústrias (agosto de 2009).....	88
Tabela 4.9 - Quadro de bolsas de estudo oferecidas às universidades até agosto de 2009.....	89
Tabela 4.10 – Resumo dos benefícios e custo do programa <i>MOTOR CHALLENGE</i> (2000).....	92
Tabela 4.11 – Benefícios e beneficiários com o programa europeu.....	93

Tabela 4.12 – Potencial de economia de energia elétrica na EU.....	94
Tabela 4.13 – Leis de Similaridade.....	105
Tabela 4.14 – Resumo das ações – Projeto Santana.....	116
Tabela 4.15 – Resultados parciais do PROCEL SANEAR.....	119
Tabela 5.1 – Taxa de investimento (FBCF/PIB).....	122
Tabela 5.2 - Participação da Indústria de Transformação no PIB (em %) e taxa de investimento industrial.....	122
Tabela 5.3 – Evolução dos volumes importados e exportados – em %.....	124
Tabela 5.4 – Desempenho anula e previsão para o ano de 2007 – em %.....	124
Tabela 5.5 – Indicadores Contemporâneos da Produção Industrial (Variação em %)......	125
Tabela 5.6 – Fonte de Financiamento – em %.....	128
Tabela 5.7 – Determinantes da Decisão de Investir.....	128
Tabela 5.8 – Origens dos recursos, segundo a natureza das instituições financeiras.....	129
Tabela 5.9 – Destino dos recursos, segundo atividade econômica.....	129
Tabela 5.10 – Principais objetivos dos investimentos planejados para 2006 – em %.....	131
Tabela 5.11 – Qual foi o percentual investido na aquisição de máquinas e equipamentos novos, Nacionais, em relação do faturamento bruto estabelecido, em 2003? Em porcentagem.....	132
Tabela 5.12 – Qual foi o percentual previsto para 2005 na aquisição de máquinas e equipamentos novos, Nacionais, em relação ao faturamento bruto estabelecido? Em porcentagem.....	133
Tabela 5.13 – Indicadores conjunturais da indústria de transformação por intensidade tecnológica em dezembro de 2005.....	134
Tabela 5.14 - Indicadores conjunturais da indústria geral e da indústria de transformação por intensidade tecnológica em setembro de 2009.....	136
Tabela 5.15 – Ranking mundial de investimentos estrangeiro direto em U\$ bilhões.....	138
Tabela 5.16 – Política Industrial no Brasil – História dos Planos.....	143
Tabela 5.17 - Impacto que as ações da PDP provavelmente terá na empresa.....	146

Tabela 5.18 – Instrumentos de financiamento a investimento em Máquinas e Equipamentos e Instalações.....	147
Tabela 5.19 – Instrumentos de financiamento indicados pelas empresas.....	148
Tabela 5.20 – Tipos de Inovação Tecnológica.....	150
Tabela 5.21 – Novas Tendências de investimentos para C&T&I.....	151
Tabela 5.22 – Principais Leis relacionadas à Inovação e P&D no Brasil.....	153
Tabela 5.23 – Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações – Brasil – período 1998-2000 e período 2001-2003.....	154
Tabela 5.24 - Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações, segundo atividades selecionadas da indústria e dos serviços - Brasil - período 2003-2005.....	155
Tabela 5.25 – Referencial da inovação, a empresa e o mercado nacional Brasil – período 1998-2000 e período 2001-2003.....	155
Tabela 5.26 - Participação percentual do número de empresas de telecomunicações, informática e P&D que implementaram inovações, segundo faixas de pessoal ocupado Brasil - período 2003-2005.....	156
Tabela 5.27 – Dispêndios nas atividades inovativas como percentual da receita líquida de vendas – Brasil 2000/2003.....	157
Tabela 5.28 - Dispêndios nas atividades inovativas como percentual da receita líquida de vendas, segundo atividades selecionadas da indústria e dos serviços - Brasil – 2005.....	157
Tabela 5.29 – Impactos da inovação apontadas pelas empresas Brasil – período 1998-2000 e 2001-2003 (em %).....	158
Tabela 5.30 - Impactos da inovação apontados pelas empresas, segundo atividades selecionadas da indústria e dos serviços - Brasil - período 2003-2005 (em %).....	159
Tabela 5.31 – Taxa de inovação na indústria extrativa e de transformação (1998-2008) – em %.....	159
Tabela 5.32 – Taxa de inovação na indústria de transformação segundo a intensidade tecnológica (2008).....	160
Tabela 5.33 – Dispêndios nas atividades inovativas e em atividades internas e externas de P&D em relação à receita líquida de vendas - (em %).....	161
Tabela 5.34 – Importância das atividades inovativas realizadas, por atividades da indústria, dos serviços selecionados e de P&D no Brasil – 2006-2008 (em %).....	162

Tabela 5.35 – Frequência e fontes de inovação por tamanho de empresa (França 1993/94).....	168
Tabela 5.36 – Percentual do custo de energia elétrica no faturamento bruto do estabelecimento.....	169



## LISTA DE ABREVIATURAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

ABCR – Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias.

Abrace – Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia.

ABPO – Associação Brasileira do Papelão Ondulado.

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico.

ACR – Ambiente de Contratação Regulada.

ACL – Ambiente de Contratação Livre.

ANA – Agência Nacional de Águas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

Anfavea – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

BEFIEX – Comissão para Concessão de Benefícios Fiscais a Programas Especiais de Exportação.

BEN - Balanço Energético Nacional.

BHP – *Brake Horse Power*.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

CATE – Centro de Aplicação de Tecnologias Eficientes.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

CDE – Comissão de Desenvolvimento Econômico.

CDI – Comissão de Desenvolvimento Industrial.

CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais.

CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.

CERA – *Cambridge Energy Research Associates*.

CGE - Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica.

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética.

CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico.

CNI – Confederação Nacional da Indústria.

COMUSA - Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo/RS

CONPET – Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural.

CONSIDER – Conselho de Não-Ferrosos e de Siderurgia.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz.

CRESESB – Centro de Referência de Energia Solar e Eólica.

Dest – Departamento de Coordenação e Controle das Empresas Estatais.

DME – Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas.

EERE – *Energy Efficiency and Renewable Energy (U.S. Department of Energy)*.

Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras S. A.

EMBASA - Empresa Baiana de Águas e Saneamento.

EPACT – *Energy Policy Act*.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética.

EPRI - *Electric Power Research Institute.*

ESCOS – Empresas de Serviços de Conservação de Energia.

EURODEEM - *European Database of Energy-Efficient Motors.*

FBCF – Formação Bruta de Capital Fixo.

FDTE – Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo.

FINAME – Financiamentos da Aquisição de Máquinas e Equipamentos.

FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos.

Funcex – Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior.

GEEREF - *Global Efficiency and Renewable Energy Fund.*

GEF - *Global Environment Facility.*

GLD – Gerenciamento pelo Lado da Demanda.

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IEDI – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial.

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética.

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados.

LAMOTRIZ – Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes Industriais.

MAE – Mercado Atacadista de Energia Elétrica.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia.

MMA – Ministério do Meio Ambiente.

MME – Ministério de Minas e Energia.

MPME – Micros, Pequenas e Médias Empresas.

NPSH – *Net Positive Suction Head*.

ONG – Organização Não Governamental.

ONS – Operador Nacional do Sistema.

PAPPE – Programa de Apoio à Pesquisa na Pequena Empresa.

PCH – Pequena Central Hidrelétrica.

PDE – Plano Decenal de Energia.

PDP - Política de Desenvolvimento Produtivo.

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento.

PIB – Produto Interno Bruto.

PICE – Política Industrial e de Comércio Exterior.

PIM – Produção Industrial Mensal.

PINTEC – Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica.

PLD – Preço de Liquidação das Diferenças.

PMSS - Programa de Modernização do Setor de Saneamento.

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.

PNE – Plano Nacional de Energia.

PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

PROCEL SANEAR - Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental.

PROESCO – Apoio a Projetos de Eficiência Energética.

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.

REEEP - *Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership*.

RGR – Reserva Global de Reversão.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

SEBRAE - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

SIN – Sistema Interligado Nacional.

Sislic – Sistema Informatizado de Licenciamento Ambiental.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

SUNAMAM – Superintendência Nacional de Marinha Mercante.

UCI – Utilização da Capacidade Instalada.

UCP - Universidade Católica de Petrópolis.

Unctad – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento.



## 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma das modalidades de energia mais consumida no país. O consumo crescente, aliado à falta de investimentos nos setores de geração, transmissão e distribuição vêm diminuindo a distância entre a demanda e oferta, tornando o fornecimento de energia elétrica cada vez mais crítico.

Procurar soluções para este problema envolve, por exemplo, a construção de novas usinas hidrelétricas e termelétricas, a conclusão de usinas não acabadas, a importação de gás natural e de energia elétrica de países vizinhos, a implementação de campanhas de combate ao desperdício de energia e o investimento em ações que promovam o aumento da eficiência no uso de energia elétrica.

Do ponto de vista do setor elétrico, o uso eficiente de energia elétrica diminui a necessidade de expansão do setor elétrico, postergando investimentos necessários ao atendimento do mercado de energia elétrica. Para os consumidores, as principais vantagens são: redução do gasto com energia elétrica, otimização dos sistemas presentes na instalação e marketing associado às idéias de preservação ambiental.

O objetivo dessa tese é relacionar os conceitos de eficiência energética, política industrial e inovação tecnológica. O objetivo é apresentar os principais pontos para uma nova política industrial, fundamentada na eficiência energética, que tenha como conseqüências a redução do consumo de energia elétrica e, principalmente, a divulgação do conceito de inovação tecnológica.

Inicialmente a pesquisa concentrou-se nos motores elétricos de indução de alto rendimento. Após uma breve comparação entre o programa brasileiro de substituição de motores

elétricos com o norte-americano e europeu, percebeu-se o atraso do país quanto à utilização de motores elétricos de indução de alto rendimento. Esse atraso deve-se a pouca divulgação das linhas de financiamento para projetos de eficiência, aversão ao risco das micros, pequenas e médias empresas e, principalmente, a existência de uma única empresa estatal envolvida – Eletrobras (Centrais Elétricas Brasileiras S. A.).

Percebeu-se, também, que para o sucesso dos programas de eficiência energética uma nova política industrial deve ser proposta que tenha como objetivo a modernização do parque industrial brasileiro (primordialmente a redução do consumo de energia elétrica) e possibilite a divulgação do conceito e das linhas de financiamento para a inovação tecnológica. Normalmente, as políticas industriais brasileiras se concentram em estimular determinados setores, por exemplo a indústria automobilística com redução de impostos. A nova política industrial brasileira, lançada em 2008, conhecida como PDP (Programa de Desenvolvimento Produtivo), teve como objetivo desenvolver 12 setores, com destaque para a construção civil, indústria naval, agroindústria, biodiesel, plásticos, têxtil, móveis. As principais medidas para se alcançar os objetivos foram: redução de custo de financiamento do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), ampliação dos subsídios aos setores exportadores, preferência nas compras da União, Estados e municípios a setores nacionais que investem em inovação, pesquisa e desenvolvimento etc. Não há nessa política uma orientação quanto ao desenvolvimento de projetos de eficiência energética que, teoricamente, podem atingir qualquer tipo de indústria.

Para a elaboração desse trabalho, foram utilizadas diversas pesquisas publicadas pelos órgãos estatais, entre eles: ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), BNDES, CNI (Confederação Nacional da Indústria), Eletrobras, EPE (Empresa de Pesquisa Energética), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), IEDI (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial), IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), MME (Ministério de Minas e Energia) e diversas reportagens publicadas nos jornais Valor Econômico e O Estado de S. Paulo.

Esse trabalho está dividido em 6 capítulos. O capítulo 2 aborda a matriz energética brasileira, apresentando dados sobre geração e consumo de energia elétrica. O capítulo está dividido da seguinte forma: introdução sobre geração de energia elétrica – destacando o Brasil como um dos principais atores em energia renovável (hidroeletricidade), o novo mercado de energia elétrica – o modelo de privatização do mercado de energia é revisto, o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) – que após cinco anos não atingiu um terço dos projetos esperados, o uso racional de energia elétrica e o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) – importante programa governamental de conservação de energia. O objetivo desse capítulo é traçar um panorama sobre o sistema elétrico brasileiro e o mercado de energia elétrica.

O capítulo 3 apresenta os principais dados sobre eficiência energética no país. Inicialmente é apresentada uma definição sobre eficiência energética e os seus benefícios para a matriz energética nacional. São mostradas também suas principais barreiras, tais como, infraestrutura de fornecimento limitada, informação e treinamento insuficientes, falta de capital ou de financiamento, barreiras de preços e tarifárias, barreiras regulatórias etc.; além de formas de superação, por exemplo, pesquisa, desenvolvimento, financiamento, incentivos financeiros etc. Em seguida, é abordada uma breve discussão sobre eficiência energética e políticas públicas; confirmando que essas políticas são uns dos importantes instrumentos para a realização de programas de eficiência energética. Após, são apresentadas as principais Leis, Decretos e Normas relacionadas à eficiência energética com o objetivo de resgatar a evolução histórica referente às questões energéticas no Brasil. Esta análise permite traçar os caminhos que levaram o tema eficiência energética como questão fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Como existem diversos equipamentos energeticamente mais eficientes no mercado, foi escolhido o motor elétrico de indução trifásico como exemplo dos programas de eficiência energética. No capítulo 4 são abordados os motores de indução de alto rendimento e as principais metodologias para a substituição de motores do tipo padrão pelos de alto rendimento. É dado destaque para os programas de eficiência energética relacionados à força motriz nos Estados Unidos e na Europa e assim justificar os investimentos nesses equipamentos no Brasil. A parte final do capítulo trata dos sistemas de bombeamento de água. O principal insumo para as

empresas de abastecimento de água é a eletricidade. Normalmente a operação de bombeamento, acionada por motores de indução trifásicos, ocorre sem interrupção, sendo que existem duas formas de se reduzir os custos da energia elétrica: utilizar instalações adequadas hidraulicamente e evitar ou reduzir o consumo de energia nas horas de ponta. O Projeto Santana da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é apresentado como exemplo de sucesso de projeto de eficiência energética.

O capítulo 5 tem por objetivo mostrar que para o sucesso do programa de eficiência energética nacional o governo precisa fornecer subsídios, ou seja, uma política industrial objetiva e recursos financeiros. O capítulo, inicialmente, apresenta alguns dados da indústria nacional, por exemplo, importação de matéria-prima, importação de bens duráveis, produção industrial, financiamento, investimentos etc. Em seguida, são discutidos aspectos quanto à política industrial. A política industrial pode ser dividida em três partes: (i) as políticas de modernização, (ii) as políticas de reestruturação e (iii) a política de concorrência e de regulação. Os projetos de eficiência energética devem ser inseridos nas políticas de modernização, pois visam à capacitação produtiva, gerencial e comercial das empresas. Após, são apresentados os principais pontos da nova política industrial ou Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) – lançado em 2008. Com destaque para: o aumento do investimento fixo - elevar o investimento direto na economia para 21% do PIB (Produto Interno Bruto) em 2010, o aumento da inovação do setor privado - estimular a inovação no setor industrial, por meio de investimento privados em pesquisa e desenvolvimento, aumento das exportações - ampliação da participação brasileira nas exportações mundiais para 1,5% do comércio mundial em 2010 e o aumento das exportações de pequenas e médias empresas - aumentar em 10% o número de micro e pequenas empresas exportadoras brasileiras. Em seguida, o capítulo apresenta o conceito de inovação tecnológica. A inovação pode ser dividida em quatro tipos: incremental, radical, novo sistema tecnológico e novo paradigma tecnoeconômico. A eficiência energética, que em muitos casos baseia-se na substituição de equipamentos antigos por novos, pode ser encarada como uma inovação incremental. São mostrados também dados da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) (2003, 2005 e 2008) e dos Congressos Brasileiros de Inovação na Indústria realizados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) nos anos de 2005, 2007 e 2009. As principais conclusões desse congresso foram: há pouca articulação entre as agências de fomento, institutos

de pesquisa e órgãos públicos do sistema de ciência, tecnologia e inovação; o financiamento para as atividades inovativas nas empresas é limitado. É proposta uma nova política industrial na qual o foco é a inovação tecnológica via eficiência energética. A idéia principal é utilizar os recursos destinados à inovação tecnológica em projetos de eficiência energética, pois esses dois conceitos são sinônimos. São cinco pontos de destaque: Recursos, Avaliação, Informação, Execução e Administração. Os projetos serão desenvolvidos pelas Universidades e as ESCOS (Empresas de Serviços de Conservação de Energia). A CNI, ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e PROCEL - Eletrobrás serão responsáveis pela seleção das empresas (preferencialmente as Micros, Pequenas e Médias Empresas - MPMEs) e a coordenação dos projetos. A avaliação ficará com o IEDI (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial), o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). A parte final do capítulo mostra alguns dados das Micros, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs), comprovando como os investimentos em eficiência energética são importantes.

O capítulo 6 apresenta as principais conclusões do trabalho. Nos apêndices A e B encontram-se os dados do soprador centrífugo (*Blower*) e no apêndice C os valores de C - que define o estado de conservação das paredes interna de uma tubulação por tipo de tubo, idade e qualidade de água, e os valores de K (coeficiente de perda de carga localizada para diversas peças).



## **2. ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**

### **2.1 Introdução**

A produção e distribuição de energia elétrica no Brasil são realizadas predominantemente de forma centralizada, se encontrando nas mãos de grandes concessionárias e investidores que detêm grande margem para influenciar a composição de preços, os quais dificilmente seguem padrões de concorrência de mercado, devido a sua estrutura monopolista. Essa concentração de poder e de capital se reflete nos projetos de investimentos futuros, dando continuidade aos empreendimentos de macro escala.

A matriz energética brasileira, diferentemente da matriz energética mundial que queima combustíveis fósseis para gerar eletricidade, é fortemente baseada na hidroeletricidade. Nesse sentido, o Brasil é visto muitas vezes como uma espécie de vanguarda mundial em termos de sustentabilidade, mas essa visão não considera que os grandes empreendimentos hidrelétricos causam enorme impacto ambiental e social. Por isso a necessidade de implantação de novas alternativas energéticas, na tentativa de inverter o modelo que em outros tempos sustentou o crescimento, mas não trouxe o tão esperado e necessário desenvolvimento sustentável, no qual é necessário contabilizar tanto os custos ambientais como os sociais.

A utilização de biomassa para geração de energia em usinas de açúcar e álcool tem sido visto como um exemplo nacional bem sucedido, apesar de ter como fator negativo os impactos sócio-econômico-ambientais associados à monocultura da cana-de-açúcar (DEMANBORO *et al.*, 2005) (DEMANBORO, 2001).

O potencial hidroelétrico brasileiro é da ordem de 390 GW. Desse potencial, já foram instalados 25% que alagaram 34.000 Km<sup>2</sup> de terras e desalojaram 200.000 famílias ribeirinhas. Também desapareceram cidades com sua história e patrimônios históricos.

Para atingir a sustentabilidade, ter-se-á que enfrentar uma mudança de valores, uma maneira diferente e nova de encarar a natureza (o modo de produção e consumo), pois a humanidade é totalmente dependente dos sistemas naturais. Deve-se partir do princípio que é possível elevar o padrão de vida da humanidade, criando desenvolvimento e não necessariamente crescimento, sem destruir o meio ambiente (DALY, 1996).

No terceiro milênio o desenvolvimento é sinônimo de qualidade de vida, onde devem-se usar os recursos naturais desde que seja garantida sua perpetuação para as gerações futuras. Neste sentido, é importante discutir a possibilidade de aplicar formas de geração de energia que sejam diversificadas e descentralizadas, como as pequenas centrais hidrelétricas, eólica, fotovoltaica e hidrogênio. Além disso, deve-se pensar em implementar de forma contundente os programas de eficiência energética, que contribuam tanto para diminuir os investimentos em novas usinas como para mitigar impactos ambientais.

## **2.2 Mercado de Energia Elétrica**

Essa parte do trabalho mostra a evolução do mercado de energia elétrica no Brasil. A crise financeira na década de 90 levou o governo brasileiro a acelerar o processo de privatização das empresas de serviços públicos. O investimento no setor elétrico nos anos 80 foi apenas 0,8% do PIB (Produto Interno Bruto); enquanto nos anos 60 e 70, esse valor era de 2%. No começo da década de 90 o Brasil tinha 62 empresas operando no setor, sendo que o governo federal possuía 59% da capacidade de geração. Havia 23 empresas privadas de distribuição, quase todas interligadas a rede nacional de transmissão de energia elétrica, de 1,5 milhão de quilômetros (BAER & McDONALD, 1997).

A estrutura do setor passou a ser, após a privatização, composta por: (a) Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pela gestão dos recursos hídricos; (b) Ministério de Minas e Energia (MME), responsável pela elaboração das políticas globais referentes ao setor energético; (b) a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsável pela fiscalização das empresas concessionárias, definição da estrutura tarifária etc., (c) o Mercado Atacadista de Energia elétrica (MAE), no qual deveria ser negociada livremente a energia do sistema interligado e (d) o Operador Nacional do Sistema (ONS), com as funções de planejamento, programação e execução da operação das usinas (PINTO JUNIOR, 2007) (ROSA *et al.*, 1998).

Segundo ROSA *et al.* (1998), o setor apresentou uma expressiva participação de operadoras estrangeiras de energia elétrica, associadas à fundos de pensão de empresas estatais. Sobre o processo de privatização, concluem: “... na prática, o que se observa é o retorno, em escala um pouco reduzida da situação existente no mercado elétrico brasileiro do início do século quando, por exemplo, o grupo controlador da Light controlava o mercado consumidor de eletricidade do Rio de Janeiro e São Paulo (naquela ocasião, cerca de 60% do mercado brasileiro)”.

O Planejamento da expansão do setor, elaborado pelo Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos - GCPS/ELETROBRAS, passou a ser indicativo, pois a decisão de investir não é mais prerrogativa exclusiva do Estado. O Plano Decenal de Expansão 1998/2007 projetou um aumento de 36.685,4 MW na capacidade de geração do país (34.978,5 MW nos sistemas interligados e 1.706,9 MW nos sistemas isolados) (BNDES, 1998). Para o cumprimento dessas metas, foram exigidos investimentos da ordem de R\$ 17,2 bilhões. De acordo com o Informe Infra-Estrutura de agosto de 1998: “Com isso, estariam abertas oportunidades de investimentos para os agentes privados da ordem de R\$ 3,4 bilhões por ano” (BNDES, Informe Infra-Estrutura, 1998). A Figura 2.1 apresenta os investimentos realizados no setor desde os anos 80 até o ano 2000. Cabe ressaltar que a falta de tais investimentos foi um dos fatores para a crise do setor elétrico no ano de 2001.

A privatização do setor arrecadou US\$ 30,05 bilhões. “Mas estes recursos não foram investidos na ampliação da oferta de energia elétrica. Em vez disso, foram utilizados para

cumprir as metas do programa de ajuste fiscal acertado com os organismos internacionais, transferindo para o setor privado parte considerável das empresas geradoras de receita do setor elétrico”, conforme destaca a pesquisadora ROUSSEFF (2003).

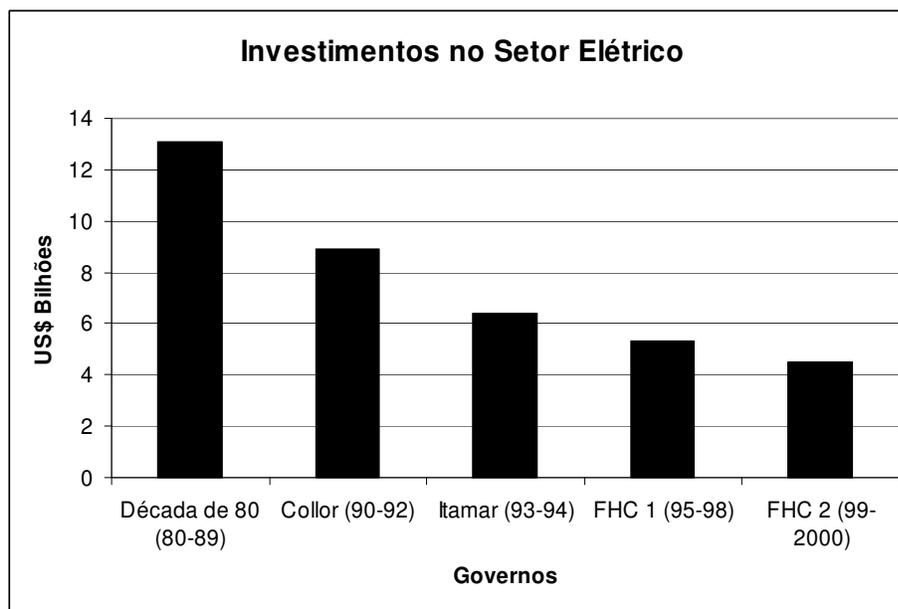


Figura 2.1 - Investimento no Setor Elétrico (1980 - 2000). Fonte: ROUSSEFF, 2003.

Segundo ROCKMANN & LIRIO (2007), o PIB (Produto Interno Bruto) do ano de 2001 poderia ter crescido 1,5% a mais, não fosse a crise do setor elétrico. Durante a crise foram arrecadados 20 bilhões de reais, sendo 10 bilhões em impostos para compensar as perdas das distribuidoras de energia e 10 bilhões provenientes dos cofres do Tesouro para a construção das usinas emergenciais à base de carvão e óleo. As usinas não foram utilizadas, apesar dos proprietários receberem a remuneração prevista nos contratos.

No ano de 2004, o governo criou um novo modelo para o setor, no qual esperava atrair recursos privados para a expansão da geração e garantir tarifas baixas. Os elementos fundamentais do novo modelo eram: a reestruturação do planejamento de médio e longo prazo; a competição na geração com a licitação da energia pelo critério de menor tarifa, o monitoramento das condições de atendimento, etc. Segundo o novo modelo, “a modicidade tarifária é elemento-chave no atendimento às demandas sociais e às exigências do desenvolvimento econômico. Ele

limita o *self-dealing* (autocontratação) ao mesmo tempo que proporciona um quadro atrativo para o investidor privado” (O Novo Modelo do Setor Elétrico, 2004).

Com relação à expansão da geração, “o novo modelo possibilita que, por meio das licitações, sejam estabelecidas, no mercado, contratos de longo prazo entre quaisquer geradoras e quaisquer distribuidores. O mercado de geração passa a funcionar de forma transparente, sem barreiras à entrada de novos investidores, aumentando as oportunidades de investimento” (O Novo Modelo do Setor Elétrico, 2004).

Segundo FURTADO (2005), para sustentar um crescimento do PIB de 3,5% anuais, era preciso aumentar em pelo menos 4,5% ao ano a produção de energia elétrica. A oferta de energia até 2010 estava garantida, pois existiam 78 empreendimentos em construção, com um potencial de 7,6 mil MW - sendo 2,7 mil MW em termelétricas. Grande parte das termelétricas utilizaria o gás natural como combustível, logo existiam dúvidas quanto ao seu preço e conseqüentemente o preço final da energia elétrica gerada.

O problema consistiu em atrair novos investidores para o setor. Uma das formas encontradas pelo novo modelo foi obrigar as distribuidoras de energia elétrica a firmar contratos de longo prazo com as geradoras, os chamados PPA (*Power Purchase Agreement*). Ou seja, era assegurado um contrato de compra de energia, pelo prazo mínimo de 15 anos, aos vencedores dos processos de licitação, para atender a expansão das distribuidoras. O novo modelo também exigiu que novos projetos hidrelétricos fossem ofertados à licitação com estudo de viabilidade técnico-econômica e licença prévia ambiental concedida, reduzindo o risco de investimento.

O novo programa recebeu algumas críticas. ROSA *et al.* (1998), destacam: “Um outro aspecto refere-se ao planejamento da expansão do sistema. No sistema tradicional, não existiam grandes problemas para a arbitragem dos novos investimentos, feita com base nos custos marginais de longo prazo”.

Sobre a necessidade de uma melhor avaliação do planejamento indicativo, NASSIF (2001) comenta: “... No caso de PPAs analisar os riscos de mercados, os riscos ambientais para

classificar as centrais como viáveis, com atraso ou pouco prováveis. O modelo acaba convergindo para a avaliação de risco, tipo Moody's. Esse é o desafio: como fazer planejamento que permita sinalizações. Com essas informações, o governo agiria preventivamente, de forma reguladora, ou licitando usinas para serviços públicos ou organizando leilão de energia emergencial”.

Em março de 2004 entrou em vigor a Nova Reforma da Indústria Elétrica Brasileira. Os principais objetivos do novo modelo foram (PINTO JUNIOR, 2007): a criação de dois ambientes de negócios e de contratos (Ambiente de Contratação Regulada – ACR e o Ambiente de Contratação Livre – ACL), a estruturação de leilões para a contratação de energia com o critério de menor tarifa, segurança no abastecimento e a estruturação de leilões específicos (contratos bilaterais de longo prazo) e a licença ambiental prévia de empreendimentos hidrelétricos.

A licença ambiental também é apontada como um dos entraves para novos projetos. De acordo com a pesquisa da Confederação Nacional da Indústria as principais dificuldades enfrentadas dos empresários são: demora na análise dos pedidos (64,5%), custos dos investimentos necessários para atender às exigências feitas pelo órgão ambiental (54,6%), custos de preparação de estudos e projetos para apresentar ao órgão ambiental (46,3%) e dificuldade de identificar e atender aos critérios técnicos exigidos (WEGRZYNOVSKI, 2006).

O diretor adjunto da Diretoria de Estudos Regionais e Urbanos do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), José Aroudo Mota, detalhou os passos para conseguir um licenciamento ambiental: 1) licença prévia, 2) licença de instalação, 3) licença de pré-operação, 4) licença de operação, 5) licença ambiental, 6) licença de reformulação e 7) licença de reequipamento. Dependendo do projeto, o licenciamento é avaliado pela comunidade em audiências públicas através do Sistema Informatizado de Licenciamento Ambiental (Sislic) (WEGRZYNOVSKI, 2006). A Figura 2.2 apresenta o fluxograma dos passos explicados. Fica claro que esse processo democrático demanda tempo e dinheiro.



Figura 2.2 – Fluxograma dos passos para a obtenção de um licenciamento ambiental.

Como exemplo, o presidente do Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), Roberto Messias Franco, enumerou as ações exigidas pelo instituto para a liberação da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (FRANCO, 2010):

- Testar o hidrograma de consenso e verificar se o volume mínimo de água previsto é suficiente para gerar energia;

- Apresentar plano de monitoramento de aspectos socioambientais como qualidade de água, quelônios, pesca, navegação e modo de vida da população em Volta Grande (trecho do Xingu);
- Apresentar o projeto de transposição das embarcações no barramento no sítio Pimental;
- Apresentar soluções que permitam os ribeirinhos e índios navegarem no trecho do rio Xingu submetido à vazão reduzida;
- Apresentar os Planos de Requalificação Urbana, Articulação Institucional e Ações Antecipatórias que visam melhorar os serviços de saúde, educação, saneamento e segurança à população nas cidades de Vitória da Altamira, Vitória do Xingu, Brasil Novo, Anapu e Senador José Porfírio;
- Investir, antes do início da construção da Usina, na infra-estrutura da região para minimizar os efeitos da sobrecarga populacional nos serviços básicos e essenciais;
- Criar três novas unidades de conservação dos igarapés – o empreendedor havia apresentado duas;
- Elaborar um programa de manejo de quelônios de longo prazo com duração mínima de 20 anos;
- Assinar termo de compromisso com as prefeituras que estão dentro da área de influência da hidrelétrica e ainda não possuem planos diretores.

Além disso, o Ibama determinou o aproveitamento dos materiais provenientes das escavações nas construções de casas, estradas e aterros. “Quando cumprir todas as condicionantes, o empreendedor estará habilitado a pedir ao Ibama a licença de instalação. Só então, poderá começar as obras”, afirma FRANCO (2010).

Em contraposição, LAMUCCI (2007) afirma que no ano de 2006 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) concedeu o maior número de licenciamentos da sua história. O número de licenças prévias, de operação e de instalação passou de 273 em 2005 para 278 em 2006. Do total de licenças, 143 foram para o setor de transporte, 85 para o de energia e 50 para o de exploração e produção de petróleo e gás. Segundo Luiz Felipe Kunz Junior, diretor de Licenciamento do MMA: “Desde 1999, o ritmo da concessão de licenciamento só teve uma redução anual, em

2003, por conta da mudança de governo e do momento de transição econômica. Naquele instante o país discutia o novo modelo para o setor elétrico brasileiro” (LAMUCCI, 2007).

O novo modelo do setor elétrico resultou na criação de novos agentes e/ou empresas para sua coordenação, com destaque para (PINTO JUNIOR, 2007):

- Empresa de Pesquisa Energética (EPE) - responsável por realizar estudos para a determinação dos aproveitamentos dos potenciais hidráulicos brasileiros;
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) – com o objetivo de promover leilões de compra e venda de energia elétrica (a CCEE foi criada em substituição do MAE) e;
- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) – responsável pelo acompanhamento das atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica, gás natural e petróleo e seus derivados.

Segundo dados do EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (2008), para o período de 2009 a 2013, a oferta de energia elétrica será maior do que a demanda. Isso ocorrerá devido, basicamente, a desaceleração da economia mundial, crescimento nacional moderado e o excesso de chuvas. A Tabela 2.1 mostra a evolução da carga e da disponibilidade de geração para os anos de 2009 a 2013. Percebe-se que para os anos de 2010, 2011 e 2013 o excedente é superior a 1.000 MW médios (SANTOS *et al.*, 2009).

Tabela 2.1 – Evolução da carga e da disponibilidade de geração (MW médios)

<b>Ano</b>	<b>Oferta</b>	<b>Demanda</b>	<b>Excedente</b>
2009	55.634	55.429	204
2010	59.357	58.149	1.208
2011	62.083	60.815	1268
2012	63.682	63.439	243
2013	68.409	67.301	1.108

Fonte: EPE, 2008 e Santos *et al.*, 2009.

Com relação às fontes de geração de energia, o Plano Decenal de Energia (PDE) (EPE, 2008), mostra que a participação da fonte hídrica na matriz elétrica nacional cairá de 85,9% em 2008 para 75,9% em 2017. Chama atenção o aumento de óleo combustível, de 0,9 para 5,7% para o mesmo período e de gás natural, de 6,8 para 7,9%. A Tabela 2.2 apresenta as principais fontes para os anos de 2008 e 2017.

Tabela 2.2 – Fontes de geração (em % da matriz energética)

<b>Tipo</b>	<b>2008</b>	<b>2017</b>
Hidroelétrica	85,9	75,9
Gás Natural	6,8	7,9
Nuclear	2,0	2,2
Carvão	1,4	2,1
Óleo diesel	1,1	1,0
Biomassa	1,0	2,7
Óleo combustível	0,9	5,7
Eólica	0,3	0,9
Outros	0,6	1,6

Fonte: EPE (PDE, 2017) e RITTNER, 2009.

Para atender a esse crescimento será necessário acrescentar 81 termelétricas ao sistema, sendo 41 movidas a óleo combustível, 20 a diesel, 8 a gás natural, 7 a biocombustíveis e 4 a carvão. Como consequência, as novas térmicas produzirão 39,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2017, o que corresponde a um aumento de 172% em relação ao valor das emissões de 2008. Percebe-se, portanto, a falta de preocupação com o meio ambiente - na contramão às ações adotadas mundialmente (EPE, 2008) (RITTNER, 2009).

Outro exemplo que mostra o planejamento e operação discutíveis do ONS (Operador Nacional do Sistema) está relacionado com o uso das termoelétricas no início de 2009. Segundo GOULART (2009), com dados Abrace (Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia) (2009), o consumidor pagou R\$ 26 milhões por semana para manter funcionando três usinas que utilizam o gás boliviano, apesar das hidroelétricas estarem com os níveis dos reservatórios em situação razoável.

No início de 2009 o governo anunciou uma redução de 31 para 19 milhões de metros cúbicos de gás proveniente da Bolívia. O próprio ONS anunciou a paralisação das usinas termoelétricas na reunião do Conselho de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) devido basicamente ao grande volume de chuvas e da queda de consumo de energia. Na noite do mesmo dia, o ministro de Minas e Energia, Edson Lobão, anunciou que o corte de gás não seria mais de 31 para 19 milhões de m<sup>3</sup>, mas sim para 24 milhões de m<sup>3</sup> (GOULART, 2009). Ficam as questões: Quem o Brasil deve auxiliar? A Bolívia? Ou regiões menos favorecidas do país, como

o norte e nordeste? Esse episódio demonstra mais uma vez como a interferência política prejudica o desenvolvimento energético do Brasil.

## 2.3 Consumo de Energia Elétrica na Indústria

Segundo SCHUFFNER (2005) a indústria acumulou uma alta de 8,7% no consumo de energia elétrica até o mês de setembro de 2005. O consumo de energia pelo setor industrial aumentou gradualmente ao longo do ano de 2005: cresceu 4,6% em janeiro, 6,6% em fevereiro, 7,8% em março, 8,2% em abril, 8,2% em maio, 9,1% em junho, 9,8% em julho, 12,5% em agosto e 11% em setembro. Por regiões, o consumo aumentou 8,7% no Sudeste/Centro-Oeste, 11,9% no Norte, 8,2% no Nordeste, 6,7% no Sul e 13,2% na parte da região Norte que é isolada do sistema. A Tabela 2.3 mostra a evolução da produção industrial e o consumo de energia elétrica nos períodos pré e pós-acionamento de energia. Percebe-se que normalmente o aumento da produção é acompanhado pelo aumento do consumo de energia, ou seja, há uma correlação.

Tabela 2.3 – Evolução da produção industrial e consumo de energia

<b>Pré-acionamento</b>		
<b>Ano</b>	<b>Produção (%)</b>	<b>Consumo (%)</b>
1996	1,7	4,3
1997	3,8	4,4
1998	-2,0	0,2
1999	-0,6	1,5
2000	6,6	5,9
<b>Pós-acionamento</b>		
2001	1,5	-6,6
2002	2,7	4,1
2003	0,1	2,0
2004	8,3	9,2
2005	3,0	5,5
2006	2,8	2,7

Fonte: IBGE, Aneel e MAIA, 2007.

A Tabela 2.4 apresenta o consumo de eletricidade para os anos de 2009 e 2010 e uma projeção para 2019 para diversos setores. No setor industrial, ocorreu uma variação de 9,5% entre os anos 2009 e 2010. O setor comercial, segundo projeções da EPE, apresentará a maior variação entre 2010 e 2019, ou seja, 6,1% (EPE - PDE, 2019).

Tabela 2.4 – Consumo de eletricidade em TWh.

Classe	2009	2010	2019	Variação (% ao ano)	
				2009-2010	2010-2019
<b>Residencial</b>	100,3	105,5	156,5	5,3	4,5
<b>Industrial</b>	166,5	182,3	274,8	9,5	4,7
<b>Comercial</b>	65,0	69,2	118,4	6,6	6,1
<b>Outras</b>	56,3	58,8	83,3	4,4	4,0
<b>Total</b>	<b>388,0</b>	<b>415,9</b>	<b>633,0</b>	<b>7,2</b>	<b>4,8</b>

Fonte: EPE (PDE, 2019).

Conforme COIMBRA e SALGADO (2006), de dezembro de 2002 a janeiro de 2006, o preço da eletricidade subiu em média 103,8% para os grandes consumidores industriais brasileiros. Afirmam que, em 2006, os clientes industriais da CEMIG (Centrais Elétricas de Minas Gerais) receberam um aumento de 11,23% nas tarifas de energia; na área de concessão da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), as indústrias pagaram mais 10,11% pela energia desde abril. A Tabela 2.5 apresenta a variação nas tarifas de energia elétrica entre 2003 e 2010 para as regiões do Brasil. A região nordeste apresenta a maior variação no setor residencial (45,72%) e a região sul a maior variação no setor industrial (86,95%). No Brasil as variações foram 23,62% e 79,79%, respectivamente.

Tabela 2.5 - Variação nas tarifas de energia elétrica entre 2003 e 2010 - em porcentagem.

Regiões	Residencial	Industrial
Centro-Oeste	28,35	60,50
Nordeste	45,72	65,50
Norte	40,37	58,46
Sudeste	17,33	85,39
Sul	25,92	86,95
<b>Brasil</b>	<b>23,62</b>	<b>79,79</b>

Fonte: Elaborado com dados da ANEEL, 2011.

De acordo com STAVISKI (2006), o preço da energia elétrica gerada pela hidrelétrica de Itaipu subiu 10,3% a partir de janeiro de 2007. A nova tarifa, aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), subiu de US\$ 21,5311 por quilowatt-hora para US\$ 23,7524/kWh. Isto representa para o consumidor brasileiro um aumento de até 2,8% na conta de energia. O reajuste, segundo a diretoria da hidrelétrica, foi devido a diversos fatores, tais como a defasagem cambial, o aumento da inflação norte-americana, a adoção do plano de demissão voluntária etc. Cabe ressaltar que a usina de Itaipu é responsável por 20% da energia produzida no Brasil e 18

companhias distribuidoras compram sua produção; entre elas, Eletropaulo, Bandeirante, CPFL, Elektro, Cemig, Light etc.

Outro problema enfrentado pelo setor elétrico refere-se à privatização do gás - que alimenta uma série de usinas termelétricas no país, pelo governo boliviano. A Tabela 2.6 apresenta a disponibilidade das usinas termelétricas (UTE), acionadas pelo ONS (Operador Nacional do Sistema), para o mês de outubro de 2006. Percebe-se que apenas duas usinas (Cuiabá e Norte Fluminense) apresentaram valores próximos da disponibilidade original. A diferença, entre a disponibilidade observada e original, é de - 3.388,210 MW médios. Essa falta de gás deve-se basicamente a crise imposta pelo governo Boliviano (SCHUFFNER & RITTNER, 2006).

Tabela 2.6 - Disponibilidade original e observada em UTE (outubro de 2006).

<b>UTE</b>	<b>Disponibilidade original (MW)</b>	<b>Disponibilidade observada (MW)</b>
Cuiabá	480,00	480,00
TermoRio	793,05	84,14
Macaé	922,61	6,46
Três Lagoas	306,00	137,14
Norte Fluminense	868,93	676,80
Eletrobolt	385,92	41,44
Ibitiré	226,00	139,94
Canoas	160,57	41,73
Uruguaiiana	639,90	225,21
Termo Pernambuco	532,76	94,67
<b>Total</b>	<b>5.315,74</b>	<b>1.927,53</b>

Fonte: Valor Econômico, ONS e CCEE; com adaptações, 2006.

A falta de gás resultou em um relatório elaborado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) com o objetivo de medir os impactos da retirada dessas usinas sobre o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). O preço poderia subir em até 110% na região sudeste com a retirada das dez termelétricas que ficaram sem gás em setembro de 2006. O PLD é o máximo preço praticado no mercado livre de energia elétrica.

A Tabela 2.7 apresenta os resultados do estudo da CCEE. O relatório segue o seguinte critério (SCHUFFNER & RITTNER, 2006):

(a) Estudo curto: pressupõe substituição das usinas térmicas a gás listadas no período de 2006 a 2008, com as seguintes considerações: a partir de janeiro de 2008, disponibilidade de 352 MW para Termorio; a partir de julho de 2007, disponibilidade de 158 MW para Canoas (devido à conversão biocombustível); a partir de janeiro de 2009, implantação do GNL de forma a eliminar as restrições de fornecimento de gás.

(b) Estudo longo: pressupõe substituição das usinas térmicas a gás listadas de outubro de 2006 até dezembro de 2009.

Tabela 2.7 – Risco anual de déficit de energia por submercado (em %)

<b>Regiões</b>	<b>Situação atual</b>			
	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Sudeste	6,95	6,75	7,15	10,00
Sul	7,80	8,40	8,00	10,15
Nordeste	6,95	14,15	16,55	20,65
Norte	15,80	15,85	15,35	15,45
	<b>Estudo curto</b>			
Sudeste	14,10	14,25	10,20	12,40
Sul	15,95	16,65	10,30	13,15
Nordeste	12,30	18,40	14,80	26,85
Norte	21,50	15,75	34,50	17,20
	<b>Estudo longo</b>			
Sudeste	16,75	19,85	21,90	25,10
Sul	18,55	21,40	22,40	25,45
Nordeste	13,40	17,40	21,95	30,05
Norte	24,15	20,05	63,50	35,70

Fonte: Adaptado de Valor Econômico, CCEE, 2006.

Da Tabela 2.7 percebe-se que o risco de déficit de energia para a região sudeste para o ano de 2007 foi de 6,95 % na situação atual, 14,10% no Estudo curto e de 16,75% no Estudo longo. Merece destaque a região norte, com o risco de 34,50% no ano de 2009 no Estudo curto e de 63,50% no Estudo longo.

No início de 2008, o país passou por outra crise energética, com a real possibilidade de racionamento de energia elétrica. A falta de uma política energética séria foi o principal motivo para a atual situação. A criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – responsável pela elaboração de cenários de médio e longo prazo, não evitou o problema: atrasos nas construções de novas hidrelétricas, linhas de transmissão de energia e gasodutos. A baixa quantidade de

chuvas no começo de ano de 2008 – devido ao efeito El Niña, e a falta de gás acarretaram em uma alta significativa no preço da tarifa de energia elétrica e no Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

De acordo com DAINESE (2008), o PLD da terceira semana de janeiro de 2008 atingiu o valor de R\$ 569,59/MWh - próximo ao praticado em junho de 2001, ano da crise, que ficou em R\$ 684,00/MWh. Ela cita o relatório da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que prevê fortes reajustes no PLD. Um dos motivos para essa alta, segundo Antônio Carlos Fraga Machado – presidente da CCEE, foi provocado pelo baixo regime de chuvas da última semana que ficou aquém da previsão. Ele comentou: “Com esse valor, nossa única saída, a partir de agora, é a colaboração de São Pedro”. Como na outra crise, o governo insistiu em culpar o santo.

MONTEIRO & DIANNI (2008) afirmam que a possibilidade de um racionamento de energia e o conseqüentemente aumento de preço foram as principais fontes de pressão sobre a inflação no primeiro semestre de 2008. Apontam também que a insegurança do setor energético ameaçou o crescimento industrial e principalmente os investimentos em expansão.

Outro dado importante refere-se à quantidade de investimentos das empresas estatais federais no ano de 2007. De acordo com OLIVEIRA (2008) – com dados do Ministério do Planejamento, esses investimentos atingiram R\$ 39,97 bilhões, um crescimento de 21,8% em relação a 2006. No entanto, esse volume está relacionado quase que exclusivamente ao grupo Petrobrás – responsável por 89,5 % do total investido pelas empresas estatais. Segundo o Departamento de Coordenação e Controle das Empresas Estatais (Dest) do Ministério do Planejamento, os investimentos do grupo Eletrobras (composto por 16 empresas), atingiram R\$ 3,11 bilhões – uma queda de 2,8 % em relação a 2006. A Tabela 2.8 apresenta um histórico dos investimentos das duas maiores empresas estatais; percebe-se um aumento constante dos investimentos pelo grupo Petrobrás. Vale lembrar que no ano de 2007 o Presidente da República prometeu que transformaria a “Eletrobras em uma Petrobrás da energia”; mas pelos presentes dados isso não é uma realidade. OLIVEIRA (2008) conclui: “Este resultado contrasta com o discurso do governo de prioridade para investimentos na área de energia elétrica, necessários para afastar o risco de apagão”.

Tabela 2.8 – Investimentos das empresas no período de 2002 a 2007 – em Bilhões de R\$.

<b>Empresas</b>						
<b>Setor Produtivo Estatal</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Grupo Petrobrás	13,35	16,93	20,03	22,85	27,50	34,73
Grupo Eletrobras	3,40	2,93	2,85	3,21	3,20	3,11
Demais	0,87	0,53	0,48	0,78	1,08	0,98
Instituições Financeiras	1,25	1,36	1,41	1,27	1,03	1,15
<b>Total</b>	<b>18,87</b>	<b>21,75</b>	<b>24,77</b>	<b>28,11</b>	<b>32,81</b>	<b>39,97</b>

Fonte: Departamento de Coordenação e Controle das Empresas Estatais (Dest) & OLIVEIRA (2008).

## **2.4 O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA**

De acordo com o Ministério de Minas e Energia ([www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br), 2007), o PROINFA, “estabelece a contratação de 3.300 MW de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN), produzidos por fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), sendo 1.100 MW de cada fonte”. O programa foi criado em 26 de abril de 2002, assegurando “a participação de um maior número de estados no Programa, o incentivo à indústria nacional e a exclusão dos consumidores de baixa renda do pagamento do rateio da compra da nova energia”. Ainda segundo o Ministério, a energia produzida será adquirida pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), com duração de 20 anos - contados a partir da entrada em operação.

Após cinco anos, o PROINFA não atingiu um terço do esperado, ou seja, a capacidade instalada, até abril de 2007, foi de apenas 860 MW que corresponde a 26,1 % do total. O projeto conta com 465 MW de projetos de biomassa, 208,3 MW de energia eólica e 186,4 MW de PCHs. Um dos motivos para o atraso, segundo Laura Porto – diretora do departamento de desenvolvimento energético do Ministério de Minas e Energia, foi o ajuste proposto pelo governo Lula para o projeto criado pelo governo de Fernando Henrique Cardoso. Ela comenta: “O processo demorou, porque tivemos que aperfeiçoar a lei e as regras. O programa tinha nascido dentro do espírito do racionamento. Ele precisava ser revisto e passar por uma amadurecimento” (CHIARETTI, 2007), (MAIA, 2007) (DEMANBORO *et al.*, 2006). A Tabela 2.9 apresenta alguns dados dos projetos do PROINFA contratados pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) até abril de 2007. Pelo exposto, percebe-se que o

programa não é uma das prioridades do governo. Existe um potencial grande para a utilização de fontes renováveis de energia, mas o país continua marcado por grandes investimentos que beneficiam uma minoria de empresas.

Tabela 2.9 – Projetos PROINFA contratados pelo BNDES até abril de 2007

Fonte	Quantidade	Investimento (em R\$)	Financiamento do BNDES	Capacidade (MW)
PCH – Pequena Central Hidrelétrica	39	3.219.033	71 %	818
Biomassa	13	884.632	75%	455
Eólica	4	1.021.851	70 %	234
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>5.125.516</b>		<b>1.507</b>

Fonte: adaptado de BNDES e CHIARETTI, 2007.

Segundo TOLMASQUIM (2005), além das PCH's em operação, existe um outro ponto a ser explorado: a recapitação e reativação de antigas centrais hidrelétricas. A maioria dessas usinas foi construída em uma época em que os dados hidrológicos eram incipientes. Estudos indicam que a modernização dos componentes do grupo gerador pode agregar algo em torno de 200 MW em um curto período de tempo. A recapitação das centrais desativadas, aproximadamente 427 hidrelétricas, podem acrescentar cerca de 156 MW ao nosso sistema. A Tabela 2.10 apresenta o mercado de recapitação e reativação de PCH's no Brasil.

Tabela 2.10 - Mercado de recapitação e reativação de PCH's no Brasil

Situação	Quantidade	Potência (MW)
Recapitação		200
Centrais desativadas	427	156
Centrais em situação desconhecida	1039	328
<b>Total</b>	<b>1466</b>	<b>684</b>

Fonte: TOLMASQUIM, 2005.

Com relação ao PROINFA o que se observa é um descompasso do programa. O investimento até o momento é reduzido em comparação com o seu potencial. Espera-se que com a mudança da direção<sup>1</sup> do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)

<sup>1</sup> Eduardo Coutinho assumiu a presidência do banco em 2007.

mais recursos sejam transferidos para o programa, pois esse tipo de investimento deve partir do governo.

## **2.5 Uso Racional de Energia**

Do lado do consumidor, ganha força o conceito do uso racional de energia. De acordo com DIAS *et al.* (2006), “o uso racional da energia representa uma das maneiras de promover o equilíbrio entre o desenvolvimento socioeconômico das populações e o meio ambiente”. Os pesquisadores explicam que o uso racional da energia significa mudança de atitudes e valores dos indivíduos, “criando condições para o surgimento de um comportamento duradouro e o desenvolvimento de uma visão crítica quanto aos problemas energéticos e suas conseqüências”. O uso racional estabelece ações simples, ao alcance de qualquer pessoa, como substituir lâmpadas incandescentes por eletrônicas, utilizar o ferro de passar roupas apenas uma vez por semana - quando acumular uma grande quantidade de roupas, etc.

No segundo semestre de 2006 foi proposto, na disciplina de Eletrotécnica, para a turma do segundo ano de engenharia civil da Unicamp o seguinte trabalho: fazer um levantamento energético e um projeto de redução do consumo de energia elétrica residencial. O trabalho era composto de duas partes: na primeira, o aluno deveria construir uma tabela com todos os equipamentos de sua residência - e as suas respectivas potências, o consumo (em kWh) diário ou semanal e o consumo mensal. Os objetivos dessa primeira parte eram explicar a diferença entre potência elétrica e energia elétrica, estimar o consumo diário e mensal dos equipamentos (ou seja, multiplicar a potência do equipamento pela quantidade de horas utilizadas) e identificar os “vilões” do consumo. A entrega dessa primeira parte deveria ser comprovada com uma cópia da conta de energia elétrica. A segunda parte visava à redução do consumo de energia via substituição de lâmpadas incandescentes por eletrônicas, substituição do chuveiro elétrico por um a gás ou por aquecimento solar etc. Nessa segunda parte os alunos deveriam entrar em contato com as diversas formas de aquecimento de água, empresas que fornecem equipamentos e calcular o tempo de retorno simples com a substituição de equipamentos obsoletos por equipamentos com eficiência energética maior. Dos 80 alunos da disciplina apenas 10 apresentaram um projeto razoável contendo custos, propostas de empresas e cálculos de retorno simples. Tratando-se de uma turma de engenharia o esperado seria uma maior participação e interesse (NATURESA *et*

*al.*, 2008c). A experiência foi aplicada, em 2007, na turma do quarto ano do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Politécnica de Jundiaí (na disciplina Conversão Eletromecânica de Energia) e na turma do terceiro ano do curso de Engenharia Elétrica da Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP) em São Paulo (na disciplina Energia Aplicada I) em 2008. O resultado nos dois casos foi semelhante ao encontrado na Unicamp. A maioria dos alunos limitou-se a elaborar uma planilha com o consumo mensal de energia, ou seja, entregaram somente a primeira parte do trabalho. Isso comprova a dificuldade de projetos para a redução ou uso racional de energia.

DIAS *et al.* (2006) propõem exercícios semelhantes; alguns deles voltados para o consumo de combustível de um veículo. Algumas atividades interessantes que merecem destaque são: as campanhas para a redução do consumo de energia, a divulgação dos resultados obtidos com os projetos de eficiência energética e pesquisas sobre o efeito estufa, chuva ácida e doenças decorrentes da poluição. Na parte final do livro, os pesquisadores apresentam uma série de textos que podem ser trabalhados em sala de aula.

GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003) apresentam uma discussão entre energia e estilos de vida. Eles citam um estudo realizado na Suécia que relaciona renda com o consumo de energia. Os resultados mostram que para uma dada faixa de renda (ou classe social) o consumo das famílias é muito próximo. Os pequenos desvios são devidos principalmente a diferenças culturais, religiosas e educacionais. Apresentam também a divisão dos consumidores em: os que procuram conforto, os “esforçados”, os indiferentes, os controlados e os não-conformistas; sendo que cada divisão responde de maneira diferente a um aumento do preço de energia elétrica. Percebe-se que ações para o uso racional de energia causam reações distintas nos consumidores, devido basicamente a sua classe social ou em sua divisão. Isto explica parcialmente o resultado com os alunos da Unicamp.

O uso racional de energia se tornará uma realidade quando, infelizmente, o preço da energia elétrica comprometer significativamente os salários dos trabalhadores. Apesar dos resultados do exercício aplicados na Unicamp, Faculdade Politécnica de Jundiaí e FAAP estarem abaixo do esperado, é extremamente importante insistir em tais iniciativas.



## **3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL**

### **3.1 Introdução**

O uso eficiente de energia é a utilização de métodos e/ou processos que assegurem o menor consumo de energia por unidade produzida levando-se em conta os condicionantes sociais, econômicos e ambientais. Esta noção de eficiência energética não tinha muita importância no contexto econômico até o início dos anos 70; onde os eventuais estudos ligados à eficiência e as características de consumo eram quase sempre o resultado de uma simples curiosidade ou de um exercício de pesquisa (ZYLBERSTAJN, 1989). No entanto, após o primeiro aumento do preço do petróleo em 1973, o peso da energia aparece como determinante nos preços dos produtos industriais e nas despesas necessárias à manutenção e conforto das grandes cidades. Forçou-se então uma revisão das políticas energéticas. Os países industrializados adotaram medidas de conservação de energia, aumento da eficiência nos aparelhos eletro-eletrônicos ou até mesmo a eliminação de centros industriais intensivos em energia (MARQUES *et al.*, 2007) (PINTO JUNIOR, 2007).

Neste contexto, o Brasil optou por uma política de substituição de fontes de energia importadas com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade externa (PINTO JUNIOR, 2007). Alguns programas especiais foram criados: Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), o acordo nuclear Brasil-Alemanha, redução gradativa e contínua nas tarifas de energia elétrica etc. Essas medidas reduziram o nível de dependência do petróleo, mas em contrapartida aumentaram o consumo de outros insumos energéticos – principalmente da energia elétrica, elevando o consumo per capita, mas pouca preocupação com os danos ambientais decorrentes (MAMMANA, 1994) (BRANCO, 2002). Apenas em meados dos anos 80 têm início as iniciativas específicas na área de conservação de energia elétrica com vistas ao aumento da

eficiência energética. A criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL evidencia uma dessas iniciativas.

Em 1992 foi fundado o INEE (Instituto Nacional de Eficiência Energética) com o objetivo “de promover a transformação e o uso final eficiente de todas as formas de energia”. O INEE é uma organização não governamental sem fins lucrativos que elabora estudos e coordena seminários, eventos e treinamento na área de economia de energia. As ações do instituto estão divididas em: Eficiência Energética, Medição e Verificação, Geração Distribuída e Cogeração, Veículos Elétricos e Biomassa e Energia. No ano de 2010, o INEE organizou, em conjunto com a ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico), o 7º Seminário de Veículos Elétricos (VE2010), além do curso sobre eficiência energética para a equipe técnica da Casa da Moeda e apoio pedagógico na elaboração do curso MBA de Gestão e Eficiência Energética da Universidade Católica de Petrópolis (UCP) (INEE, 2011).

### **3.2 Eficiência Energética**

A melhoria da eficiência energética, ou seja, o uso de menos energia para uma dada tarefa, é segundo GELLER (2003, p. 36) um importante recurso energético mundial. O pesquisador afirma:

“Uma grande quantidade de avanços de eficiência energética em aparelhos, equipamentos de iluminação, veículos, instalações físicas, usinas e processos industriais foi desenvolvida e introduzida nas últimas décadas. A adoção dessas tecnologias vem se expandindo, contribuindo para uma redução substancial do uso e da intensidade da energia em muitos países”.

Segundo o autor uma economia maior de energia pode ser alcançada através da adoção de tecnologias disponíveis comercial e energeticamente eficazes, tais como:

- Dispositivos mais eficientes para cozinhar e aquecer água;
- Prédios que façam melhor uso de iluminação e ventilação naturais;

- Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas;
- Outras lâmpadas, reatores, controles e equipamento de iluminação eficientes;
- Equipamento de refrigeração com compressores mais eficientes e melhores conversores de calor;
- Gerenciamento da energia e dos sistemas de controle;
- Dispositivos eletrônicos com baixo consumo de energia de apoio;
- Projeto e controle avançados de bombeamento, ar comprimido e de outros sistemas motores;
- Motores de veículos mais eficientes, veículos mais leves e veículos elétricos híbridos.

A Tabela 3.1 mostra o potencial de economia de energia nos Estados Unidos com adoção de equipamentos mais eficientes. Com relação ao setor residencial a economia em iluminação é de 53%; no setor comercial a economia atinge 48% na refrigeração do ambiente.

Tabela 3.1 - Potencial de economia de energia nos Estados Unidos

<b>Setor e uso final</b>	<b>Potencial de economia de energia (%)</b>
<b>Residencial</b>	
Iluminação	53
Refrigeração	33
Aquecimento de água	23-28
Aquecimento ambiente, novas residências	19-39
Aquecimento ambiente, residências existentes	11-25
Refrigeração do ambiente	16-23
<b>Comercial</b>	
Aquecimento ambiente	48
Refrigeração do ambiente	48
Refrigeração	31
Iluminação	25
Aquecimento de água	10-20
<b>Transporte</b>	
Carros novos	35
Novos utilitários	33
<b>Industrial</b>	
Ferro e aço	32
Alumínio	30
Papel e polpa	25
Vidro	24
Cimento	21

Fonte: GELLER, 2003.

Uma série de barreiras limita a introdução e implementação da eficiência energética e da tecnologia de energia renováveis. GELLER (2003, p. 47) aponta:

“A importância das diferentes barreiras varia entre setores, instituições e regiões. Algumas dessas barreiras diminuirão à medida que a eficiência energética e as tecnologias de energia renovável progredam e conquistem sua fatia no mercado. Outras, porém, devem persistir, a menos que sejam diretamente confrontadas por meio de políticas de intervenção. No cômputo geral, essas barreiras estão inibindo a transição para um futuro energético sustentável”.

As barreiras a uma maior eficiência energética são: infra-estrutura de fornecimento limitada, problemas de qualidade, informação e treinamento insuficientes, incentivos mal alocados, procedimentos de compra, falta de capital ou de financiamento, barreiras de preços e tarifárias, barreiras regulatórias e barreiras percebidas pelas concessionárias e obstáculos políticos.

Como forma de superar essas barreiras existem muitas iniciativas e políticas. As políticas podem ser divididas em 12 categorias: pesquisa, desenvolvimento e demonstração; financiamento; incentivos financeiros; tarifação; acordos voluntários; regulamentações; disseminação de informação e treinamento; aquisição de equipamentos; reformas de mercado; obrigações de mercado; capacitação; técnicas de planejamento. A Figura 3.1 ilustra o papel das diferentes políticas em relação à participação de mercado de uma tecnologia particular - curva de difusão em forma de “S”. Percebe-se o quanto é importante a pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novos equipamentos ou processos, pois com o passar do tempo os melhores ocuparão maiores frações de mercado e determinarão códigos e padrões.

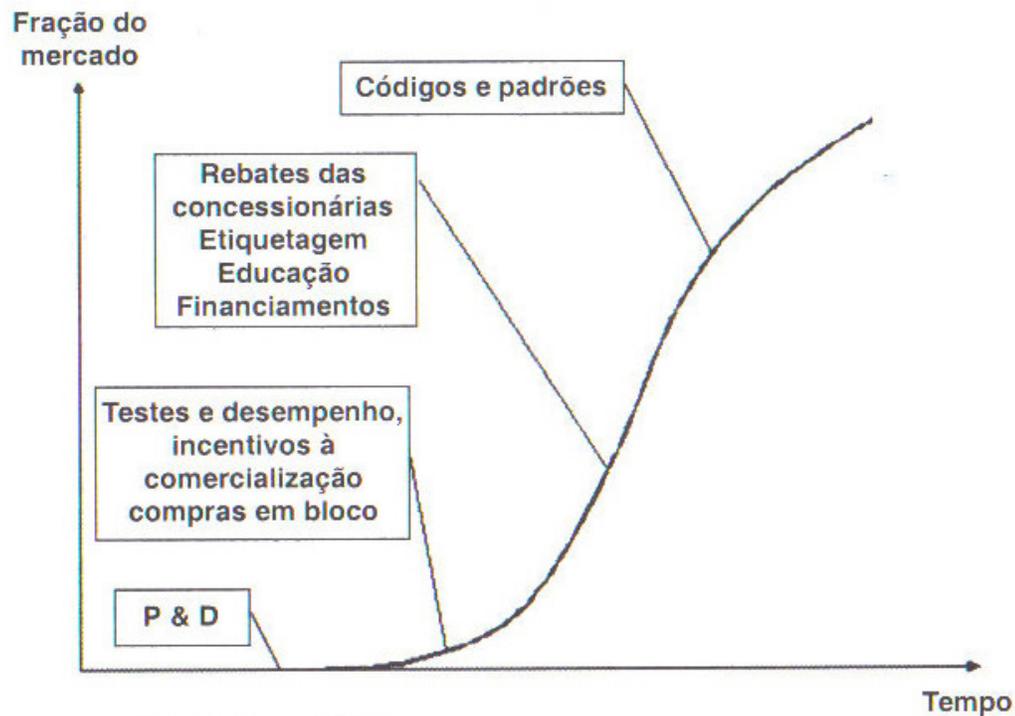


Figura 3.1 - Opções de políticas para facilitar a transformação de mercado. Fonte: GELLER, 2003.

Com relação a essas políticas, GELLER (2003, p. 61) afirma:

“Algumas políticas, como pesquisa e desenvolvimento, incentivos financeiros e iniciativas de aquisição, são mais adequadas para estimular a comercialização e os mercados iniciais para novas tecnologias. Outras políticas, como financiamento, acordos voluntários e disseminação da informação, são utilizadas para acelerar a adoção, uma vez que a tecnologia se estabeleça no mercado. Políticas como regulamentações e obrigações de mercado, freqüentemente, são utilizadas para maximizar a participação de mercado e/ou competir no seu processo de transformação”.

### 3.2.1 Programas de Eficiência Energética e Políticas Públicas

JANNUZI (2000) apresenta três tipos de programas de eficiência energética:

a) Programas de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) para promover a substituição de combustíveis: são programas destinados a reduzir a demanda de energia em períodos de maior consumo, por exemplo, sistemas de ventilação e ar condicionado;

b) Programas de administração de carga: adequação da carga sem reduzir o consumo de energia, por exemplo, tarifas horossazonais e;

c) Programas de eficiência energética: são programas destinados a reduzir o consumo de energia elétrica, por exemplo, informações ao consumidor, melhoria de processos, mudanças de tecnologias etc.

As políticas públicas são importantes instrumentos para a realização de programas de eficiência energética, pois com a intervenção do Estado os interesses públicos estarão assegurados. JANNUZZI (2000) destaca três conceitos relacionados com a regulação do mercado a fim de manter investimentos em eficiência energética:

I) *Energy-Efficiency Gap*: é definido como a diferença entre o nível atual de demanda de energia e aquele que seria obtido com a introdução de tecnologias mais eficientes (veja Figura 3.2);

II) Barreiras e falhas de mercado: referem-se a características que impedem investimentos em eficiência energética. As barreiras podem ser removidas através de políticas energéticas que privilegiem o social. As falhas exigem uma intervenção direta do Estado.

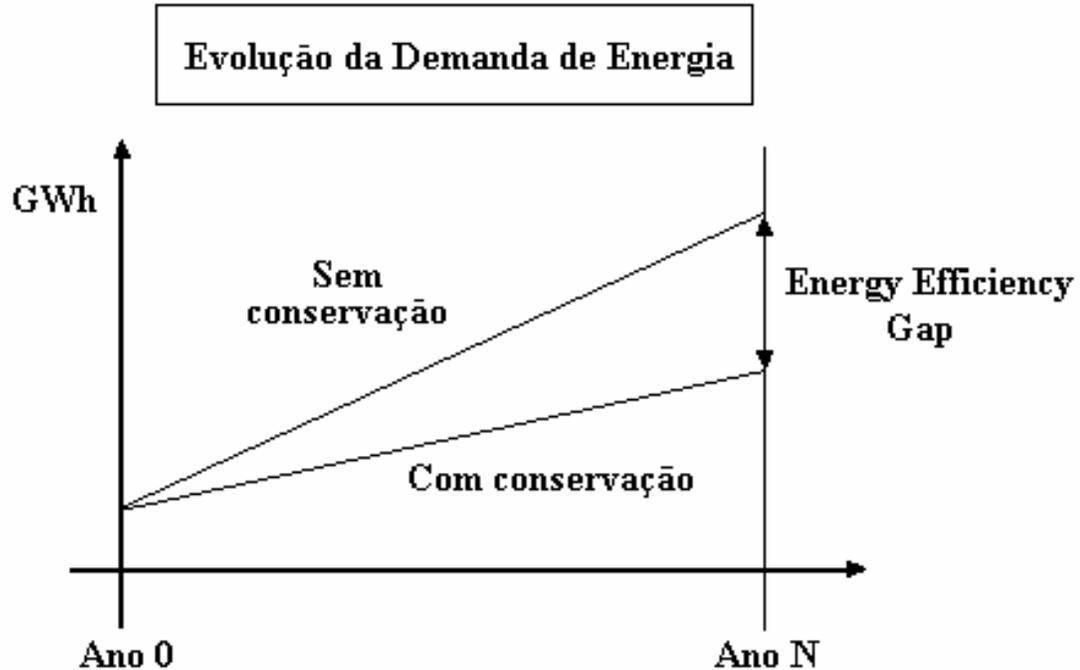


Figura 3.2 – *Energy-Efficiency Gap*. Fonte: JANNUZI, 2000.

### 3.2.2 Rendimento Energético

A Tabela 3.2 apresenta o rendimento energético médio para vários setores da economia brasileira. O rendimento médio é calculado como a razão entre a energia útil pela energia final<sup>2</sup>. Essa tabela baseou-se no Balanço de Energia Útil de 1995 elaborado pelo Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético do MME e a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia – FDTE (BERMANN, 2002).

Pela tabela, percebem-se que os setores residencial e de transportes são aqueles que apresentam menor rendimento energético (36% para ambos), logo, com maiores possibilidades de ganhos de eficiência. Na indústria, destacam-se os setores Têxteis e Químicos, com 86% e 76%

<sup>2</sup> A energia final é a quantidade total de energia consumida. A energia útil é obtida a partir de dados empíricos que tentam determinar a eficiência dos equipamentos considerando as perdas que ocorrem nos processos de conversão de energia.

de rendimentos respectivamente. Para o pesquisador BERMANN (2002), “a definição de uma estratégia energética sustentável no Brasil passa, necessariamente, por um redirecionamento do perfil industrial do país”. Ele conclui: “Trata-se de criar mecanismos que desestimulem a manutenção e ampliação de processos produtivos que consomem muita energia e são incapazes de agregar valor”.

Tabela 3.2 – Distribuição do Rendimento energético médio por setor de consumo (1993)

<b>Setores</b>	<b>Rendimento Energético (%)</b>
Energético	72
Agropecuário	45
Residencial	36
Comercial	55
Público	51
Transportes	36
<b>Industrial</b>	<b>67</b>
Alimentos e bebidas	71
Têxtil	86
Alumínio	53
Cimento	49
Ferro-gusa e aço	74
Ferro ligas	57
Papel e celulose	67
Química	76

Fonte: BERMANN, 2002.

A Tabela 3.3 apresenta a evolução dos rendimentos energéticos entre os anos de 1984 a 2004. Para o segmento dos Principais Energéticos, merecem destaque: a Eletricidade - passando de 58,1 % em 1984 para 68,8 % e os Produtos da Cana, de 65 % para 76,7 %, respectivamente. O setor Industrial, para o mesmo período, passou de um rendimento de 62,2 % para 72,0 % - um aumento significativo. Apesar da evolução do rendimento da Força Motriz, de 39,2 % para 47,1 %, trata-se de um segmento que apresenta um dos menores rendimentos e portanto, permite uma maior quantidade de ações e projetos voltados para eficiência energética.

O aumento dos rendimentos dos segmentos apresentados “se deveu em parte à evolução tecnológica dos equipamentos e, em parte, à mudança da matriz energética do País que migrou dos energéticos de uso menos eficiente para os de uso mais eficiente” BEN (2009). Convém

lembrar que parte dessa evolução também é devida aos projetos de eficiência energética e iniciativas do PROCEL e da ANEEL.

Por outro lado, o setor de transporte foi que menos evoluiu; passando de 31,4 % de rendimento energético em 1984 para 37,5 % em 2004. Em 20 anos, houve um ganho de apenas 6,1 %; sendo que a média do segmento Principais Setores de Atividades é de 9,8%.

Tabela 3.3 – Evolução dos Rendimentos, Energéticos, Setores e Usos Finais (%)

<b>Segmento / Anos</b>	<b>1984</b>	<b>1994</b>	<b>2004</b>
<i>Principais Energéticos</i>			
Óleo Diesel	35,6	40,5	43,4
Eletricidade	58,1	64,3	68,8
Produtos da Cana	65	71,6	76,7
<i>Principais Setores de Atividade</i>			
Energético	65,8	73,5	75,2
Residencial	33,5	43,4	47,4
Transportes	31,4	35,4	37,5
Industrial	62,2	67,9	72,0
<i>Principais Usos Finais</i>			
Força Motriz	39,2	44	47,1
Calor de Processo	70,2	76	78,9
Aquecimento Direto	43	52,2	56,5
<b>Global</b>	<b>46,9</b>	<b>53,9</b>	<b>57,5</b>

Fonte: BEN, 2009.

Logo, podem-se destacar alguns pontos sobre a eficiência energética:

- A necessidade da troca das tecnologias ineficientes por tecnologias eficientes;
- Requerimentos básicos podem ser adotados, como melhores incentivos, mudanças de atitudes dos consumidores, difusão de informação e desenvolvimento de mecanismos institucionais;

- A implementação de um programa de eficiência energética requer uma estrutura que permita elaboração de estratégias de longo prazo, como redução de importação, incentivar e promover produtos eficientes, fomentar a competição entre combustíveis;
- A implantação de projetos de eficiência energética requer transformações no mercado que levam um longo tempo, em contra partida aos efeitos das tecnologias eficientes que são imediatos;
- Ações devem ser tomadas sob a perspectiva pública e não empresarial, que visam principalmente o lucro;

Para as questões ambientais e energéticas, os interesses são frequentemente divididos em categorias baseadas na percepção dos impactos físicos ou econômicos ou ainda na habilidade de influenciar o processo de tomada de decisões. Desta maneira, o suporte para esses processos multidimensionais deve ser capaz de incorporar interações geofísicas e ecológicas complexas em adição as dimensões econômicas e sociais destes problemas.

### **3.3 O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**

O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica. O PROCEL foi criado em dezembro de 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, sendo gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobras. Em 1991, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangência e responsabilidade ampliadas. Os principais resultados do PROCEL, para o período de 1986 a 2007, estão indicados na Tabela 3.4. As principais áreas de atuação do programa são: comércio, saneamento, educação, indústria, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal e iluminação pública ([www.Eletrobras.gov.br/procel/site/home/](http://www.Eletrobras.gov.br/procel/site/home/)). A Tabela 3.5 mostra os resultados acumulados pelo Procel. Os investimentos totais realizados ultrapassam a marca de 1,12 bilhão de reais, além disso, a energia economizada equivale a uma usina de 9.105 MW.

Tabela 3.4 - Principais resultados do PROCEL (1986 a 2009).

	<b>1986/ 2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Investimentos Eletrobras/Procel (R\$ milhões) <sup>(a)</sup>	252,01	27,18	37,17	29,24	13,62	5,49	9,02
Investimentos RGR (R\$ milhões) <sup>(b)</sup>	412,00	54,00	44,60	77,80	39,16	25,8	55,95
Investimentos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil (R\$ milhões) <sup>(c)</sup>	2,09	12,97	16,23	6,20	-	-	-
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	666,08	94,15	98,02	113,24	52,78	31,29	64,97
Energia Economizada (bilhões de kWh/ano)	17,22	2,373	2,158	2,845	3,930	4,374	5,473
Redução de Demanda na Ponta (MW)	4.633	622	585	772	1.357	1.569	2.098
Usina Equivalente (MW) <sup>(d)</sup>	4.033	569	518	682	942	1.049	1.312
Investimentos Postergados (R\$ bilhões)	10,65	2,50	1,77	2,23	2,8	2,9	3,9

Fonte: Resultados do Procel 2009 e [www.Eletronbras.com/procel](http://www.Eletronbras.com/procel) (maio de 2010).

<sup>(a)</sup> Refere-se somente aos recursos orçamentários do Procel efetivamente realizados em cada ano, não sendo considerados os salários do pessoal Eletrobras/Procel

<sup>(b)</sup> RGR (Reserva Global de Reversão) é o fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma.

<sup>(c)</sup> Refere-se ao investimento de US\$ 11,9 milhões do GEF (*Global Environment Facility*) e a contrapartida da Eletrobras;

<sup>(d)</sup> Obtida a partir da energia economizada, considerando um fator de capacidade médio típico de 56% para usinas hidroelétricas e incluindo 15% de perdas médias na T&D para a parcela de conservação de energia.

Tabela 3.5 – Resultados Acumulados pelo PROCEL

	<b>Total</b>
Investimentos Totais Realizados (R\$ bilhão) <sup>(e)</sup>	1,12
Energia Economizada e Geração Adicional (bilhões de kWh) <sup>(f)</sup>	38,37
Redução de Demanda na Ponta (MW)	11.636
Usina Equivalente (MW)	9.105
Investimento Postergado (R\$ bilhões)	26,75

Fonte: Resultados do Procel 2009 e [www.Eletrabras.com/procel](http://www.Eletrabras.com/procel) (maio de 2010).

<sup>(e)</sup> Inclui a parcela relativa à RGR e os Recursos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil;

<sup>(f)</sup> A energia economizada e a geração adicional acumuladas são calculadas apenas adicionando-se as economias a cada ano, não considerando a persistência das medidas implementadas.

Conforme discutido, em 1985 o governo brasileiro estabeleceu o PROCEL - programa nacional de conservação de energia elétrica. O programa financia ou co-financia uma série de projetos de eficiência energética executados por concessionárias estaduais ou locais, agências estaduais, empresas privadas, prefeituras, universidades e institutos de pesquisa (GELLER, 2003). Esses projetos referem-se a:

- Pesquisa, desenvolvimento e demonstração;
- Educação e treinamento;
- Testes, classificação e padronização;
- Comercialização e promoção;
- Apoio ao setor privado (por exemplo, apoio a empresas de serviços de energia);
- Programas de gerenciamento de concessionárias pelo lado da demanda;
- Implementação direta de medidas de eficiência.

As metas de longo prazo do PROCEL prevêem uma redução de demanda da ordem de 130 bilhões de kWh em 2015, evitando a instalação de 25.000 MW. O ganho líquido, segundo o programa, será de R\$ 34 bilhões. As principais ações para a melhoria da eficiência de equipamentos no Brasil estão indicadas na Tabela 3.6.

Segundo GELLER (2003), os esforços cumulativos do PROCEL reduziram o consumo de energia elétrica e as perdas pelo lado da oferta em aproximadamente 5,3 TWh por ano, em 1998,

equivalentes a 1,8% do consumo daquele ano. Ele destaca que “a economia de energia elétrica feita em 1998 foi três vezes maior que a de 1995” e deveu-se principalmente a: (1) o aumento de eficiência energética de refrigeradores e congeladores obtido mediante testes, certificação e acordos voluntários com produtores; (2) o aumento da eficiência de sistemas com motores elétricos por meio de testes, certificação e projetos de P&D; (3) a expansão do mercado de tecnologias de iluminação mais eficientes, tais como lâmpadas de sódio de alta pressão e lâmpadas fluorescentes compactas; (4) a redução do desperdício em indústrias mediante auditorias, *workshops* e disseminação de informação e (5) a instalação de medidores em imóveis residenciais anteriormente não medidos.

Tabela 3.6 - Principais ações para a melhoria da eficiência de equipamentos no Brasil

<b>Refrigeradores e congeladores</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa nacional de testes de eficiência e de certificação;</li> <li>- Metas voluntárias de eficiência energética especificando o uso máximo de energia elétrica de diferentes tipos de produtos como função do volume;</li> <li>- Reconhecimento e recompensa para os modelos mais bem cotados;</li> <li>- Programas-piloto de desconto para os modelos mais bem cotados;</li> <li>- Revisões dos processos de teste e certificação e um novo acordo voluntário para melhorias na eficiência.</li> </ul>
<b>Iluminação</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituição de mais de 1 milhão de lâmpadas de rua incandescentes ineficientes por lâmpadas VSAP;</li> <li>- Demonstrações, programas específicos de incentivo a concessionárias, auditorias energéticas, certificação e propaganda na TV para promover o uso de LFCs;</li> <li>- Pesquisa e Desenvolvimento (P&amp;D) e programas de demonstração, auditorias e atividades educativas para promover o uso de lâmpadas T8, reatores eletrônicos, refletores especulares para iluminação fluorescente;</li> <li>- Padrões mínimos de eficiência para reatores eletromagnéticos.</li> </ul>
<b>Motores e sistemas motrizes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suporte técnico para melhorar o tratamento térmico do aço-carbono usado na maioria dos núcleos de motores;</li> <li>- Estabelecimento de níveis mínimos de eficiência para motores de alta eficiência vendidos no Brasil;</li> <li>- Testes de eficiência e programa de certificação para todos os motores de indução trifásicos;</li> <li>- Reconhecimento e premiação para os padrões mais eficientes de motores oferecidos no mercado.</li> </ul>

Fonte: GELLER, 2003.

Ainda segundo o pesquisador, a economia de energia elétrica, em 1998, permitiu que as concessionárias brasileiras evitassem implementar aproximadamente 1.560 MW, ou cerca de

US\$ 3,1 bilhões de investimentos evitados em novas usinas e infra-estrutura de transmissão e distribuição associadas. “Por outro lado, o PROCEL e as concessionárias associadas gastaram cerca de US\$ 260 milhões em projetos de eficiência energética e de melhoria de suprimento de energia, entre 1986 e 98. Portanto, do ponto de vista do setor de concessionárias, o PROCEL atingiu um coeficiente custo-benefício global de aproximadamente 12:1” (GELLER, 2003).

O PROCEL causou outros impactos positivos, por exemplo, contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias (limitadores de demanda, controles de iluminação, reatores para lâmpadas fluorescentes e aquecedores solares de água), apoiou o desenvolvimento de empresas de serviços de energia e treinou um grande número de gerenciadores de energia. O PROCEL defendeu o estabelecimento de padrões obrigatórios de eficiência para equipamentos, produtos para iluminação e sistemas motores à venda no Brasil. No ano de 2001, o Congresso brasileiro aprovou a lei que determina que o Poder Executivo deve estabelecer padrões baseados em análises de viabilidade técnica e econômica. O governo passou a implementar essa nova lei em 2002.

GELLER (2003, p. 124) aponta que:

“Em 2000, para incrementar sua base de financiamento e raio de ação, a Eletrobras/PROCEL solicitou e obteve um empréstimo do Banco Mundial, no valor de US\$ 43 milhões, para promover a eficiência energética, e uma verba complementar de US\$ 15 milhões do *Global Environmental Facility* (GEF). Esse financiamento será suplementado por um valor igual ou superior de financiamentos brasileiros. O empréstimo subvenciona a implementação em larga escala de medidas de eficiência energética comprovada. A verba financia projetos-pilotos que contemplem novas tecnologias ou mecanismos de distribuição, assim como atividades essenciais e capacidade construtiva. Esse é o primeiro empréstimo do Banco Mundial com o propósito exclusivo de conservação de energia elétrica de uso final e gerenciamento pelo lado da demanda”.

Mas o pesquisador destaca que o programa sofreu alguns reveses durante o período de 1999 a 2001; quando a liderança do programa foi substituída, o tamanho da equipe foi reduzido e o orçamento sofreu cortes. Ele afirma que isto resultou em uma lenta implementação do empréstimo do Banco Mundial assim como da concessão do GEF. “O fato foi particularmente

infeliz dado o grande crescimento do PROCEL durante o período 1993-98 e devido ao fato de o Brasil ter enfrentado uma grave escassez de energia em 2001” (GELLER, 2003).

Em novembro de 2006, a Eletrobras/PROCEL lançou o portal PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética ([www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)). O PROCEL INFO tem como objetivos reunir e disponibilizar informações de interesse, produzidas no Brasil e no exterior, para os públicos que atuam na área de eficiência energética, facilitando sua integração e, assim, ser reconhecido com referência nacional na disseminação de informação qualificada sobre o uso racional e eficiente da energia. O portal está dividido em: Informações Institucionais, Indicadores, Informações Técnicas, Simuladores, Agentes, Fontes de Financiamentos, Legislação, Cursos e Eventos, Notícias e Reportagens, além de ferramentas de colaboração disponíveis (LEPETITGALAND, 2007). A Figura 3.3 apresenta a concepção geral do portal.

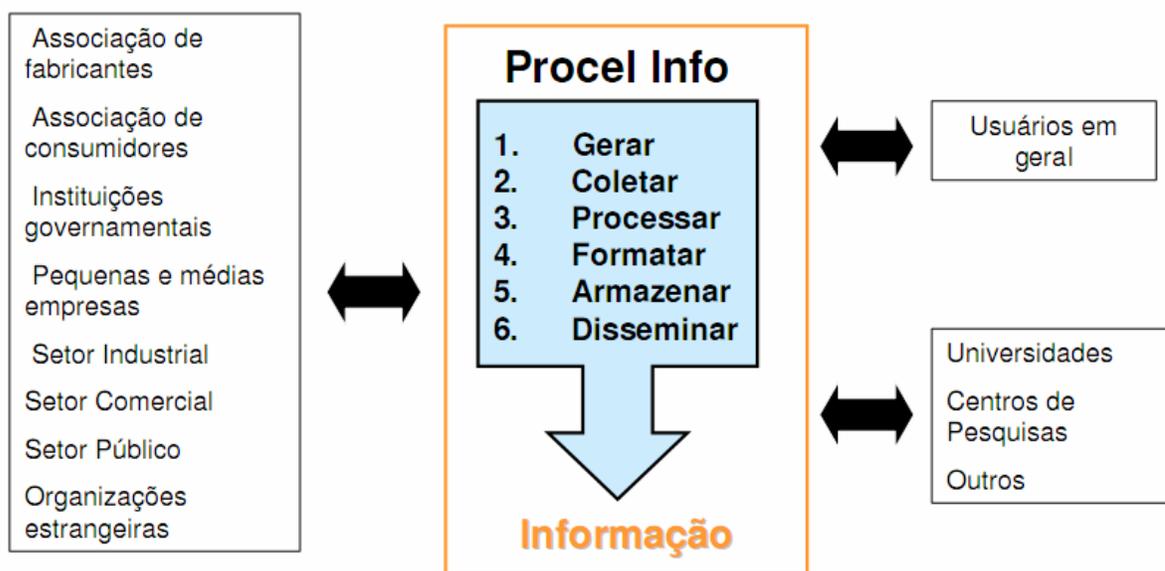


Figura 3.3 – Concepção geral do portal PROCEL INFO. Fonte: Procel Info – Um ano: Resultado e Perspectivas, 2007.

Em Informações Institucionais podem ser encontrados os principais dados do PROCEL e da Eletrobras. Na seção Indicadores estão disponíveis os resultados da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia de 1998 a 2006. Em Informações estão as publicações técnicas, os casos de sucesso e as normas técnicas. Na parte Simuladores, o *software*

BD Motor e muitos outros podem ser adquiridos. Uma lista completa de agências nacionais e internacionais de eficiência energética pode ser visualizada em Agentes. A seção Incentivos e Financiamentos apresenta as fontes de financiamento de projetos na área de eficiência energética. Em Legislação estão listados as leis e projetos de lei das esferas federal, estadual e municipal; decretos; portarias e resoluções da ANEEL. Os principais cursos e congressos sobre eficiência energética podem ser encontrados em Cursos e Eventos. Por último, as notícias sobre eficiência e do setor energético brasileiro estão disponíveis em Notícias e Reportagens. O portal também disponibiliza uma *newsletter*.

Merece destaque a seção Incentivos e Financiamentos que detalha as principais agências de incentivos e financiamento para eficiência energética. Segundo o PROCEL INFO, as fontes recorrentes de financiamento são:

1 - BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social);

1.1 – PROESCO (Apoio a Projetos de Eficiência Energética): Podem usufruir desta linha de financiamento ESCOs (Empresas de Serviços de Conservação de Energia) e usuários finais de energia.

1.2 - BNDES AUTOMÁTICO: Financiamento de até R\$ 10 milhões para projetos de implantação, expansão e modernização de empresas, incluindo a aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional.

1.3 – FINAME: Financiamentos, sem limite de valor, para aquisição isolada de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional.

1.4 - FINAME *Leasing*: Financiamentos a sociedades arrendadoras para a aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional, credenciados pelo BNDES.

1.5 - Cartão BNDES: financia equipamentos às micro, pequenas e médias empresas. Na lista dos equipamentos financiados, informam se são eficientes, incluindo o logo do Selo PROCEL.

O cartão pode ser utilizado para a compra de equipamentos, em até 36 meses e com prestações fixas, de fabricação nacional ou que recebam agregação de valor econômico em território nacional. O limite de crédito é de até R\$ 500.000,00 com taxas de juros de 1,% ao mês

(BNDES) - para o ano de 2009. As principais vantagens para os fornecedores cadastrados no *website* do BNDES são: (a) crédito rotativo pré-aprovado; (b) financiamento automático em até 48 meses; (c) prestações fixas e iguais, (d) taxa de juros atrativa, (e) disposição gratuita, de um espaço no Portal de Operações BNDES - Cartão BNDES para exposição do catálogo de seus produtos; (f) dispensa de análise de crédito do cliente a cada venda (limite pré-aprovado) e (g) velocidade e agilidade no processo de venda (Cartão BNDES, 2009).

2 - O CTenerg - Fundo Setorial de Energia é administrado pela FINEP e se destina a financiar programas e projetos na área de energia, especialmente na área de eficiência energética no uso final. Fonte de Financiamento: 0,75% a 1% sobre o faturamento líquido de empresas concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

3 - *Global Efficiency and Renewable Energy Fund* (GEEREF). Criado pela União Européia, o GEEREF é um fundo global de capital de risco criado para eliminar as barreiras existentes na obtenção de recursos para o financiamento de projetos de eficiência energética e energias renováveis.

4 - *Global Environment Facility* (GEF). O GEF é uma agência de financiamento independente que apóia países em desenvolvimento em projetos e programas que protejam o meio ambiente. Os projetos devem ser das seguintes áreas: biodiversidade, mudanças climáticas, águas internacionais, degradação da terra, camada de ozônio e poluentes orgânicos persistentes.

5 - *Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership* (REEEP). A REEEP, Parceria Global para a Energia Renovável e a Eficiência Energética, é uma ONG (Organização Não Governamental) que tem linha de financiamento para projetos em fontes alternativas e eficiência energética.

O portal acumulou, entre 2006 a novembro de 2010, 11.588 usuários. No ano de 2009, a média mensal de acessos foi 27,4 mil. Entre as diversas áreas de interesse do público destacam-se: Gestão Energética (com 21% do total da procura), Fontes renováveis e alternativas de energia (14%), Edificações (11%), Instalações elétricas (11%), Motores e acionamentos (6%), Qualidade

de energia (6%) e Iluminação (5%) (LEPETITGALAND, 2010). A Figura 3.4 apresenta as áreas de interesse dos usuários cadastrados no portal no período de 2006 a 2010.



Figura 3.4 - Áreas de interesse dos usuários cadastrados no portal no período de 2006 a 2010.  
Fonte: LEPETITGALAND, 2010.

Analisando-se o perfil de usuários, pode-se verificar que há forte interesse das universidades e da indústria quanto à eficiência energética – que confirma a interdisciplinaridade do tema. A Figura 3.5 mostra as áreas de atuação dos usuários cadastrados no período de 2006 a 2010. Chamam atenção as áreas de Saneamento e de Distribuição de energia; elas correspondem, cada uma, por apenas 2% dos usuários (LEPETITGALAND, 2010).

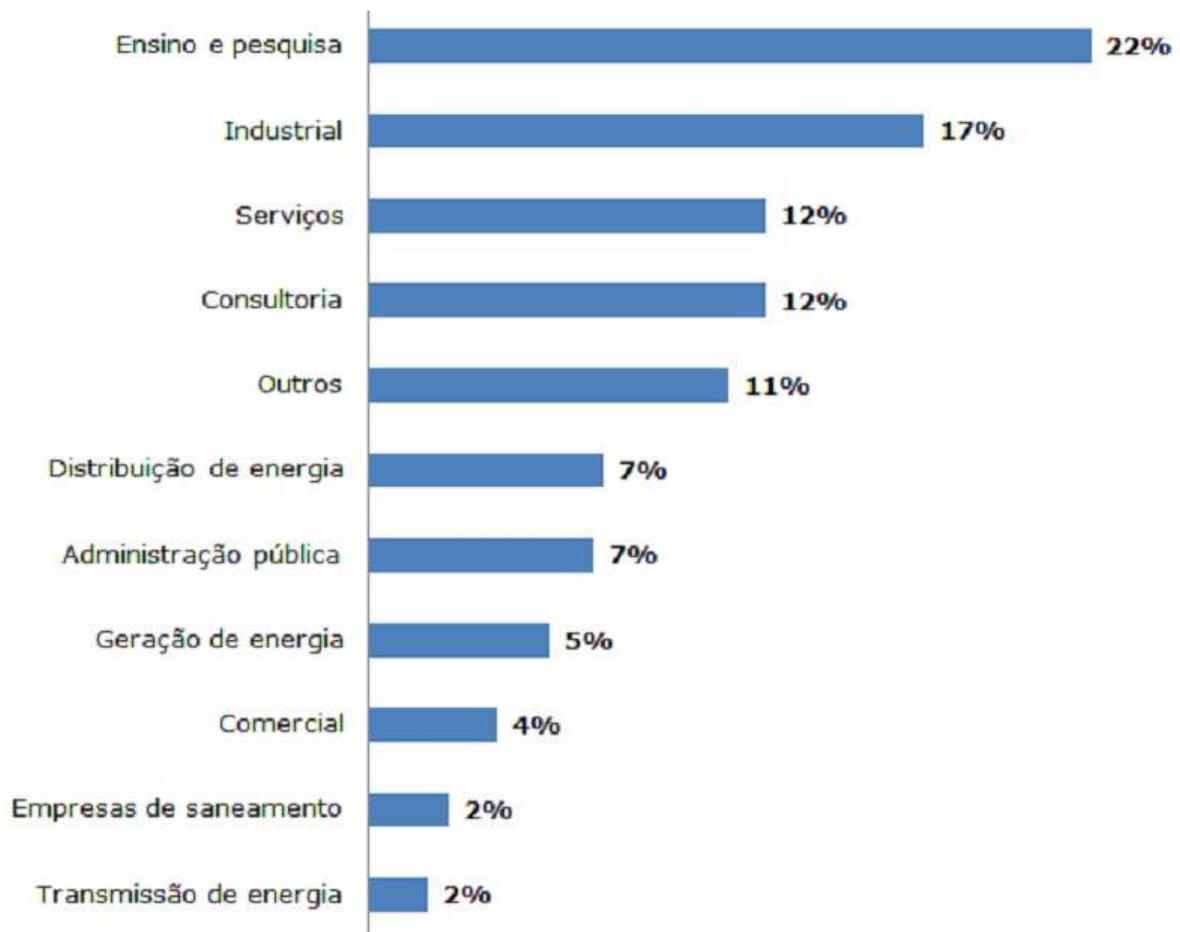


Figura 3.5 - Áreas de atuação dos usuários cadastrados no período de 2006 a 2010. Fonte: LEPETITGALAND, 2010.

O contrato de concessão de energia elétrica, firmado entre as empresas de distribuição e a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), estabelece uma série de obrigações e encargos; sendo que uma dessas obrigações “consiste em aplicar anualmente o montante de no mínimo 0,5 % de sua receita operacional líquida, em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica” (ANEEL, 2008). Para o cumprimento desta obrigação, as concessionárias devem apresentar à ANEEL uma série de projetos que compõem seu Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PEE), no qual devem conter metas físicas e financeiras.

A Tabela 3.7 apresenta os resultados desse projeto; podem ser identificadas a quantidade de empresas que participaram, o investimento realizado, a demanda evitada e a energia

economizada. Percebe-se que durante o período de 1998 a 2006, foram investidos R\$ 1.919 milhões o que acarretou em uma economia de energia 5.559 GWh. A Tabela 3.8 mostra os tipos de projetos realizados (período 2000/2001 a 2004/2005); deve-se ressaltar que a maioria desses projetos visa o consumidor de baixa renda através da substituição de geladeiras antigas por novas e de lâmpadas incandescentes por eletrônicas.

Tabela 3.7 – Investimentos das distribuidoras em pesquisa e eficiência energética

<b>Ciclo</b>	<b>Números de empresas</b>	<b>Investimento (milhões de R\$)</b>	<b>Demanda evitada (MW)</b>	<b>Energia economizada (GWh/ano)</b>
1998/1999	17	196	250	755
1999/2000	42	230	370	1020
2000/2001	64	152	251	894
2001/2002	64	142	85	348
2002/2003	64	154	54	222
2003/2004	64	313	110	489
2004/2005	64	175	275	925
2005/2006	64	296	141	538
2006/2007	60	261	138	368
<b>Total</b>		<b>1919</b>	<b>1674</b>	<b>5559</b>

Fonte: ANEEL e CZAPSKI, 2008; com modificações.

Tabela 3.8 – Tipos de projetos realizados (período 2000/2001 a 2004/2005)

<b>Tipo</b>	<b>Investimento apropriado (milhões de R\$)</b>	<b>Demanda evitada (MW)</b>	<b>Energia economizada (GWh/ano)</b>
Iluminação pública	374,6	175	797
Residencial	133,5	313	930
Industrial	96,0	59	376
Serviços públicos	91,3	118	312
Educação	80,9	25	90
Comércio e serviços	59,5	30	130
Poder público	34,8	14	57
Aquecimento solar	19,4	n.d.	n.d.
Rural	14,6	9	83
Perdas	12,4	17	79
Gestão E. municipal	11,5	n.d.	n.d.
Fator de carga	11,2	6	0,6
<b>Total</b>	<b>939</b>	<b>765</b>	<b>2853</b>

Fonte: ANEEL e CZAPSKI, 2008; com modificações.

Um passo importante foi dado com a criação do portal PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Nele são encontrados os dados mais

relevantes sobre a eficiência energética no Brasil e os *softwares* que auxiliam os projetos; além de uma relação das fontes de financiamento.

Na Tabela 3.9 são apresentados o consumo final e as energias economizadas (por programa) anuais. As considerações para a elaboração da tabela foram:

(a) A unidade utilizada foi a tonelada equivalente de petróleo (tep). Segundo o BEN (2009), cada tep equivale a 11,63 MWh.

(b) Com relação ao PROCEL, para os anos de 1999, 2000 e 2001, foi utilizado a média da energia economizada entre os anos de 1986 a 2001, ou seja, 14 GWh dividido por 16 anos ou 0,875 GWh/ano.

Pela análise da tabela percebe-se que a energia economizada, devido ao PROCEL, cresce anualmente, passando de 0,392 % da energia consumida com eletricidade no de 2002 para 0,953 % para o ano de 2007. O Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PEE) da ANEEL apresenta uma característica irregular, variando de 0,107 % a 0,089 % para o mesmo intervalo de tempo – com um pico de 0,246 % no ano de 2005. Os programas somados atingem um pouco mais de 1 % para o ano de 2007. Para evitarmos o aumento do consumo de gás, óleo combustível e carvão nos próximos anos essa porcentagem precisa aumentar radicalmente (NATURESA *et al.*, 2010b).

Tabela 3.9 – Consumo final e energia economizada por ano

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Consumo final total (10 <sup>3</sup> tep)	170.482	171.949	172.186	178.160	182.114	191.197	195.909	202.898	215.499
Eletricidade (10 <sup>3</sup> tep)	27.144	28.509	26.626	27.884	29.430	30.955	32.267	33.536	35.443
PROCEL (10 <sup>3</sup> tep)	0,075	0,075	0,075	109,20	156,233	204,041	185,554	244,625	337,919
PROCEL/ Eletricidade (%)	2,76 X 10 <sup>-4</sup>	2,63 X 10 <sup>-4</sup>	2,82 X 10 <sup>-4</sup>	0,392	0,531	0,659	0,575	0,729	0,953
PEE – ANEEL (10 <sup>3</sup> tep)	64,918	87,704	76,870	29,922	19,088	42,046	79,535	46,260	31,642
PEE/ Eletricidade (%)	0,239	0,308	0,289	0,107	0,065	0,136	0,246	0,138	0,089
Total de energia economizada (10 <sup>3</sup> tep)	64,993	87,779	76,945	139,122	175,321	246,087	265,089	268,885	369,561
Energia economizada/ Eletricidade (%)	0,239	0,308	0,300	0,500	0,596	0,795	0,821	0,803	1,043

Fonte: Elaboração própria com dados de BEN, 2009; ANEEL e CZAPSKI, 2008; [www.Eletronbras.com/procel](http://www.Eletronbras.com/procel), 2010.

Conforme explicado no capítulo 2, nos anos 90 começou no Brasil a desverticalização do setor energético e de outros setores da infra-estrutura. A lógica do mercado tem por base a concorrência entre empresas que visam maximizar os lucros, portanto, falha na criação de benefícios públicos. Projetos de eficiência energética podem significar ou não economia para as empresas, dependendo do custo da energia, do tempo de retorno esperado e do investimento em tecnologia eficiente; o que implica que o mercado por si só é deficiente na implantação da eficiência energética. Portanto, são necessárias ações públicas para manter a continuidade e criar programas de eficiência. O estabelecimento de normas técnicas acelera a introdução em escala

comercial de avanços técnicos e tecnologias que de outra maneira não teriam entrado no mercado (JANNUZZI, 2000). A diferença entre o nível de energia demandada e o nível de energia que seria demandada com a introdução de tecnologias mais eficientes permite justificar economicamente os investimentos em eficiência energética.

Outra fonte importante de informação é o *website* do Conpet – Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural ([www.conpet.gov.br](http://www.conpet.gov.br)). Ele está dividido nos seguintes projetos: *ECONOMIZAR* – visa racionalizar o consumo de combustível e diminuir a emissão de fumaça preta, *Conpet na Escola* – exemplos de ações quanto ao uso racional de energia, *Programa Brasileiro de Etiquetagem* – apresenta os aparelhos mais eficientes, *Selo Conpet de Eficiência Energética* – inclui os fogões domésticos na lista de aparelhos eficientes, *TRANSPORTAR* – apoio técnico para a redução do consumo de combustível e *Prêmio Nacional* -incentivo a agentes no desenvolvimento de projetos mais eficientes. O *website* apresenta também notícias sobre eficiência energética e uma série de projetos especiais, por exemplo, *Poluição do Ar*, *Biodiversidade* e *Protocolo de Quioto*.

### **3.4 Leis, Decretos e Normas**

A proposta dessa parte do trabalho é apresentar uma análise resumida da evolução histórica do contexto referente às questões energéticas no Brasil. Esta análise permite traçar os caminhos que levaram o tema de eficiência energética como questão fundamental para o desenvolvimento sustentável.

As Leis, Decretos e Resoluções estão indicados nas três tabelas a seguir. Foram colocados as leis referentes à eficiência energética e algumas outras relacionadas ao mercado e a política energética nacional. A Tabela 3.10 mostra as Leis, a 3.11 os Decretos e a 3.12 as Resoluções.

Antes da Lei 9.991 de 2000, os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) durante o período de 1998 e 1999 foram alocados da seguinte forma: 24% do total foram gastos

com salários de funcionários das próprias concessionárias envolvidos em projetos de P&D e 76 % foi utilizado para contratar serviços de universidades e centros de pesquisa (JANNUZZI, 2000).

O total de recursos aplicados pelas empresas nesse período (1998 a 1999) foi de US\$ 6,9 milhões, sendo que aproximadamente 92% foi destinado a pesquisas de caráter comercial, ou seja, estudos que privilegiaram as próprias concessionárias de energia elétrica. Como exemplo, merecem destaque os projetos: Metodologia para a avaliação de perdas técnicas e comerciais da EBE no valor de R\$ 335.040,00 e Metodologia para cálculos de perdas em alimentadores da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) no valor de R\$ 147.067,00.

A Lei 9.991 é uma iniciativa para que os recursos referentes à P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) na área de eficiência energética particularizem o consumidor; convém ressaltar a necessidade de se estabelecer mecanismos de regulação e avaliação desses recursos.

Tabela 3.10 – Leis

<b>Lei</b>	<b>Data</b>	<b>Observações</b>
Nº 10.438	26/04/2002	Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências.
Nº 10.295	17/10/2001	Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências.
Nº 10.202	20/02/2001	Altera o art. 10 da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, que dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo, e acresce dispositivos ao art. 10 da Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis e estabelece sanções administrativas.
Nº 9.991	24/07/2000	Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.
Nº 9.478	06/08/1997	Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências.

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia e de Minas e Energia, 2008.

Tabela 3.11 - Decretos

<b>Decreto</b>	<b>Data</b>	<b>Observações</b>
Nº 4261	06/06/2002	Atribui competência ao Ministério de Minas e Energia, altera o Decreto Nº 3520, de 21 de junho de 2000, que dispõe sobre a estrutura e funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE, dá nova redação ao parágrafo único do art. 1º do Decreto Nº 4131, de 14 de fevereiro de 2002, extingue a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – GCE e dá outras providências.
Nº 4131	14/02/2002	Dispõe sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública e Federal
Nº 4059	16/12/2001	Define os procedimentos e as responsabilidades para o estabelecimento dos indicadores e dos níveis de eficiência energética. Institui o Comitê Gestor de Indicadores e de Nível de Eficiência Energética CGIEE.

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia e de Minas e Energia, 2008 e HADDAD, 2005.

Tabela 3.12 - Resoluções

<b>Resolução</b>	<b>Data</b>	<b>Observações</b>
Nº 4	22/05/2001	Dispõe sobre diretrizes dos regimes especiais de tarifação, limites de uso e fornecimento de energia elétrica e medidas de redução do seu consumo.
Nº 456	29/11/2000	Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica.

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia e de Minas e Energia, 2008 e HADDAD, 2005.

Na Lei Nº 10.295 de 2001 existe a preocupação de criar uma política de conservação de energia e a preservação do meio ambiente. A Lei também estabelece níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética para aparelhos eletro-eletrônicos fabricados e comercializados no País. Com a adoção do selo do PROCEL as empresas e os importadores de equipamentos são obrigados a adotar procedimentos necessários para que sejam obedecidos os níveis mínimos de eficiência energética.

Segundo o Plano de trabalho para a Implementação da Lei de Eficiência Energética, realizada pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, os resultados esperados para a Lei Nº 10.295 e o Decreto Nº 4.059 são:

- Promover o desenvolvimento tecnológico, através da fabricação de equipamentos mais eficientes do ponto de vista do consumo de energia;
- Retirar do mercado, no médio e longo prazos, os equipamentos menos eficientes energeticamente;
- Obter economia de energia, ao longo do tempo, significativa tanto para os consumidores como para o país;
- Conhecer melhor a experiência de outros países que implantaram ou estão implantando programas semelhantes, investigando os ganhos obtidos, quer seja na economia de energia ou na penetração dos produtos energeticamente eficientes ou ainda na evolução tecnológica alcançada;
- Aprimorar os conceitos técnicos e econômicos relacionados a estes programas;
- Obter um retrato da capacidade da rede laboratorial brasileira existente com as possíveis melhorias e ampliações necessárias além da implementação de novos laboratórios. Analisar o arcabouço normativo existente e as necessidades futuras;
- Conhecer melhor o mercado brasileiro (fabricante e consumidores) no que se refere aos equipamentos e máquinas consumidoras de energia: produção/vendas associados à modelos convencionais e eficientes energeticamente; hábitos de utilização; avanços tecnológicos e novos equipamentos (curto e longo prazo);
- Planejar as ações necessárias à consolidação da lei perante a sociedade brasileira para os próximos anos.

A resolução N° 4 de 2001 foi uma medida adotada para se reduzir o consumo de energia elétrica devido à crise energética ocorrida no país. A Lei 10.295 foi proposta alguns meses depois dessa resolução. Se as propostas de conservação e uso eficiente de energia elétrica fossem adotadas no período da crise, provavelmente uma grande parte dos consumidores e empresários não seriam prejudicados por cortes e multas (por excederem a cota estabelecida pelo governo). Esse fato ilustra, por parte do governo e da sociedade, a falta de conhecimento e de noções de democracia que permeiam o país. Criar uma lei e não uma campanha de educação contra o desperdício de energia elétrica exemplifica o autoritarismo existente no Estado brasileiro nesse período.

As leis relacionadas à eficiência energética no Brasil são recentes e de certa maneira nasceram fomentadas pela crise de energia de 2001 como tentativa de remediar os problemas causados pela falta de investimentos em geração e transmissão de energia elétrica. O saldo positivo da crise foi à adoção de medidas de conservação de energia por parte dos consumidores. Além disso, a atenção nacional se voltou para as questões energéticas o que potencializou a tomada de decisões por parte dos órgãos governamentais.

Pelo apresentado, constata-se a carência de leis referentes à eficiência energética no Brasil. Percebe-se uma grande inércia na efetivação da aplicação dessas leis, devido basicamente as questões burocráticas e falta de conhecimento dos agentes envolvidos.

O selo de conservação de energia, criado pelo PROCEL, é uma importante iniciativa para a difusão da cultura de conservação. Diversos outros países desenvolveram importantes programas na área e que poderiam ser implementados no Brasil se houvesse uma ação política baseada no planejamento integrado dos recursos energéticos. Pouca importância é dada a projetos de P&D voltadas para o desenvolvimento de tecnologias eficientes e conservação de energia.

Assim, existe a clara necessidade da realização desse planejamento que permita identificar quais projetos devem ser efetivados e quais leis devem ser estabelecidas para a viabilização do

suprimento contínuo de energia no longo prazo. A implantação da eficiência energética permitirá o avanço da economia, benefícios ambientais e principalmente o desenvolvimento da sociedade nacional.

### 3.5 Cenários para Eficiência Energética

A Tabela 3.13 mostra as projeções para eficiência energética elaborados pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (PNE – 2030 – Eficiência Energética, 2009) para os anos de 2010, 2020 e 2030. O estudo do EPE elaborou quatro cenários, a saber: A – “Na Crista da Onda”, B1 – “Surfando na Marola”, B2 – “Pedalinho e C – “Náufrago”. Os cenários A e B1 são caracterizados por um processo de gestão eficaz no país, “onde gargalos de infra-estrutura e oferta de financiamento não se constituem restrições efetivas ao desenvolvimento do país”. Os cenários B2 e C apresentam restrições internas que impactam negativamente na penetração de alternativas eficientes de uso de eletricidade (PNE – 2030 – Eficiência Energética, 2009). Os dados apresentados pelo estudo da EPE referem-se à indústria.

Tabela 3.13 – Cenários para Eficiência Energética no Brasil segundo EPE

Cenários para Indústria – EPE	2010		2020		2030	
	Energia economizada (GWh)	Energia economizada (10 <sup>3</sup> tep)	Energia economizada (GWh)	Energia economizada (10 <sup>3</sup> tep)	Energia economizada (GWh)	Energia economizada (10 <sup>3</sup> tep)
<b>A</b>	4.797	412,468	19.398	1.667,928	48.343	4.156,750
<b>B1</b>	3.320	285,469	11.846	1.018,573	21.705	1.866,294
<b>B2</b>	1.833	157,609	7.139	613,843	13.813	1.187,704
<b>C</b>	1.552	133,447	4.996	429,578	9.083	780,997

Fonte: Adaptado de EPE, 2009.

A Tabela 3.14 apresenta o potencial de economia de energia segundo a Agenda Elétrica Sustentável 2020 (WWF Brasil, 2007). A tabela está dividida em setores residencial (r), industrial (i) e comercial e público (c+p). A penúltima linha é a somatória dos valores da indústria. Pela análise da tabela, o setor industrial economizará 85.721 GWh no ano de 2020. Esse valor é quase 4,5 vezes maior do que o projetado pela EPE no cenário A - o mais otimista. Em 2030, a indústria economizará 48.383 GWh (segundo dados da EPE), atingindo pouco mais de 50% do que foi publicado pela Agenda Elétrica Sustentável 2020.

Tabela 3.14 – Potencial de Economia de Energia para o ano de 2020 segundo WWF Brasil

Setores	Potencial de Economia	
	(GWh)	(10 <sup>3</sup> tep)
Chuveiro elétrico (r)	27.110	2.331,040
Iluminação (c+p)	29.984	2.578,160
Outros usos (i)	17.097	1.470,077
Iluminação elétrica (r)	8.606	739,983
Ar-condicionado (r)	1.847	158,813
Ar-condicionado (c+p)	6.340	545,141
Aquecimento direto (i)	13.441	1.155,718
Geladeira (r)	6.178	513,212
Freezer (r)	2.715	233,448
Refrigeração (c+p)	2.932	252,107
Troca de motores (i)	55.183	4.744,884
Setor industrial (subtotal)	85.721	7.370,679
<b>Total</b>	<b>107.730,6</b>	<b>9.263,164</b>

Fonte: Adaptado de WWF Brasil, 2007.

A Tabela 3.15 mostra o consumo final de eletricidade e as projeções para o setor industrial para os anos de 2010, 2020 e 2030 para os quatro cenários.

Tabela 3.15 – Consumo final de eletricidade na indústria

Cenários para Indústria – EPE	2010	2020	2030
	Consumo (TWh)	Consumo (TWh)	Consumo (TWh)
<b>A</b>	238,8	362,6	557,0
<b>B1</b>	237,0	338,5	460,3
<b>B2</b>	231,9	312,3	415,3
<b>C</b>	231,0	292,4	380,4

Fonte: Adaptado de EPE, 2009.

A porcentagem de energia economizada pode ser calculada dividindo-se a energia economizada (Tabela 3.13) pelo consumo final de eletricidade (Tabela 3.15). A Tabela 3.16 mostra os resultados para os quatro cenários. Pelos dados da Tabela 3.5 a porcentagem de energia economizada para o ano de 2007 foi de 1,043 %. Esse valor é próximo ao calculado (1,04 %) para o cenário B1. Se os investimentos nos programas de eficiência energética continuarem, a porcentagem de energia economizada ficará entre os dois cenários (A e B1) - para os anos de 2020 e 2030 (NATURESA *et al.*, 2010b).

Tabela 3.16 – Porcentagem de energia economizada

	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
<b>Cenários para a Indústria</b>			
<b>A</b>	2,01	5,35	8,68
<b>B1</b>	1,04	3,50	4,71
<b>B2</b>	0,79	2,29	3,33
<b>C</b>	0,67	1,71	2,39



## 4. MOTOR ELÉTRICO DE INDUÇÃO

### 4.1 Introdução

A maioria dos dispositivos eletromecânicos industriais são motores de indução trifásico do tipo gaiola. Esse motor representa mais de 90% da eletricidade convertida em energia mecânica na indústria nacional, e aproximadamente 44% do total consumido. Os pesquisadores SANTOS *et al.* (2003), baseando-se no Balanço de Energia Útil de 1995, elaboraram a seguinte tabela em relação ao consumo de força motriz para cada segmento industrial (ver Tabela 4.1). Percebe-se um elevado percentual de consumo de energia elétrica em força motriz nos setores de Cimento, Mineração, na Indústria Têxtil etc.

Tabela 4.1 - Percentual de consumo da energia elétrica em força motriz em relação ao consumo total de energia elétrica para cada segmento industrial.

<b>Segmento do Setor Industrial</b>	<b>Percentual da energia elétrica consumida através de força motriz (%)</b>
Cimento	92,49
Ferro - Gusa e Aço	29,27
Pelotização	91,50
Mineração	90,16
Alumínio	10,62
Química	66,68
Alimentos e Bebidas	69,78
Indústria Têxtil	87,87
Papel e Celulose	88,10
Cerâmica	77,70

Fonte: SANTOS *et al.*, 2003.

A Tabela 4.2 apresenta a porcentagem do custo da energia elétrica e a porcentagem do custo da força motriz em relação ao custo total dos insumos para alguns segmentos da indústria brasileira. Percebe-se que na indústria têxtil, de papel e celulose e de mineração o custo com

força motriz representa mais do que 50% dos insumos, ou respectivamente, 74,46%, 61,36% e 59,65% (SANTOS *et al.*, 2003).

Tabela 4.2 - Participação do consumo de energia elétrica total e da energia consumida em sistema motriz por segmento industrial no total de custo dos insumos energéticos.

<b>Segmento da Indústria</b>	<b>Custo da energia elétrica em relação ao custo total dos insumos (%)</b>	<b>Custo da força motriz em relação ao custo total dos insumos (%)</b>
Cimento	53,13	49,14
Ferro -Gusa e Aço	46,36	13,57
Ferro-ligas	92,69	12,51
Mineração	65,10	59,45
Não Ferrosos	86,77	29,73
Química	67,96	45,32
Alimentos e Bebidas	75,08	54,46
Têxtil	84,74	74,46
Papel e Celulose	69,65	61,36
Cerâmica	40,36	31,36

Fonte: SANTOS *et al.* com adaptações, 2003.

Logo, o motor elétrico de indução será o objeto de estudo com relação aos benefícios da eficiência energética na indústria. Nesse capítulo são apresentados o princípio de funcionamento do motor de indução, o motor de alto rendimento e alguns exemplos de aplicação.

## **4.2 Motores elétricos de indução**

Os motores elétricos de indução trifásicos são basicamente conversores eletromecânicos de energia, ou seja, convertem energia elétrica em energia mecânica (energia cinética). Os motores são constituídos de duas partes: o estator e o rotor. Dependendo da construção do rotor, a máquina pode ser classificada em: motores de rotor bobinado e motores do tipo gaiola de esquilo (maioria das máquinas comerciais). Tanto o estator quanto o rotor são construídos com lâminas de material ferromagnéticos, a fim de diminuir as perdas eletromagnéticas.

A aplicação de uma tensão trifásica ao enrolamento trifásico do estator produz um campo magnético girante que induzirá uma força eletromotriz (fem) nos enrolamentos do rotor. Essa fem

produzirá uma corrente elétrica no rotor e conseqüentemente criará um torque mecânico fazendo com que o motor gire (KOSOW, 2000; SEN, 1997 e TORO, 1999).

O campo girante é dado por:

$$n_s = \frac{120 f}{p} \quad (4.1)$$

Onde:

$n_s$  é a velocidade do campo girante, ou velocidade síncrona, em RPM;

$f$  é a frequência da rede de alimentação, ou seja, 60 Hz e

$p$  é o número de pólos do motor<sup>3</sup>.

Devido ao fato da corrente do enrolamento do rotor ser produzida por indução, há uma diferença entre a velocidade do campo girante (estator) e o rotor. Essa diferença de velocidade, ou escorregamento, é uma importante variável do motor de indução.

O escorregamento é dado por:

$$S = \frac{(n_s - n)}{n_s} \quad (4.2)$$

Onde:

$s$  é o escorregamento da máquina, que varia entre zero e a unidade;

$n_s$  é a velocidade do campo girante em RPM e

$n$  é a velocidade do rotor em RPM.

O rendimento de um motor de indução é dado por:

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} 100 \quad (4.3)$$

---

<sup>3</sup> Um motor de indução trifásico pode ter 2, 4, 6 ou 8 pólos.

Onde:

$P_{saída}$  é a potência de saída em kW;

$P_{entrada}$  é a potência de entrada em kW.

O rendimento também pode ser escrito como:

$$\eta = \frac{(P_{entrada} - \sum_{perdas})}{P_{entrada}} 100 \quad (4.4)$$

Onde:

$\sum_{perdas}$  é o somatório das perdas em kW.

As perdas em um motor elétrico podem ser: no núcleo do estator, no cobre do estator, no cobre do rotor e rotacionais. A Figura 4.1 apresenta um diagrama do fluxo de potência em uma máquina funcionando como motor.

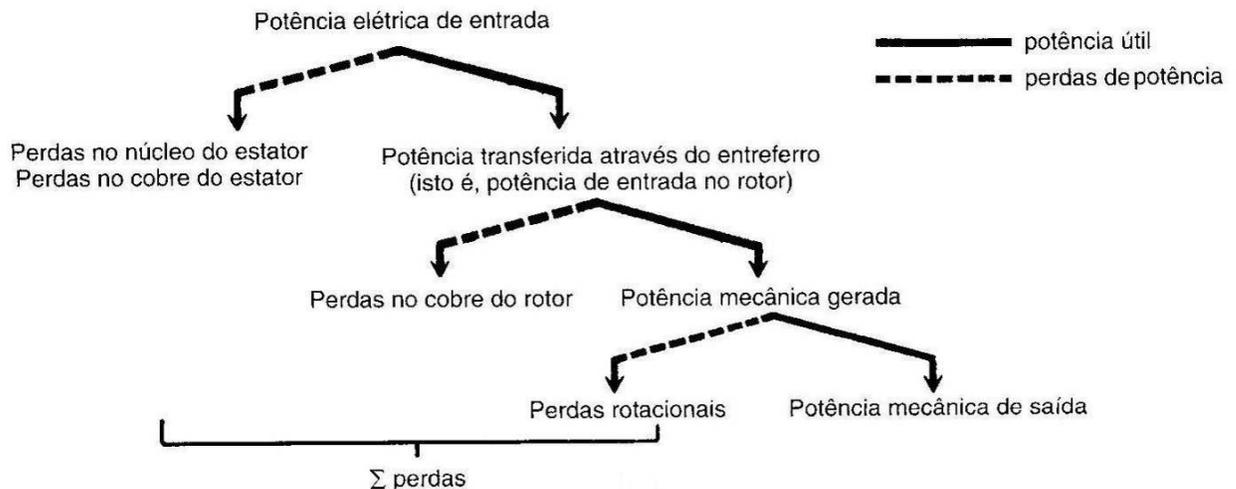


Figura 4.1 – Diagrama do fluxo de potência em um motor de indução trifásico. Fonte: TORO, 1999.

### 4.3 Motores de alto rendimento

O mercado de motores de alto rendimento (AR) é formado por um conjunto de empresas nos seguintes segmentos: fabricação de motores, distribuição e fabricação de máquinas e equipamentos (dos quais os motores são componentes).

Os motores AR foram introduzidos no Brasil a partir de 1990, quando os dois maiores fabricantes lançaram seus primeiros produtos no mercado. Atualmente estão disponíveis motores de indução de alto rendimento para potências de 1 a 250 CV e os principais fabricantes são: WEG, Kohlbach-Siemens e Eberle.

Segundo KOZLOFF et al. (2000), a fabricação de motores AR representa apenas 5 % da produção da WEG e 12 % da produção da Eberle; sendo que a maior parte dos motores, cerca de 80 %, destina-se à exportação para o Canadá e os Estados Unidos.

Os pesquisadores destacam:

“A diferença de preço entre os motores de alto rendimento e os motores convencionais é de cerca de 35%. Embora a comercialização do produto esteja sendo estimulada pelos próprios fabricantes, cabe ressaltar que a maior parte dos motores é vendida diretamente aos fabricantes de máquinas. Desse modo, como os motores são componentes que vão incidir sobre o custo inicial das máquinas, não interessa a esses fabricantes utilizar motores de alta eficiência e elevar o custo de produção das máquinas. No entanto, as empresas industriais, que utilizam as máquinas, são sensíveis ao seu custo de operação e, desse modo, constituem o principal nicho de mercado para os motores de alto rendimento” (KOSLOFF et al., 2000, p. 37).

Os motores AR possuem um entreferro menor - reduzindo as perdas suplementares; uma quantidade maior de cobre nos enrolamentos do estator - reduzindo as perdas por efeito Joule; um superdimensionamento das barras do rotor - diminuindo as perdas pelo calor; um maior volume do material magnético - diminuindo a densidade de fluxo magnético e utilizam chapas magnéticas de qualidade - reduzindo as perdas no ferro e na corrente de magnetização (RAMOS & TATIZAWA, 2005) (ANDREAS, 1992).

A Figura 4.2 apresenta as perdas dos motores versus a potência de saída. Quanto maior a potência da máquina, menores serão suas perdas e conseqüentemente maior sua eficiência. Para um motor de 100 HP (ou 74,6 kW) as perdas são, aproximadamente, de 6,2 kW; logo o rendimento do motor será de 91,6 % (conforme indicado na figura). A Figura 4.3 apresenta as curvas de eficiência versus potência para os motores padrão (*standard*) e de alto rendimento (AR). As maiores diferenças aparecem em máquinas de menores potências (abaixo de 10 HP). Logo, devem-se escolher motores de baixa potência para a substituição por motores de alto rendimento.

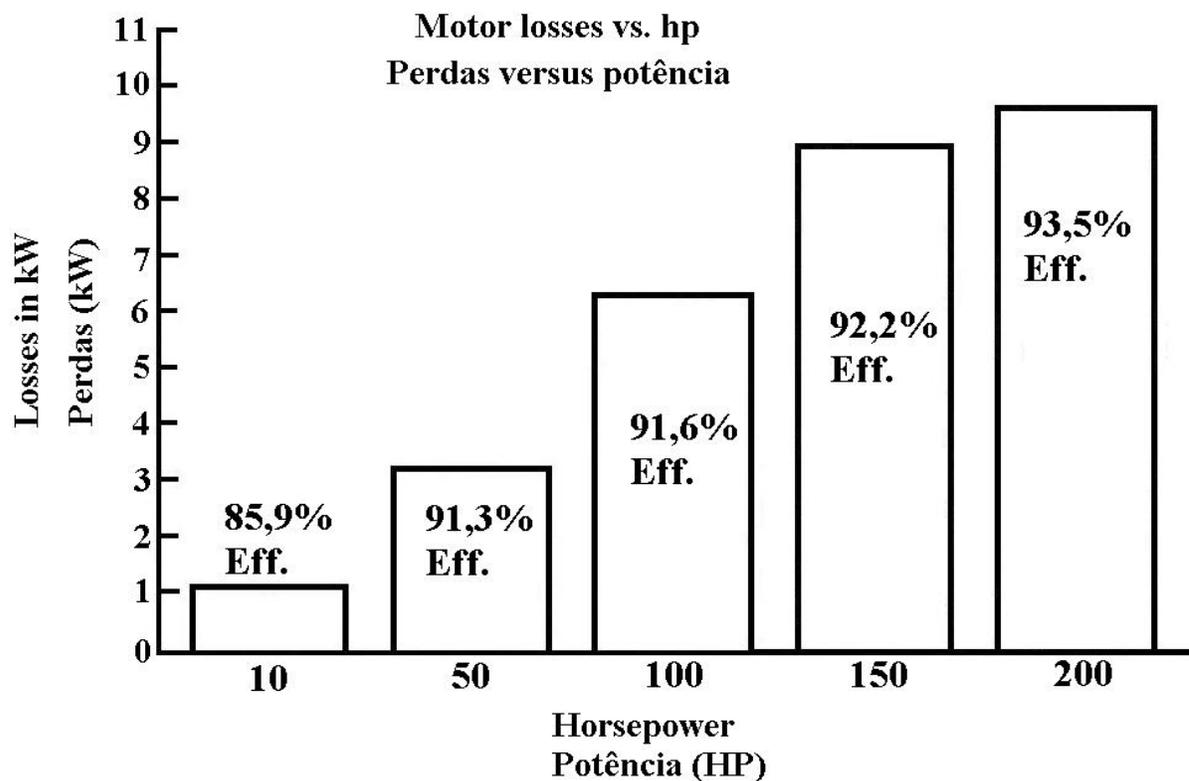


Figura 4.2 - Perdas versus Potência em motores elétricos. Fonte: MASTCH & MORGAN, 1986.

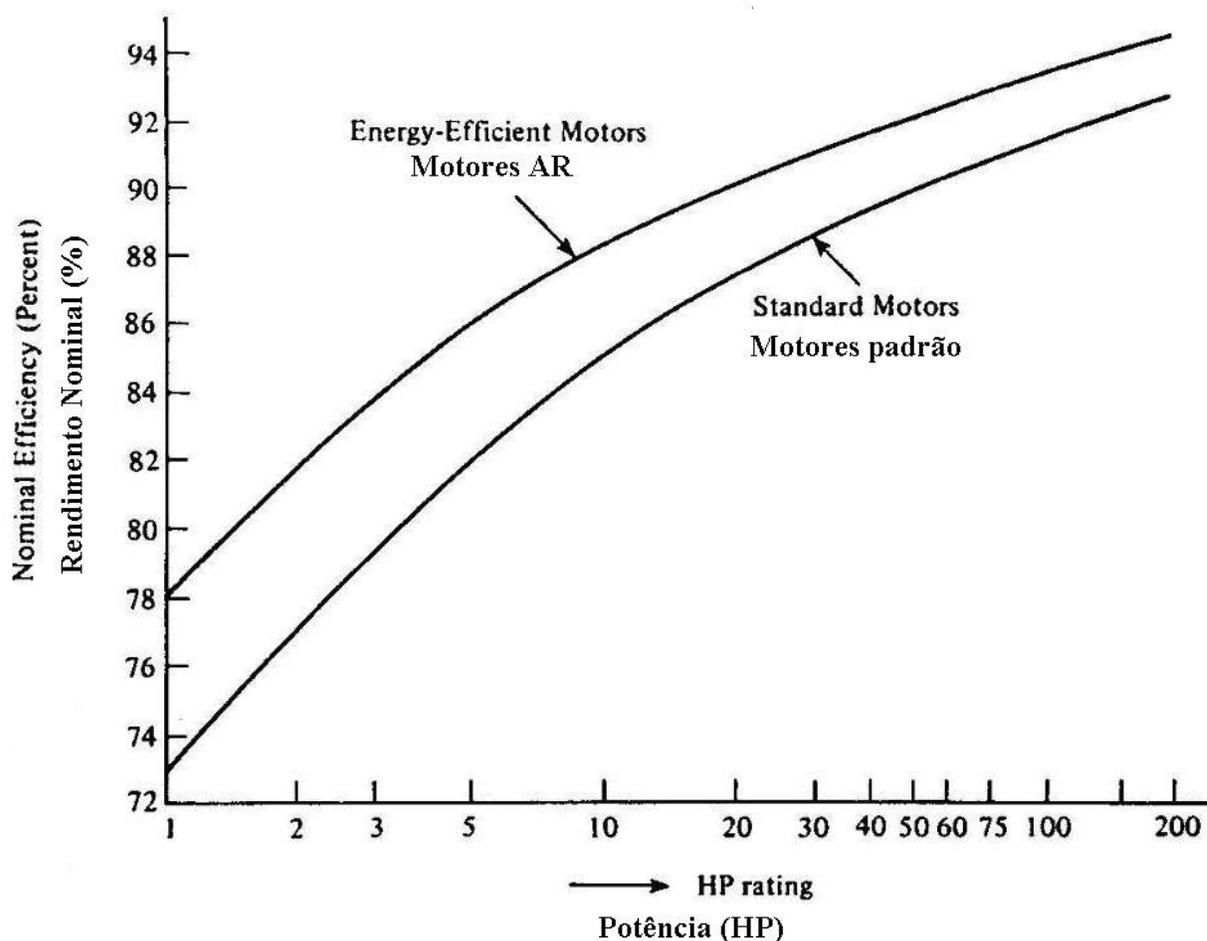


Figura 4.3 - Curvas eficiência versus potência para motores. Fonte: NASAR, 1995.

Em dezembro de 2005, o Ministério de Minas e Energia publicou a portaria interministerial nº 553 estabelecendo os níveis máximos de consumo específico de energia (ou mínimos de eficiência energética) para os motores elétricos de indução do tipo rotor gaiola de esquilo. Os rendimentos nominais mínimos indicados são os mesmos apresentados pelos fabricantes nacionais de motores de AR. Dessa forma, a medida teve como objetivo desestimular a fabricação e eliminar, num período de quatro anos, a comercialização dos motores tipo padrão. Por exemplo, para um motor de 1 CV, 2 pólos o rendimento mínimo é de 80% e para um motor de 10 CV, 2 pólos o rendimento é de 89,5% (Portaria MME/MCT/MDIC nº 553/2005).

## 4.4 Inversores de frequência

A função de um inversor de frequência é regular a velocidade de um motor de indução trifásico mantendo seu torque. De acordo com a equação 4.1, a velocidade do campo girante e consequentemente a velocidade de rotação do motor depende do número de pólos e da frequência de alimentação. Como o número de pólos de um motor de indução é fixo, ou seja, é determinado na sua construção, ao variarmos a frequência de alimentação (normalmente de 0 a 400 Hz) alteramos, na mesma proporção, sua rotação. Logo, o inversor de frequência pode ser considerado como uma fonte de tensão alternada de frequência variável (CAPELLI, 2002) (Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica, 2002) (METALTEX, 2007). A figura 4.4 apresenta o esquema básico de um inversor.

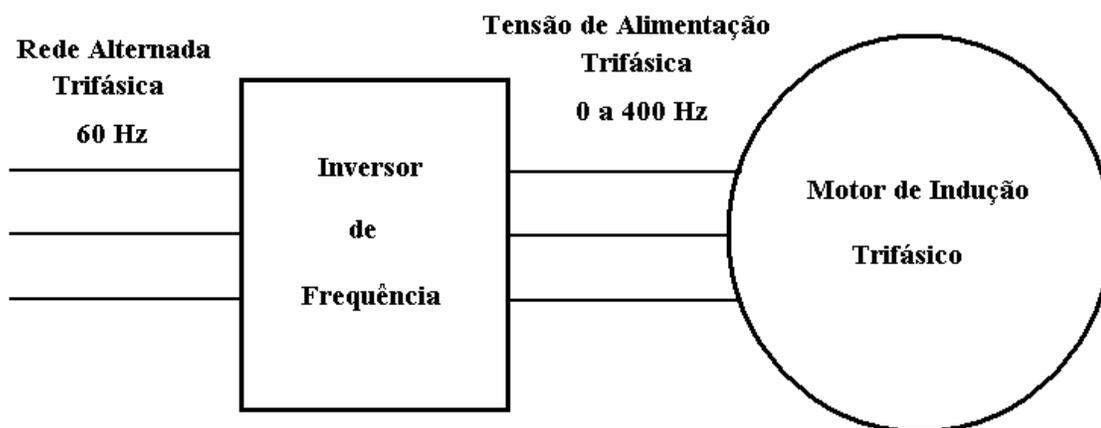


Figura 4.4 – Esquema básico de um inversor de frequência.

A figura 4.5 mostra um diagrama de blocos de um inversor típico. O dispositivo está dividido em 4 blocos: UCP (Unidade Central de Processamento), IHM (Interface Homem Máquina), Interfaces e a Etapa de Potência. A UCP pode ser constituída por um microprocessador ou microcontrolador, sendo responsável pelo armazenamento das informações (parâmetros e dados do sistema). Na IHM as informações do sistema podem ser visualizadas, tais como tensão, corrente, rotação etc. Conforme a figura, as entradas serial, analógica e digital compõem as Interfaces do sistema. Normalmente, para controlar a rotação de motor de indução utiliza-se uma tensão em corrente contínua (observe a entrada 0 – 10 VCC Analógica), por

exemplo, uma tensão de 1 VCC corresponde a uma rotação de 500 RPM, 2 VCC a 1.000 RPM. Para inverter o sentido de rotação inverte-se a polaridade do sinal analógico (de 0 a 10 VCC para o sentido horário e de - 10 VCC a 0 para o sentido anti-horário). A Etapa de Potência é responsável pela conexão dos blocos anteriores (que consomem pouca potência) com o motor de indução (de elevada potência) (CAPELLI, 2002).

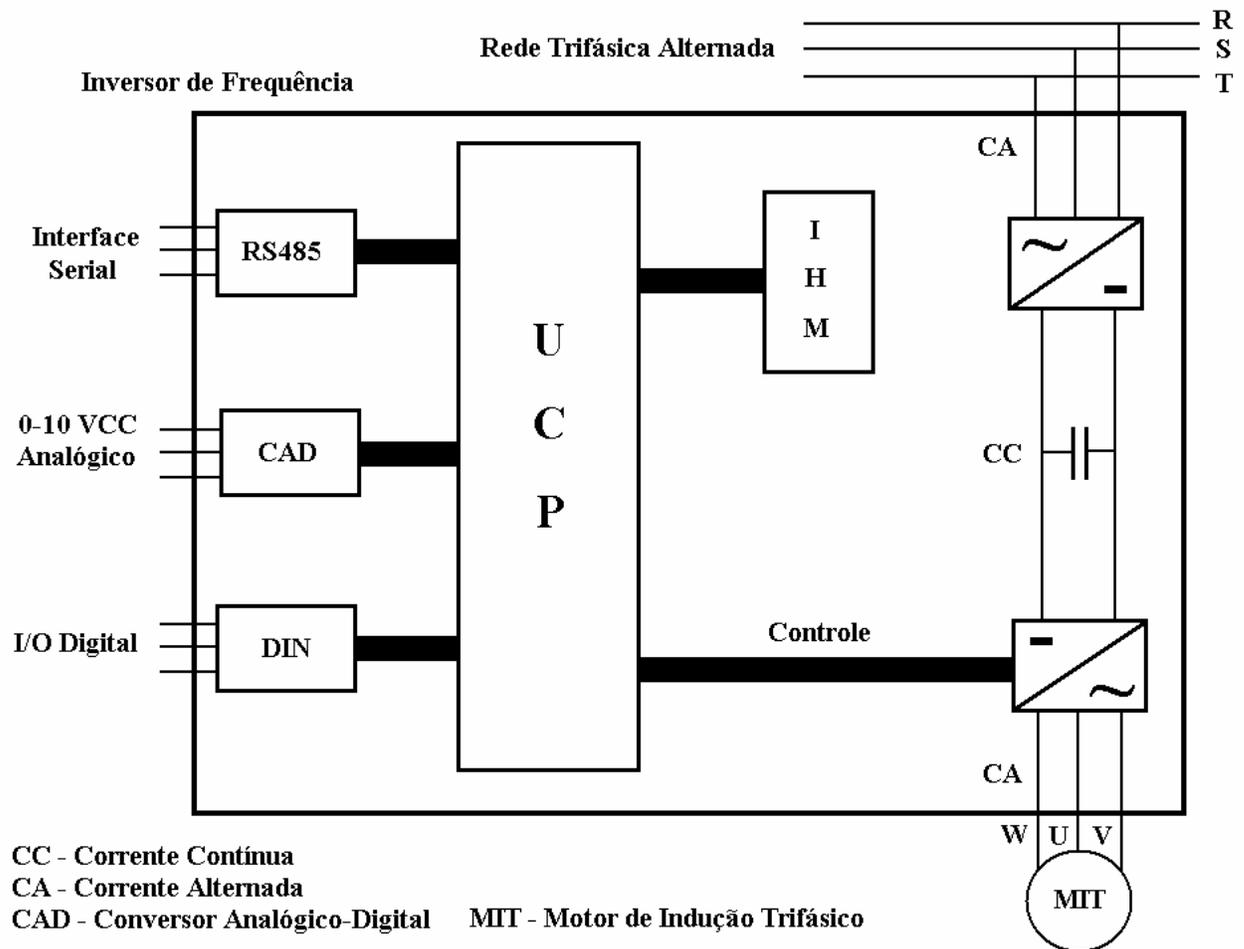


Figura 4.5 – Diagrama de blocos de inversor de frequência. Fonte: Adaptado de CAPELLI, 2002.

Outros pontos importantes quanto aos inversores são:

- Os dados reais de carga devem ser fornecidos para que o motor seja capaz de partir, acelerar e funcionar dentro dos limites especificados de temperatura;
- A mínima velocidade de operação deve ser especificada na folha de dados da máquina, tendo em vista que o sistema de refrigeração do motor está relacionado à sua rotação;

- O funcionamento próximo à velocidade crítica (ressonância) pode resultar em altos níveis de vibração que podem levar à falha por fadiga dos componentes do acionamento;
- Durante as partidas o inversor controla a tensão e a frequência para permitir que o motor trabalhe próximo do escorregamento e fluxo nominais (relação V/Hz constante), ou seja, operando na porção estável da curva torque versus rotação.

A figura 4.6 apresenta um inversor típico. Podem-se visualizar o *display* para a leitura dos parâmetros (rotação, tensão, torque, frequência, corrente etc.), botões para ajuste da rotação, a indicação do sentido da rotação etc.

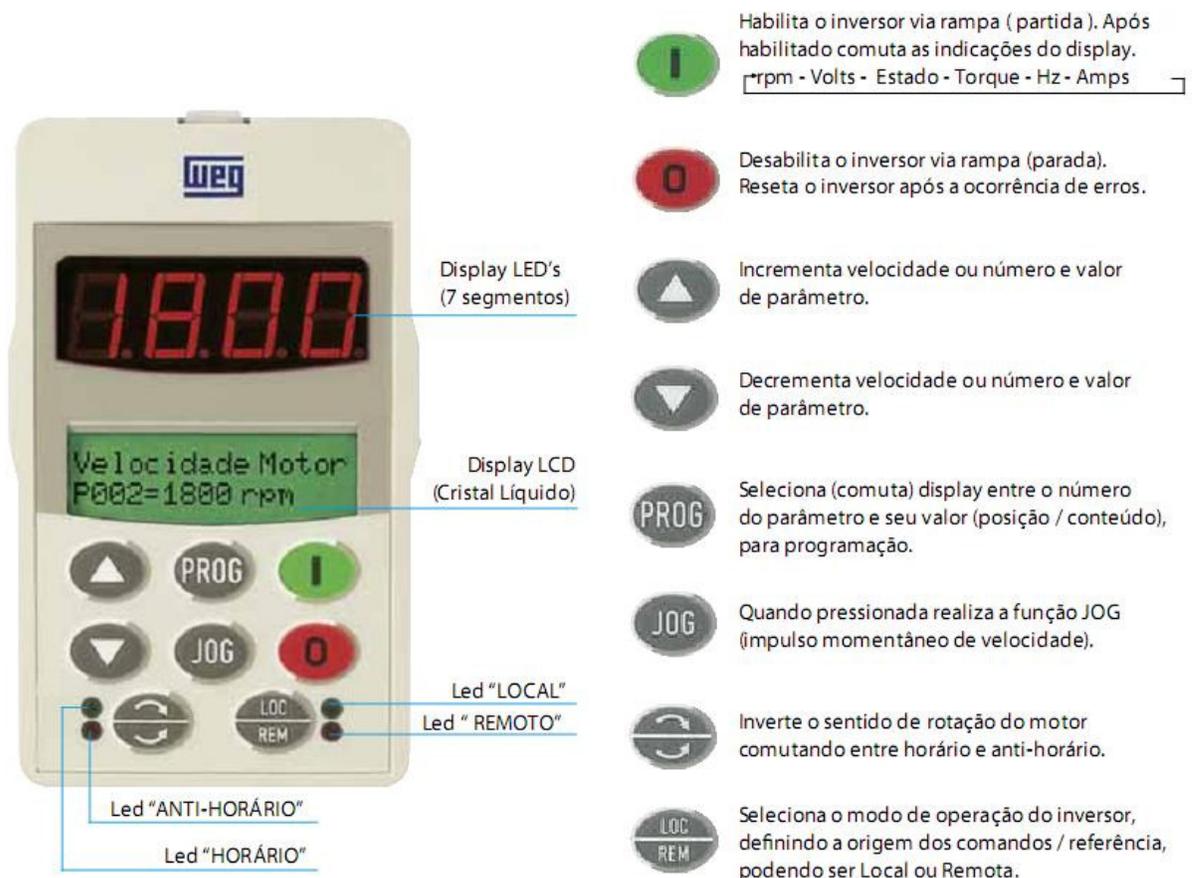


Figura 4.6 – Inversor de frequência típico. Fonte: WEG, 2010.

## 4.5 Procedimento para a avaliação e seleção de máquinas elétricas

Segundo o relatório técnico *Buying an Energy-Efficient Electric Motor* (1999) elaborado pelo Departamento de Energia do governo norte-americano a compra de um motor de alto rendimento mostra-se interessante em novas instalações, quando utilizados em compressores ou bombas, como uma opção ao rebobinamento de antigas máquinas ou para substituir motores sub ou superdimensionados.

O PROCEL, programa da Eletrobras, afirma que os motores elétricos devem funcionar entre 60 a 90% de sua potencia nominal, adotar - sempre que possível - variadores eletrônicos de velocidade (inversores de frequência), possuir dispositivos de partida adequados e utilizar motores com o Selo PROCEL de Economia de Energia (motores de alto rendimento).

Segundo o relatório técnico *Buying an Energy-Efficient Electric Motor* (1999), o critério para seleção de motores para uma possível substituição são:

- Motores trifásicos de indução;
- Motores de uso não específicos;
- Potência entre 10 a 600 HP;
- Mínimo de 2000 horas de operação;
- Carregamento constante (não interrupta, cíclica ou flutuante);
- Motores antigos ou rebobinados;
- Fácil acesso e
- Dados de placa legíveis.

Para os pesquisadores SOARES *et al.* (1997), a aplicação do motor de alto rendimento deve ser considerada para três situações distintas:

- Em novas instalações;
- Como alternativa ao rebobinamento de motores danificados e
- Substituindo motores que estejam operando normalmente.

## 4.6 Justificativas para a substituição de motores elétricos

Os pesquisadores SOARES *et al.* (1997), apresentam as seguintes conclusões sobre a substituição de motores padrão (*standard*) pelos motores AR: “ações que promovam a utilização de motores de alto rendimento continuam ser atraentes, seja como minimizadoras de investimento na expansão, seja como ações de gerenciamento de vendas de energia para contratos comerciais mais interessantes”.

RAMOS & TATIZAWA (2005) afirmam que a substituição de motores em uma empresa do setor alimentício “proporcionará uma economia anual no consumo de 3100 MWh, correspondente a 4,52% da energia anteriormente utilizada”. Os pesquisadores destacam as seguintes vantagens:

- O redimensionamento motriz, para baixos carregamentos, traz um rápido retorno do investimento, além da melhora do fator de potência;
- O rápido retorno do investimento, considerando a vida útil do motor de aproximadamente de 15 anos;
- Queda dos custos de manutenção, devido à redução do tempo de paradas provocadas por defeitos nos motores elétricos.

O pesquisador GARCIA (2003) realizou um estudo em 18 fábricas (2000 motores) na região sudeste. Foram analisados diversos setores (Ferro Gusa e Aço, Papel e Celulose, Têxtil etc) e motores com diferentes potências. O estudo mostra que:

- A média dos carregamentos foi de 61%, muito abaixo do mínimo valor estipulado;
- A adequação dos motores à carga acionada pode levar a uma economia de energia de 1%;
- A simples troca de 30% dos motores estudados por motores de alto rendimento produz um ganho de energia na faixa de 1%. Se essa troca for realizada no final da vida útil dos motores, o ganho aumenta para 3 a 4%.

O pesquisador concluiu que:

“Se fossem usados motores de alto rendimento no lugar de motores padrão, a economia seria mais de duas vezes maior, com um benefício quase o dobro do custo. Adequar simplesmente o motor à carga, por outro lado, é um investimento baixo, com ótimo retorno, que teria 60% a mais de impacto que a aplicação da Lei (Lei da Eficiência Energética). Estudos para aplicação imediata de motores de alto rendimento, como são feitos normalmente, têm bom retorno, economizam tanto quanto a adequação à carga, mas se a troca for feita ao final da vida útil dos motores, o resultado é maximizado. Embora de contabilização mais difícil para mostrar resultados de um plano de eficiência energética, a troca ao final da vida útil é melhor. A combinação das três opções – melhores rendimentos pela Lei da Eficiência Energética, uso de motores de alto rendimento e adequação à carga – leva aos melhores resultados” (GARCIA, 2003, p. 78).

#### 4.7 Procedimento para a determinação do carregamento do motor

A Figura 4.7 apresenta o rendimento versus potência nominal das máquinas de indução. Percebe-se que quanto menor a potência do motor menor será seu rendimento. A Tabela 4.3 apresenta dados de alguns motores de indução do tipo rotor gaiola de esquilo. Pela leitura da tabela percebe-se que o fator de potência também aumenta com o aumento da potência do motor.

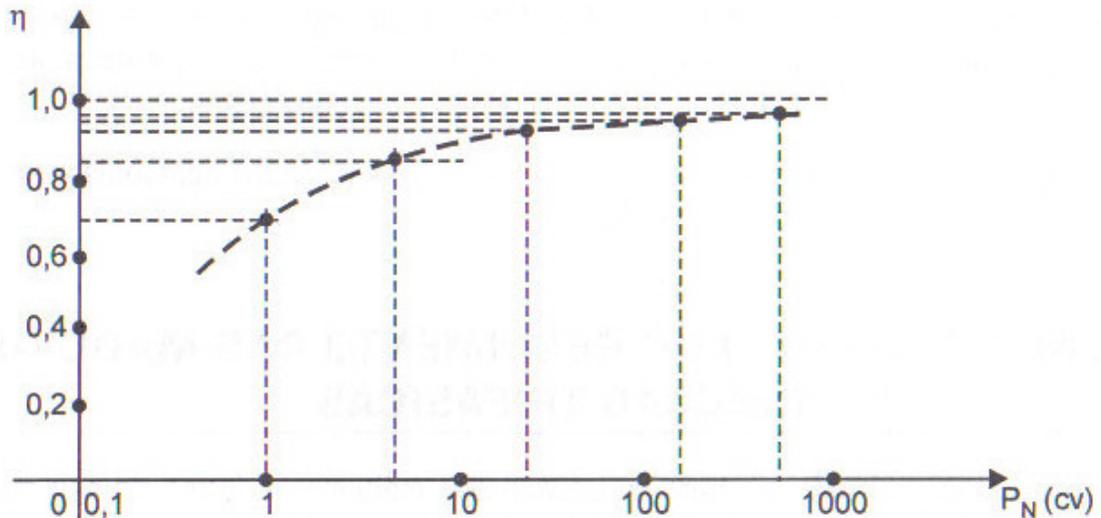


Figura 4.7 - Curva rendimento versus potência nominal das máquinas de indução trifásicas de quatro polos. Fonte: SIMONE, 2003.

Tabela 4.3 - Dados de motores de indução do tipo rotor gaiola de esquilo (quatro pólos)

<b>Potência nominal (CV)</b>	<b>Rotação (rpm)</b>	<b>Rendimento (%) (100% do carregamento)</b>	<b>Fator de potência (100% do carregamento)</b>
1	1705	69	0,66
5	1730	83	0,8
25	1750	90	0,84
125	1770	92	0,88
500	1785	95	0,91

Fonte: SIMONE, 2003.

A Figura 4.8 apresenta a curva fator de potência versus potência nominal das máquinas de indução trifásica. Percebe-se que quanto maior for a potência do motor maior será seu fator de potência. Dependendo da quantidade de motores de baixa potência em uma instalação elétrica torna-se necessário a correção do fator de potência via banco de capacitores. Por outro lado, o aumento do carregamento em um motor trifásico acarreta no aumento do fator de potência. Isso ocorre porque com o aumento do carregamento, a corrente do estator aumenta e o defasamento entre a tensão aplicada e a corrente diminui. Essa diminuição é devida basicamente ao aumento das perdas no enrolamento do estator e do rotor e também ao aumento das perdas no ferro do rotor. A Figura 4.9 apresenta a característica explicada. Deve-se destacar que essa tendência é observada em todos os motores de indução trifásicos, sendo mais acentuada nos motores de baixa potência (SIMONE, 2003).

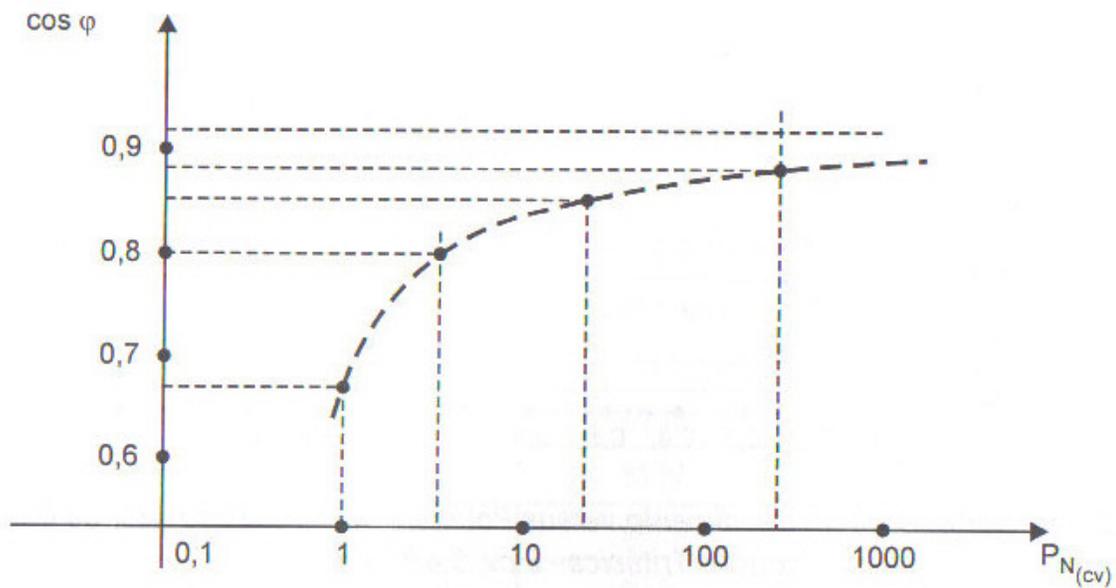


Figura 4.8 - Curva fator de potência versus potência nominal dos motores de indução trifásicos. Fonte: SIMONE, 2003.

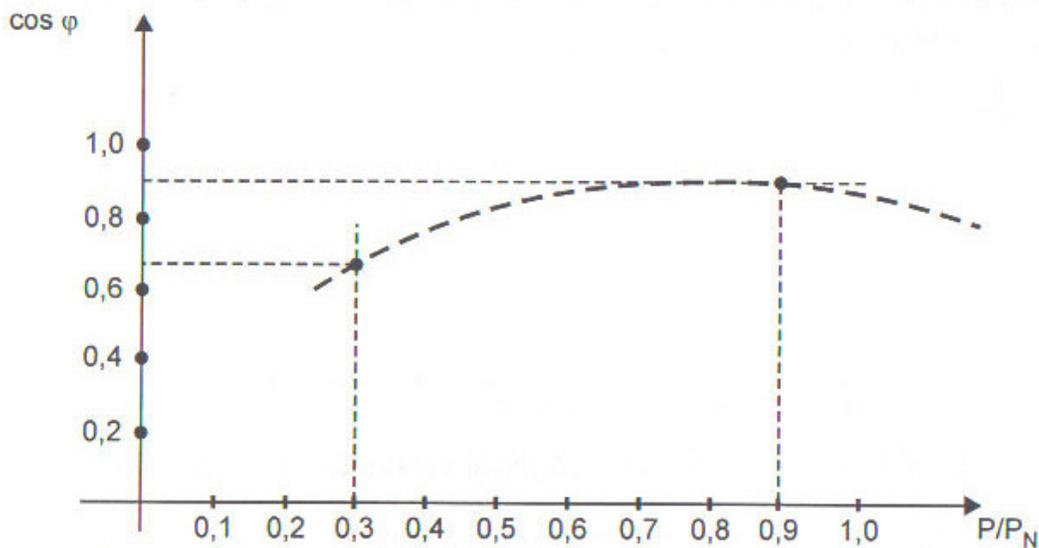


Figura 4.9 - Comportamento do fator de potência versus potência solicitada. Fonte: SIMONE, 2003.

Conforme a Equação 4.3, o rendimento de um motor elétrico é a razão entre a potência de saída pela potência de entrada. Como a potência de saída de um motor de indução é de difícil medição, o rendimento pode ser estimado por (KAEHLER et al. 2003) (DAMASCENO et al. 2002):

$$\eta = \frac{(0,736 P_{placa} Carr)}{P_{entrada}} 100 \quad (4.5)$$

Onde:

$P_{placa}$  é a potência impressa na placa do motor em CV e

$Carr$  é o carregamento do motor.

A potência de entrada pode ser medida utilizando um analisador de energia, dois wattímetros ou através de medidas de corrente, tensão e fator de potência. Se for utilizada a última abordagem a potência medida pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$P_{medida} = \sqrt{3} V I FP \quad (4.6)$$

Onde:

$P_{medida}$  em W;

$V$  é a média das tensões (RMS) de linha das três fases em V;

$I$  é a média das correntes (RMS) das fases em A e

$FP$  é o fator de potência.

O carregamento do motor pode ser medido através de dois métodos: da corrente e do escorregamento. O carregamento indica se o motor está corretamente dimensionado. Se o seu valor for próximo de 1, significa que o motor opera próximo da sua máxima eficiência.

#### 4.7.1 Método da Corrente

Pode ser utilizada a seguinte expressão (KAEHLER et al., 2003):

$$Carr = \frac{(IV)}{(I_r V_r)} \quad (4.7)$$

Onde:

$I$  é a média das correntes medidas (RMS) das três fases em A;

$I_r$  é corrente impressa na placa do motor em A;

$V$  é a média das tensões (RMS) de linha das fases em V;

$V_r$  é a tensão impressa na placa do motor em V.

#### 4.7.2 Método do Escorregamento

É utilizada a seguinte expressão matemática (KAEHLER et al., 2003):

$$Carr = \frac{[E_s]}{\left[ (S_s - S_r) \left( \frac{V_r}{V} \right)^2 \right]} \quad (4.8)$$

Onde:

$E_s$  é igual a velocidade do campo girante menos a medida de velocidade em rpm;

$S_s$  é a velocidade do campo girante em rpm;

$S_r$  é velocidade impressa de placa da máquina;

$V$  é a média das tensões (RMS) de linha das fases em V e

$V_r$  é a tensão impressa na placa do motor em V.

A velocidade do campo girante pode ser calculada pela Equação 4.1. Os rendimentos de motores elétricos também podem ser consultados através das tabelas de consumo/eficiência energética publicadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) e disponíveis em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>. Para cada fabricante há duas tabelas, uma para motores padrão (*standard*) e outra para motores de alto rendimento. Os valores indicados são para carregamentos de 100%, mas podem ser utilizados para um carregamento de até 75%. Se após a determinação do carregamento o motor estiver abaixo dos 75%, os valores dos rendimentos não podem ser utilizados.

## 4.8 Consumo do Motor e Economia de Energia

O consumo pode ser obtido por:

$$C = (h_p + h_{fp}) P_{medida} \quad (4.9)$$

Onde:

$C$  é o consumo do motor em kWh;

$h_p$  é a quantidade de horas de operação na ponta;

$h_{fp}$  é a quantidade de horas de operação fora da ponta e

$P_{medida}$  é a potência medida em kW.

Esse procedimento deve ser realizado para os dois motores, o padrão e o de alto rendimento. A diferença entre os consumos é a economia de energia, logo:

$$E_e = C_s - C_{ar} \quad (4.10)$$

Onde:

$E_e$  economia de energia em kWh;

$C_s$  é o consumo do motor padrão em kWh e

$C_{ar}$  é o consumo do motor de alto rendimento em kWh.

Com o valor do carregamento, escolhe-se o motor de alto rendimento. Deve-se fazer um levantamento dos preços para cada um dos fabricantes. O custo de instalação ( $C_i$ ) normalmente corresponde a 20% do preço do motor. Pode-se descontar do valor do investimento o valor da venda do motor antigo (10% do preço de um motor novo de mesma potência). O investimento total pode ser calculado por:

$$I_t = P_m + C_i - V_m \quad (4.11)$$

Onde:

$I_t$  é o investimento total em R\$;

$P_m$  é o preço do motor AR em R\$ e

$V_m$  é o preço do motor antigo em R\$.

Para calcular o tempo de retorno do investimento deve-se inicialmente calcular a economia anual com o motor AR:

$$E_a = (E_e)(P_{ee}) \quad (4.12)$$

Onde:

$E_a$  é a economia anual em R\$;

$E_e$  é economia de energia (anual) em kWh e

$P_{ee}$  é o preço da energia elétrica em R\$/kWh

O tempo de retorno do investimento pode ser calculado por:

$$T_r = \frac{I_t}{E_a} \quad (4.13)$$

Onde:

$T_r$  é o tempo de retorno em anos;

$I_t$  é o investimento total em R\$ e

$E_a$  é a economia anual em R\$.

A Figura 4.10 apresenta a economia de energia versus a potência do motor. Essa curva foi obtida para diferentes motores de indução trifásicos *TEFC* (*Tottaly Enclosed Fan-Coled*) operando a 1800 RPM e 8000 horas por ano. Para cada potência, calculou-se a economia de energia gerada pela substituição do motor padrão por um de alto rendimento. O custo da energia elétrica foi de \$0,04/kWh (McCOY et al., 1993). Percebe-se que as maiores economias ocorrem em motores de alta potência (acima de 75 HP).

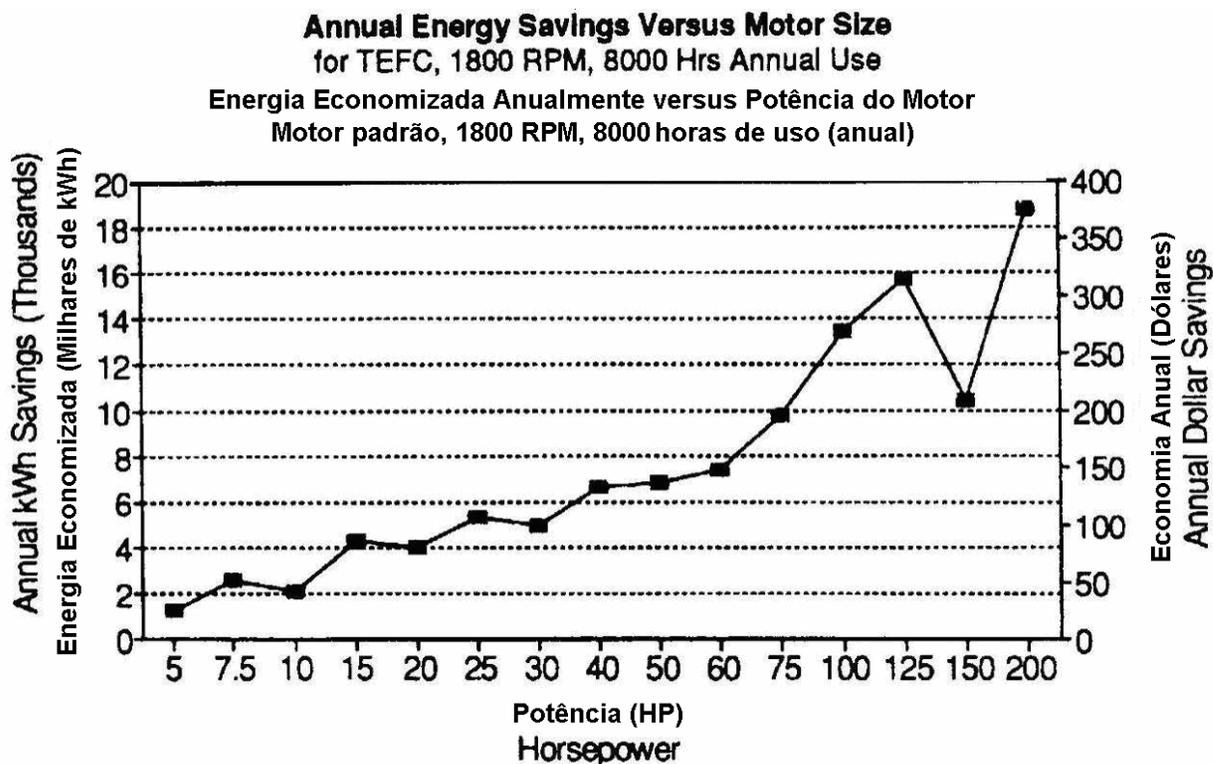


Figura 4.10 – Economia de energia versus potência do motor. Fonte: McCOY *et al.*, 1993.

O tempo de retorno do investimento depende evidentemente do preço do kWh e do tempo de operação do motor em um ano. A Figura 4.11 apresenta as curvas do preço do kWh versus tempo de operação para um motor de alto rendimento típico. Se o preço do kWh for de 4 centavos de dólar e a máquina operar a 4000 horas por ano o tempo de retorno será de um ano. Se o tempo de operação for de 2000 horas por ano o tempo de retorno sobe para 2 anos.

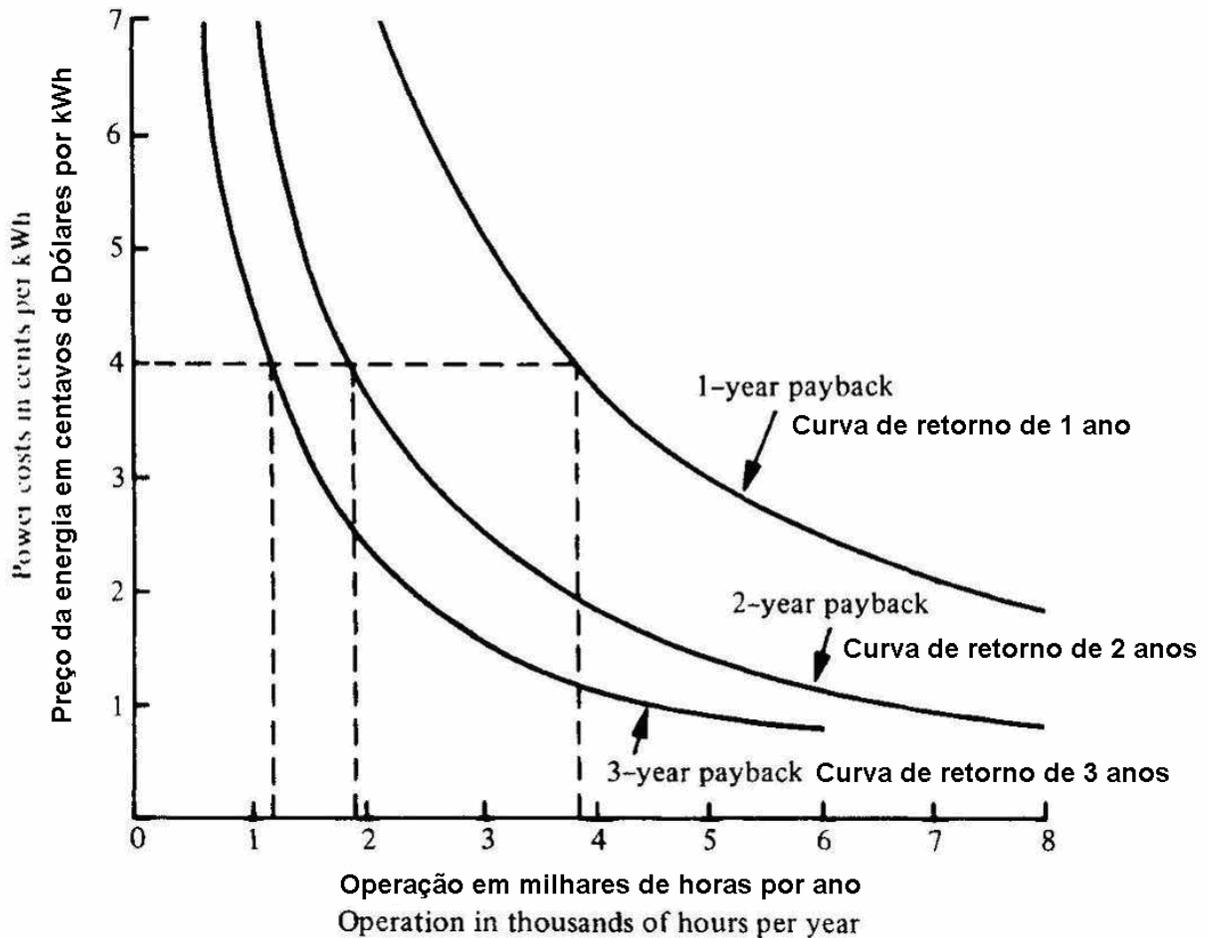


Figura 4.11 - Custo do kWh versus tempo de operação. Fonte: MASTCH & MORGAN, 1986.

A metodologia apresentada - método de retorno simples, segue os critérios estabelecidos por KAEHLER *et al.* (2003). Segundo SOARES *et al.* (2001) esse método possui algumas deficiências, pois não leva em consideração a vida útil dos motores (superior a 12 anos). Os pesquisadores utilizam o critério do custo da energia elétrica conservada (CEC), definida pela expressão:

$$CEC (R\$/MWh) = \frac{(VPP \text{ FRC})}{GAN} \quad (4.14)$$

Onde:

VPP é o valor presente dos custos para a realização do programa em R\$;

FRC é o fator de recuperação do capital e

GAN são os ganhos anuais de energia creditados ao programa em MWh/ano.

O programa de conversação de energia será considerado “economicamente viável se o CEC for inferior ao valor presente dos investimentos evitados para o aumento da capacidade instalada do sistema elétrico até o ponto de fornecimento” (SOARES *et al.*, 2001).

#### 4.9 Estudo de caso – Companhia de Saneamento

A metodologia explicada foi utilizada para verificação do carregamento de quatro motores de indução trifásico de uma companhia de saneamento do interior paulista. Os motores (440 V, 750 CV) acionam quatro sopradores centrífugos (*Blower*) da marca Gardner Denver.

Alguns dados do soprador centrífugo estão indicados na Tabela 4.4 (outros dados estão nos anexos A e B). A Figura 4.12 mostra um dos modelos dos sopradores da marca. Os dados de placa do motor e das medições estão indicados na Tabela 4.5.

Tabela 4.4 – Dados do soprador centrífugo – Gardner Denver

<b>Modelo</b>	2000
Quantidade de estágios	5
Rotação (RPM)	3570
Pressão - <i>Inlet Pressure</i> (Bar)	0,932
Vazão - <i>Inlet Flow</i> (m <sup>3</sup> /hora)	26,481



Figura 4.12 – Soprador centrífugo. Fonte: Gardner Denver, 2010.

Tabela 4.5 – Dados de placa do motor e das medidas

<b>Dados de placa do motor</b>				
Identificação do motor	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
Fabricante	WEG	WEG	WEG	WEG
Ano de fabricação	2001	2000	1997	1997
Tensão (V)	440	440	440	440
Corrente (A)	820	815	834	834
Rotação nominal (RPM)	3572	3577	3570	3570
Potência (CV)	750	750	750	750
<b>Medidas</b>				
Tensões (V)				
$V_{AB}$	439	438	425	423
$V_{BC}$	436	436	425	423
$V_{CA}$	439	437	426	426
Média das tensões (V)	438	437	425	424
Correntes (A)				
$I_A$	730	727	750	780
$I_B$	750	700	806	830
$I_C$	710	710	780	816
Média das correntes (A)	730	712	778	808
Rotação (RPM)	3575	3578	3569	3569
Horas de funcionamento (Horas) (1)	20	20	20	20

(1) Fora do horário de ponta.

Pela análise dos dados percebem-se que:

- O motor M1 possui correntes de linha diferentes e abaixo do valor nominal de 820 A, mas tensões de linha próxima da tensão nominal de 440 V;
- O motor M2 também possui correntes de linha diferentes e abaixo do valor nominal de 815 A, mas tensões de linha próxima da tensão nominal;
- O motor M3 possui correntes de linha diferentes e abaixo do valor nominal de 834 A e tensões de linha abaixo do valor nominal de 440 V;
- O motor M4 possui correntes de linha diferentes e abaixo do valor nominal de 834 A e tensões de linha abaixo do valor nominal de 440 V.

Todos os motores apresentaram valores de corrente e de tensão diferentes dos nominais. Os motores M3 e M4 apresentaram correntes de linha distintas. A corrente  $I_A$  do motor M3 é de 750 A e de 806 A na fase B, ou seja, uma diferença de 58 A. O motor M4 apresentou uma corrente  $I_A$  de 780 A e de  $I_B$  de 830 A – diferença de 50 A. Esse problema ocorre, provavelmente, devido à péssima manutenção e da idade da máquina (ano de fabricação: 1997).

A Tabela 4.6 apresenta as diferenças percentuais entre os valores nominais (dados de placa) e os médios de cada variável dos motores (tensão, corrente e rotação). A média das correntes de linhas dos motores M1 e M2, estão, respectivamente, -10,98 % e - 12,63% abaixo dos valores nominais. Os motores M3 e M4, apresentam variações consideráveis tanto na média da corrente como na tensão.

Tabela 4.6 – Diferenças entre valores

Variável	Variação em (%) - M1	Variação em (%) - M2	Variação em (%) - M3	Variação em (%) - M4
Tensão	- 0,5	- 0,68	- 3,41	- 3,63
Corrente	- 10,98	- 12,63	- 6,72	- 3,12
Rotação	+ 0,08	+ 0,03	- 0,03	- 0,03

A Tabela 4.7 mostra o carregamento de cada motor utilizando as duas metodologias (método da Corrente e do Escorregamento). Todos os motores apresentam carregamento acima

de 88%, ou seja, apesar de variações das tensões e correntes, as máquinas foram selecionadas de maneira correta e não precisam ser substituídas.

Tabela 4.7 – Carregamento dos motores

<b>Carregamento</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
Método das Correntes (%)	88,62	86,76	90,10	93,36
Métodos do Escorregamento (%)	88,49	94,33	96,39	95,94

#### **4.10 Comparação entre programas de eficiência energética**

Essa parte do trabalho tem como objetivo avaliar os atuais programas de eficiência energética para sistemas motrizes do Brasil, dos Estados Unidos e da Comunidade Européia. Essa análise será restrita as ações de cada programa, visto que os países apresentam aspectos econômicos, políticos e sociais distintos (NATURESA *et al.*, 2008b e 2008d) (MARIOTONI *et al.*, 2006).

##### *4.10.1 Brasil*

Devido à crise no abastecimento de energia elétrica no ano de 2001, foi criado o Comitê Técnico para Eficientização do Uso da Energia, com o objetivo de propor medidas para a conservação e racionalização do uso de energia elétrica. Esse comitê elaborou o Plano Energia Brasil - Eficiência Energética, com o propósito de obter resultados de economia de energia no curto e médio prazo e promover a transformação do mercado de eficiência energética no médio e longo prazo (SANTOS *et al.*, 2003).

Dentro desse plano, destacava-se o projeto de sistemas motrizes eficientes no setor industrial. Com o encerramento da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGE), esse projeto ficou sob responsabilidade da Eletrobras.

Os objetivos desse projeto eram o de acelerar a penetração no mercado de motores de indução trifásicos de alto rendimento e o de minimizar as perdas nos sistemas motrizes já instalados na indústria brasileira. Segundo SANTOS *et al.* (2003), responsáveis pelo projeto, “o simples oferecimento de programas computacionais de diagnóstico, treinamento e cursos não são suficientes para motivar o mercado a identificar as oportunidades de economia de energia e implementá-las, portanto não gerando os resultados esperados”.

Este projeto criou uma rede de capacitação técnica envolvendo Universidades, Institutos de Pesquisa, Fabricantes de Equipamentos, Federações de Indústrias, gerentes etc. A estrutura do projeto está dividida em quatro elementos: o grupo coordenador, responsável pelo treinamento, programas computacionais, documentação etc.; a secretaria do projeto, que deve atualizar e distribuir o material didático, acompanhar o andamento das ações e avaliar o impacto das atividades realizadas; os multiplicadores, ou seja, professores universitários e consultores responsáveis pelo treinamento dos agentes, diagnósticos nas indústrias; os agentes, que deverão treinar os engenheiros nas indústrias, identificar barreiras quanto a implementação das ações etc. e; os fabricantes, que fornecerão dados dos equipamentos e material didático.

O desenvolvimento do projeto ocorreu através de convênios com as federações estaduais de indústria e com a Confederação Nacional da Indústria (CNI). Esse convênio está dividido em quatro trabalhos:

- Sensibilização dos setores industriais alvo e capacitação de multiplicadores em eficiência energética;
- Capacitação de agentes das indústrias;
- Montagem de Casos de Sucesso em eficiência energética com ênfase em otimização de sistemas motrizes e
- Monitoramento, verificação e divulgação dos resultados.

Um projeto que merece destaque é o de eficiência energética aplicado na empresa Multibrás, que fabrica *freezers*, refrigeradores, fogões das marcas Brastemp e Consul. As ações foram realizadas nos sistemas de iluminação, motores elétricos e o sistema de ar comprimido. O sistema de iluminação era composto por luminárias de baixa eficiência (40 W), com reatores

eletromagnéticos. Os motores instalados eram do tipo padrão; sendo que, em caso de queima, eles eram rebobinados. Outra prática adotada era a utilização de redutores de velocidade com correias em “V”. Com relação à geração de ar comprimido, a sala onde estão instalados os compressores, não possuía ventilação natural, provocando um aumento de temperatura na admissão de ar e reduzindo o rendimento do sistema (PROCEL - Casos de Sucesso - Número 8, 2005).

As principais ações na Multibrás foram:

- Sistema de iluminação - as lâmpadas foram substituídas por modelos mais eficientes de 32 W com reatores eletrônicos;
- Motores elétricos - foram adotadas medidas para a substituição dos motores padrão por motores de alto rendimento nos casos de queima dos enrolamentos. Os acoplamentos antigos foram substituídos por ventiladores com acoplamento direto no eixo do motor;
- Sistema de ar comprimido - foram eliminados os vazamentos de ar nas instalações através de manutenções preventivas, e a redução da temperatura da sala de geração de ar comprimido com aberturas para a ventilação interna, evitando perdas da ordem de 1,5 %.

Com a implantação do novo sistema de iluminação houve uma redução de consumo de energia elétrica de 1.052 MWh/ano, que representa uma economia de R\$ 69.704,80. A modernização dos sistemas de força motriz resultou em uma economia de 572 MWh, ou seja, uma redução anual de R\$ 38.515,00. Com as ações no sistema de ar comprimido, conseguiu-se uma redução de 1.892 MWh/ano ou uma economia de R\$ 127.608,00 por ano. O tempo de retorno dos investimentos foi inferior a 4 anos. O Gráfico 4.1 apresenta o consumo de energia elétrica por refrigerador produzido (PROCEL - Casos de Sucesso - Número 8, 2005).

#### Indicador de evolução do consumo específico de energia elétrica - unidade de Joinville

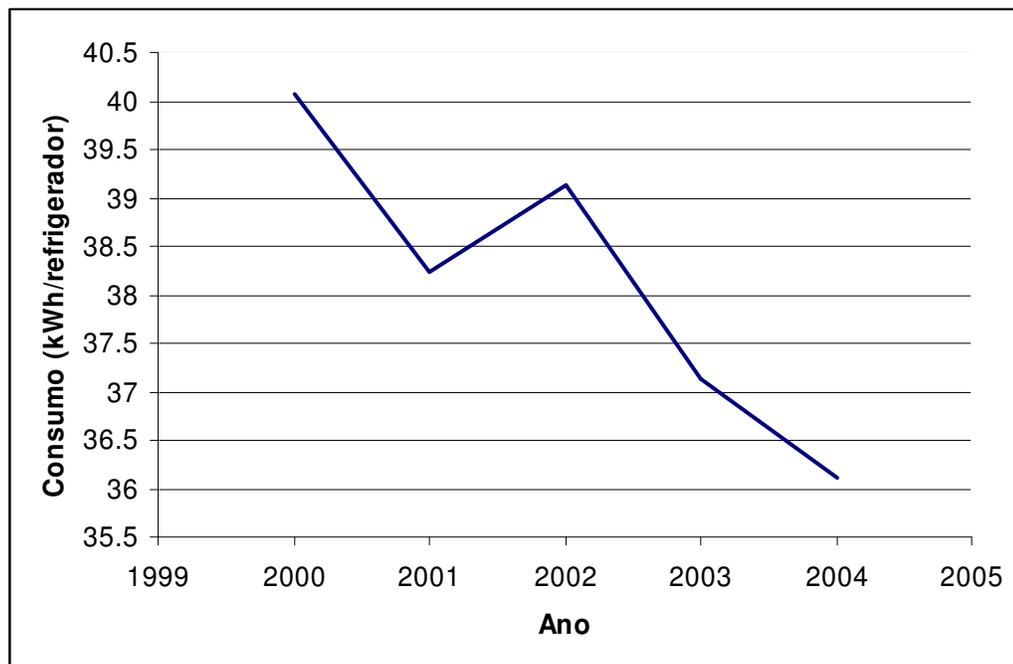


Gráfico 4.1 - Consumo (kWh/refrigerador produzido) por ano. Elaborado com dados de PROCEL - Casos de Sucesso - Número 8, 2005.

O Centro de Aplicação de Tecnologias Eficientes (CATE) do CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) desenvolveu um *software*, denominado BD Motor, com o objetivo de verificar o potencial de economia de energia com a substituição de motores elétricos do tipo padrão por motores de alto rendimento. O *software* possui um banco de dados com as características de 1989 motores das marcas WEG, Kohlbach e Eberle, com tensões de 220, 380, 440 V e potências de 0,25 a 250 CV. O *software* é composto por um Banco de Dados de Motores e dois módulos de análise: Comparação e Dimensionamento. A Figura 4.13 mostra a tela de abertura do *software*.

O Programa tem como objetivo atingir 2 bilhões de kWh de redução de perdas. Para isso conta com o auxílio dos próprios agentes treinados gratuitamente pela Eletrobras/PROCEL, através de um curso multidisciplinar de Otimização de Sistemas Motrizes. O Programa estabelece também convênios com Universidades, instala laboratórios de sistemas motrizes (Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes Industriais – LAMOTRIZ) e financia bolsas de estudo para

trabalhos de graduação, mestrado e doutorado (SANTOS et al., 2005) (NATURESA et al., 2008b e 2008d).



Figura 4.13 – Tela de abertura do *software* BD Motor. Fonte: BD Motor.

A Tabela 4.8 apresenta os resultados de capacitação obtidos pelo PROCEL Indústria com as federações estaduais das indústrias nos diversos estados do país até agosto de 2009. O PROCEL Indústria é um subprograma do PROCEL que tem como objetivo combater o desperdício de energia elétrica nos sistemas motrizes das indústrias brasileiras. No total foram capacitados 227 multiplicadores, 3160 agentes e 788 indústrias. Merece destaque a FIESP, com 1.090 agentes treinados e 353 indústrias participantes.

Tabela 4.8 – Resultados Capacitação – Federações Estaduais das Indústrias (agosto de 2009)

<b>Federação</b>	<b>Capacitação de Multiplicadores</b>	<b>Agentes Treinados</b>	<b>Número de Indústrias participantes</b>
FIEA	15	0	0
FIEAM	10	145	32
FIEB/IEL	18	289	87
FIEC	10	279	91
FIEMG	18	88	16
FIEMS	19	274	35
FIEMT	19	432	43
FIEPA	19	154	33
FIEPE	15	314	32
FIERGS	22	0	0
FIESC/IEL	18	85	46
FIESP	34	1090	353
SEBRAE/RJ	10	10	20
<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>3160</b>	<b>788</b>

Fonte: FERREIRA *et al.*, 2009.

A Tabela 4.9 mostra os dados até agosto de 2009. Atualmente existem 14 laboratórios LAMOTRIZ em instituições de ensino superior no país (FERREIRA *et al.*, 2009). Logicamente, a quantidade de bolsas para graduação é maior, pois os futuros engenheiros, físicos e matemáticos serão os principais agentes de divulgação dos projetos de eficiência energética nas indústrias.

Tabela 4.9 - Quadro de bolsas de estudo oferecidas às universidades até agosto de 2009

Universidade	Bolsas	Graduação	Mestrado	Doutorado
CEFET – MT	7	7	-	-
UFMS	11	8	3	-
UFMT	7	7	-	-
UCS-RS (*)	10	9	1	-
UDESC	7	6	1	-
UNESP	4	2	2	-
UFSJ-MG	4	4	-	-
UFU-MG	9	7	2	-
UFPA	9	5	2	2
UFAM	10	7	3	-
UFC	11	7	4	-
UFBA	4	3	1	-
UFPE	3	1	2	-
UFJF – MG (**)	8	-	-	-
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>73</b>	<b>21</b>	<b>2</b>

Fonte: FERREIRA *et al.*, 2009.

(\*) Montagem em andamento;

(\*\*) Única situação que não é obrigatório que o trabalho seja focado em sistemas motrizes (laboratório gerido pelo PROCEL EPP – Eficiência Energética em Prédios Públicos).

SANTOS *et al.* (2003) concluem: “tomando como referência o potencial de economia de energia de 15% identificado nos Estados Unidos, o potencial de economia anual de energia no Brasil é cerca de 6 TWh”. Para essa estimativa foram consideradas aproximadamente 2000 empresas que consomem cerca de 58 TWh, sendo que 70% em sistemas de ventilação, bombeamento e compressão.

#### 4.10.2 Estados Unidos

Segundo SCHEILING (2005) existem 40 milhões de motores elétricos nos Estados Unidos. A indústria gasta aproximadamente U\$ 30 bilhões em eletricidade, sendo que 70% da energia elétrica consumida são destinadas à força motriz. Em 1992 foi criado o *Energy Policy Act* (EPACT) com o propósito de reduzir o consumo industrial. No ano de 1997, ele estabeleceu os rendimentos nominais mínimos para os motores elétricos (monofásicos e trifásicos). Uma série de melhorias foram realizadas pelos fabricantes de motores elétricos, tais como novos projetos de carcaça, novos materiais etc., ultrapassando os rendimentos estabelecidos.

O programa norte-americano, *Motor Challenge*, foi criado em 1993 e lançado em 1995. O programa é conduzido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (*The United States Department of Energy* - DOE), o Escritório de Tecnologias Industriais (*Office of Industrial Technologies* - OIT) em conjunto com a indústria norte-americana, e tem como objetivo o aumento da eficiência energética em sistemas motrizes utilizados nas indústrias (LEWIS, 2006).

O *Motor Challenge* possui duas atividades básicas: o desenvolvimento e disseminação de ferramentas para eficiência energética, por exemplo, o *software* para seleção de motores elétricos MotorMaster+ e os Programas de Parceria que reúne cerca de 200 organizações, como vendedores, associações industriais e agências governamentais (Oak Ridge National Laboratory & Xenergy Inc., 2000).

O primeiro evento patrocinado pelo Departamento de Energia, em conjunto com *Electric Power Research Institute* (EPRI), foi o *National Energy Efficient Motor System Conference* em 1993. Nesse evento foram discutidos o mercado de motores elétricos, as principais barreiras para a comercialização de motores de alto rendimento e algumas sugestões para superá-las. Baseados nessas idéias foram criados o centro de informações do *Energy Efficiency and Renewable Energy* (EERE) do Departamento de Energia, uma série de demonstrações (*Showcase Demonstrations*) e os dados (*database*) para o *software* MotorMaster (SCHEILING, 2005).

O centro de informações EERE é responsável pelo desenvolvimento de ferramentas, demonstrações, *workshops*, conferências e treinamentos. O centro também possui especialistas em motores elétricos e atendimento gratuito via telefone. Diversos módulos de treinamento estão disponíveis; em 1996 mais de 200 pessoas receberam treinamento do *software* MotorMaster+ e mais de 1000 participaram do *workshops* sobre otimização de sistemas de bombeamento.

Os programas de parcerias estão divididos em: *Motor Challenge Partnership*, empresas que comercializam os motores de alto rendimento e colaboram com o Departamento de Energia para a sua disseminação; *Allied Partnership*, responsáveis pela distribuição de informações sobre a tecnologia e aplicações dos motores elétricos e *Excellence Partnership*, responsáveis pelo desenvolvimento de relatórios técnicos, apostilas e informações. Em setembro de 1998 o

programa possuía 2725 organizações como *Motor Challenge Partnership* e 196 como *Allied Partnership* (SCHEILING, 2005).

Segundo o relatório organizado pelo Oak Ridge National Laboratory e Xenergy Inc., os principais resultados, até o ano 2000, foram:

- Redução no consumo de energia de 520 GWh por ano, entre os anos de 1995 a 1999. A economia foi avaliada em U\$ 24,9 milhões por ano;
- O programa possui um custo elevado, pois até o ano de 1999 foram investidos U\$ 29,2 milhões;
- Até setembro de 1999, foram registrados 5.655 usuários do *software* MotorMaster+ o que representa aproximadamente 3.664 indústrias. Apesar dos usuários representarem menos do que 1% da indústria, eles consomem cerca de 15,2 % da energia destinada a esse setor. Uma entrevista entre os usuários revelou que 18% utilizaram o *software* para projetar, medir ou modificar os sistemas motrizes em suas plantas industriais;
- Os autores do relatório afirmam que 24% dos usuários que participaram do treinamento de ASD (*Adjustable Speed Drives* – controladores de velocidade ou inversores de frequência para motores elétricos) e 48% do treinamento em *Pump System* (sistema de bombeamento) reportaram que implementaram algumas práticas ensinadas para o aumento da eficiência energética em sua fábrica.

A Tabela 4.10 apresenta um resumo dos benefícios e custos do programa norte-americano. A tabela está dividida em dois grupos: usuários (*End users*) e parceiros (*Partners*). Os dados são do ano 2000.

Tabela 4.10 - Resumo dos benefícios e custos do programa *Motor Challenge* (2000)

<b>Benefícios Anuais do Programa</b>		
<b>Componente</b>	<b>MWh/ano</b>	<b>U\$ Economia/ano</b>
<b>Usuários (<i>End users</i>)</b>		
MotorMaster+	50.687	2.432.971
<i>ASD Training</i> (treinamento - controle de velocidade de motores)	22.475	1.078.779
<i>Pump Training</i> (treinamento - sistemas de bombeamento)	30.829	1.479.797
<i>Showcase</i>	24.148	1.105.600
<i>Energy Matters</i>	35.173	1.688.305
<i>Teleconference</i> (teleconferência)	4.227	202.912
Subtotal	167.539	7.988.365
<b>Parceiros (<i>Partners</i>)</b>		
Subtotal	352.890	16.938.705
<b>Total</b>	<b>520.429</b>	<b>24.927.070</b>

Fonte: adaptado de Oak Ridge National Laboratory & Xenergy Inc., 2000.

#### 4.10.3 Europa

Os motores elétricos representam aproximadamente 65% da energia elétrica consumida na indústria na União Européia (UE). Segundo KEULENAER et al. (2004) os principais benefícios do *Motor Challenge Programme* para os 25 países que compõem a União Européia (UE) são:

- A substituição de motores do tipo padrão por motores de alto rendimento pode trazer uma economia de 202 bilhões de kWh no consumo de energia elétrica por ano, o que equivale a uma redução de 10 bilhões de Euros por ano no custo de operação da indústria;
- Economia de 5 a 10 bilhões de Euros por ano para a indústria devido à diminuição dos custos em operação e manutenção;
- Economia de 6 bilhões de Euros por ano devido à redução de custos ambientais;
- Redução de 79 milhões de toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> ou aproximadamente um quarto da meta do Protocolo de Quioto para a UE;
- Redução de 45 GW em novas usinas de energia elétrica nos próximos 20 anos. Isso equivale a 45 novas usinas nucleares de 1000 MW cada ou a 130 termelétricas de 350 MW;
- Redução de 6 % nas importações de energia para a UE.

Os pesquisadores afirmam que serão necessários 400 milhões de Euros em investimentos, que incluem: a introdução de auditores em energia nas instalações industriais, suporte financeiro para o treinamento e certificação desses auditores, incentivos fiscais e financeiros em projetos de eficiência energética nas indústrias, créditos “ambientais” por economia de energia e uma campanha de informação sobre o *Motor Challenge Programme*. A Tabela 4.11 apresenta um resumo dos benefícios e os beneficiários do programa.

Tabela 4.11 - Benefícios e beneficiários com o programa europeu

<b>Benefício</b>	<b>Beneficiário</b>	<b>Benefício anual (bilhões de Euros)</b>
Economia de energia	Indústria	10
Economia não-energética	Indústria	5 a 10
Redução de custos ambientais	Sociedade	6

Fonte: adaptado de KEULENER et al., 2004.

Os pesquisadores afirmam que um dos benefícios será a redução dos gases de efeito estufa e que acarretará na redução dos custos ambientais na geração de energia elétrica. Eles também destacam a importância das campanhas de informação para estimular a substituição dos motores elétricos e reduzir os custos de produção industriais, “isto aumentaria a competitividade dos produtos industriais europeus e melhoraria sua posição com respeito a regiões que já adotaram essas medidas em relação à eficiência energética” (KEULENAER et al., 2004).

O total de energia consumida na UE no ano 2000 foi de 2.574 bilhões de kWh, sendo que 951 bilhões kWh foram utilizados na indústria. Da parte industrial, 614 bilhões de kWh ou 65% foram consumidos por motores elétricos. Estudos mostraram que o potencial de economia com os sistemas motrizes é de 181 bilhões de kWh ou 29%. A Tabela 4.12 apresenta o potencial de economia de energia para diferentes ações.

Tabela 4.12 - Potencial de economia de energia elétrica na UE

	Potencial de economia (bilhões de kWh/ano)				
	União Européia (25 países)	França	Alemanha	Itália	Reino Unido
Motores de alto rendimento	27	4	6	4	3
<i>Variable speed drives</i> (controladores de velocidade)	50	8	10	7	6
Compressores, ventiladores, bombas.	125	19	26	17	15
<b>Total</b>	202	31	42	28	24

Fonte: adaptado de KEULENAER *et al.*, 2004.

KEULENAER *et al.* (2004) afirmam que o tempo de retorno do investimento em novos sistemas motrizes é relativamente curto, variando de 3 meses a 3 anos; aumentando também a qualidade do produto final, um melhor controle do processo industrial e poucas interrupções. Os pesquisadores apontam as principais barreiras ao programa: tempo de retorno, resistência por parte dos industriais às mudanças na linha de produção, dificuldade em motivar todas as partes que compõem o processo produtivo, falta de conhecimento relativo aos motores elétricos (eficiência, rendimento, carregamento, características mecânicas das cargas acionadas), falta de capital para investimento etc.

Para superar tais barreiras eles propõem: regulação, criação de diferentes classes de eficiência energética; informação e educação, através de publicações e seminários; assistência, criação de ferramentas que auxiliem os consumidores; suporte financeiro, descontos e financiamentos; acordos de cooperação com os fornecedores, com o objetivo de distribuição de informações; leis ambientais que promovam a eficiência energética; suporte financeiro para pesquisa e desenvolvimento na área de eficiência energética; novas medidas econômicas que aumentem o volume de negócios sem a degradação ambiental e uma abordagem sistêmica, que integre as ações anteriores (ALMEIDA *et al.*, 2003) (KEULENAER *et al.*, 2004).

A UE mantém uma base de dados sobre motores elétricos denominada EURODEEM (*European Database of Energy-Efficient Motors*). Nessa base de dados é possível comparar produtos (motores, *ASD* etc.) de vários fabricantes utilizando um *software* disponível - EURODEEM 2000 (<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/eurodeem/basicfeat.htm>, 2006) (ALMEIDA *et al.*, 2003).

Pela comparação dos três programas percebem-se diversos pontos em comum. Está claro que ações isoladas não causam o impacto econômico esperado; somente com uma abordagem sistêmica atingem-se os principais atores - indústria, governos e instituições de ensino - do programa de eficiência energética relacionado a motores elétricos.

Os programas norte-americano e europeu destacam o importante papel da educação, promovendo cursos, palestras, publicações etc. O governo brasileiro, através da Eletrobras, iniciou o processo de capacitação de agentes e o oferecimento de bolsas de estudos. Um passo importante foi dado com a criação do portal PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Nele são encontrados os dados mais relevantes sobre a eficiência energética no Brasil e os *softwares* que auxiliam os projetos; além de uma relação das fontes de financiamento.

A economia norte-americana reconheceu o potencial do programa relacionado aos motores elétricos e economiza 520.429 MWh ou U\$ 24.927.070 anualmente. Na União Européia, a substituição de motores pode trazer uma economia de 202 bilhões de kWh no consumo de energia elétrica por ano, o equivalente a uma redução de 10 bilhões de Euros por ano no custo de operação da indústria.

O governo e principalmente o departamento de energia dos países analisados são os responsáveis pela implantação e verificação dos programas. No Brasil, espera-se um maior empenho do Ministério de Minas e Energia, através de um planejamento de longo prazo e do aumento dos recursos, via o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

## 4.11 Sistemas de bombeamento de água

O principal insumo para as empresas de abastecimento de água é a eletricidade. Normalmente a operação de bombeamento, acionada por motores de indução trifásicos, ocorre sem interrupção. Há duas formas de se reduzir os custos da energia elétrica: utilizar instalações adequadas hidráulicamente e evitar ou reduzir o consumo de energia nas horas de ponta. Essa parte do trabalho apresentará de forma sucinta as duas maneiras (Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005), (DUTRA, 2005), (Lawrence Berkeley National Laboratory & Hydraulic Institute, 1999), (SOARES & LIMA, 1991).

### 4.11.1 Características básicas dos sistemas de bombeamento.

Basicamente um sistema de bombeamento de água é representado pelas seguintes características: desnível entre os reservatórios de sucção e de descarga, vazão do sistema, comprimento e diâmetro da tubulação, acessórios (curvas, joelhos, válvulas etc.), motor elétrico, bomba etc. A Figura 4.14 mostra um sistema de bombeamento de água típico.

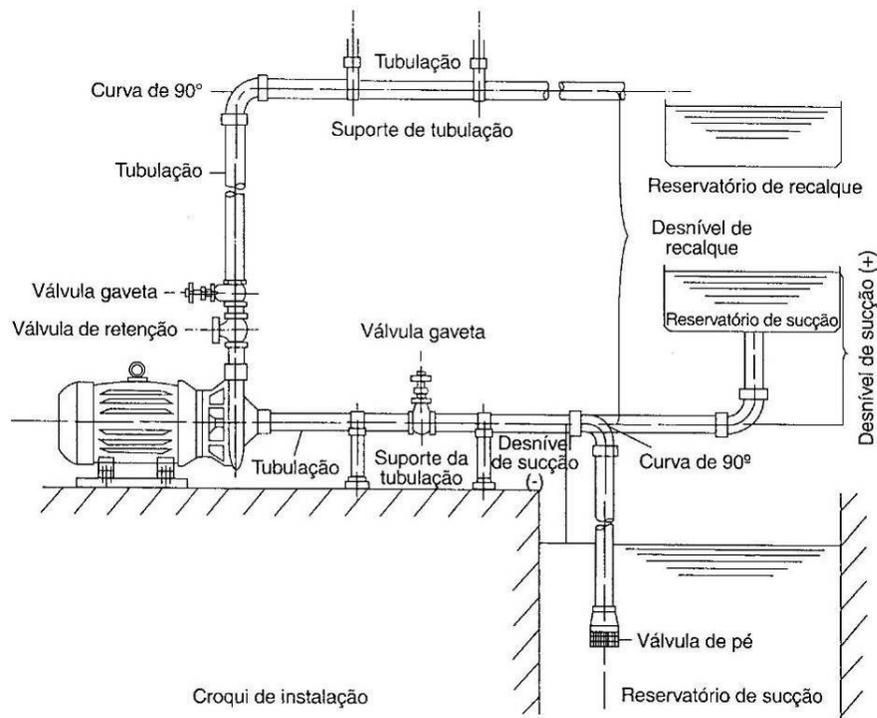


Figura 4.14 - Sistema de bombeamento típico. Fonte: DUTRA, 2005.

Com relação às bombas, elas podem ser divididas em: bombas de deslocamento positivo (volumógenas) e turbobombas, também conhecidas como rotodinâmicas ou hidrodinâmicas. No abastecimento de água, são utilizadas as turbobombas centrífugas, mistas e axiais. As características de desempenho das bombas são representadas por curvas fornecidas pelos fabricantes, ou seja, apresentam o desempenho esperado de cada bomba. As três curvas tradicionais são: curva altura versus vazão, curva de potência absorvida versus vazão e a curva rendimento versus vazão.

A curva altura versus vazão representa a vazão que a bomba é capaz de recalcar e a altura manométrica total contra a qual essa vazão pode ser recalçada. O ponto de funcionamento da bomba em um determinado sistema é dado pelo cruzamento da curva do sistema com a curva da bomba. A Figura 4.15 apresenta as curvas altura versus vazão para a bomba KSB-MEGANORM, modelo/tamanho 32-160, na rotação de 3500 rpm, com diâmetros do rotor na faixa de 178 a 203 mm. Note também as linhas de isorrendimentos, variando de 26 a 46,5 %. A Figura 4.16 mostra o ponto de operação do sistema bomba.

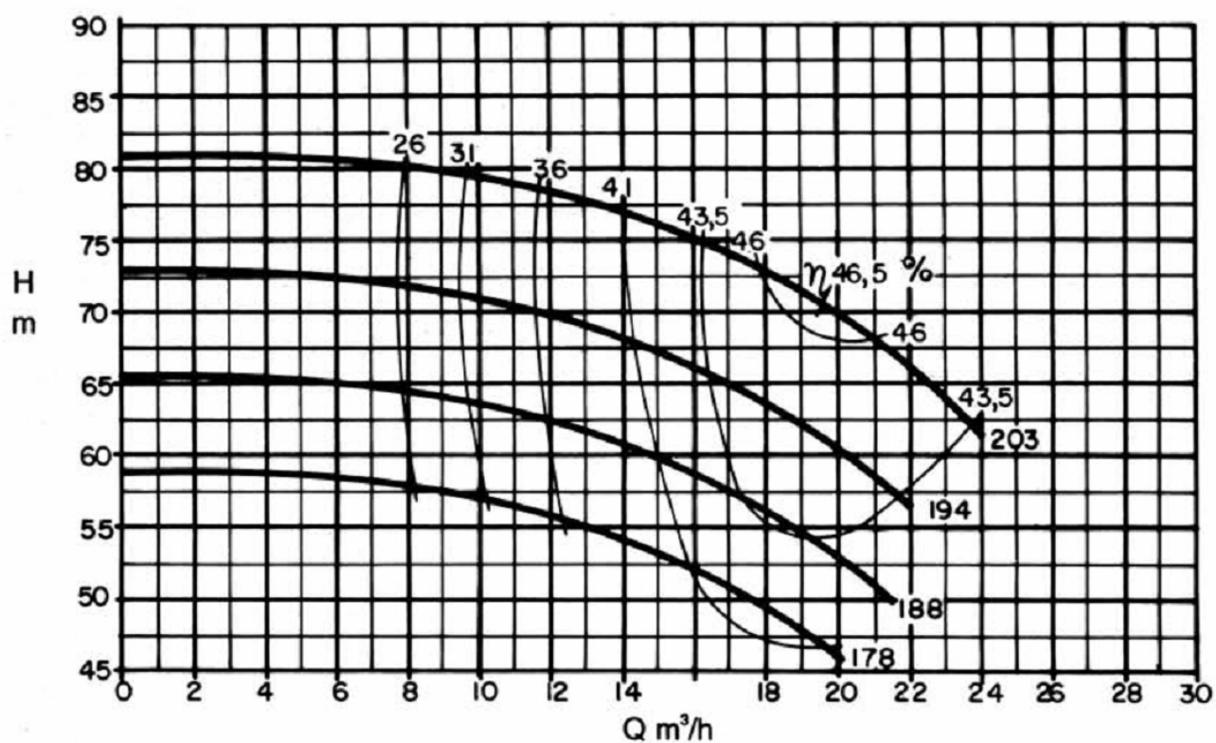


Figura 4.15 – Curvas altura versus vazão da bomba KSB MEGANORM; tamanho: 32-160; 3500 rpm. Fonte: Manual de Curvas Características KSB, 2010.

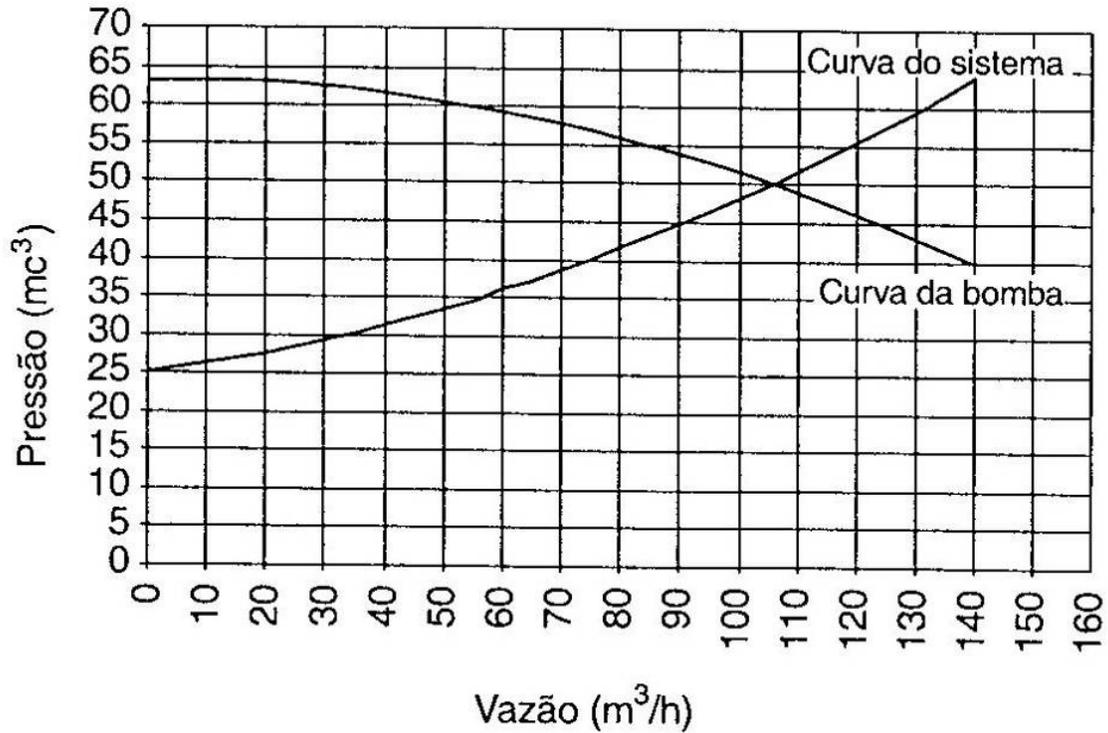


Figura 4.16 - Ponto de operação sistema bomba. Fonte: DUTRA, 2005.

A curva potência versus vazão representa a relação entre a vazão bombeada e a potência hidráulica absorvida pela bomba. Essa é a potência que o motor deve fornecer ao eixo da bomba - normalmente denominada BHP (*Brake Horse Power*). Não é a potência entregue pela concessionária de energia elétrica. Para se calcular a potência de entrada deve-se dividir a potência fornecida pelo catálogo do fabricante (BHP) pelo rendimento do motor e pelo fator de potência da instalação. A Figura 4.17 apresenta as curvas potência versus vazão para a bomba KSB-MEGANORM, modelo/tamanho 32-160, na rotação de 3500 rpm, com diâmetros do rotor na faixa de 138 a 176 mm.

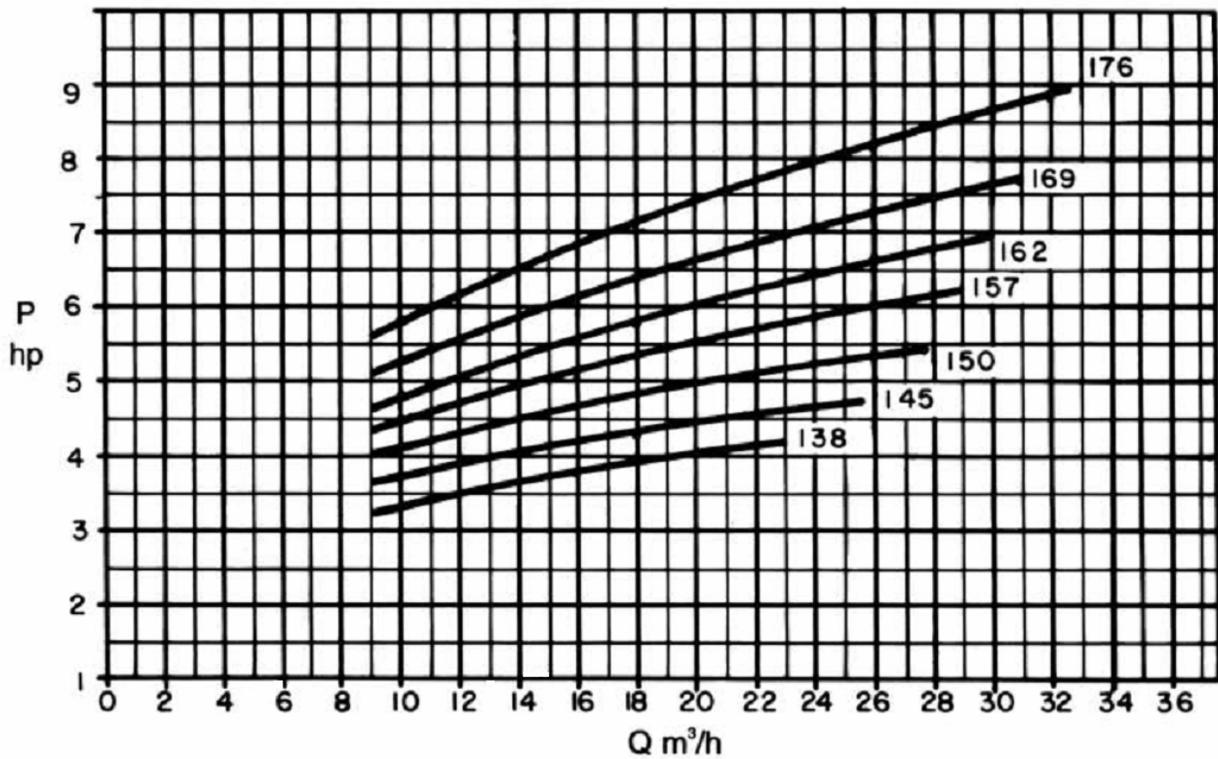


Figura 4.17 – Curvas potência versus vazão da bomba KSB MEGANORM; tamanho: 32-160; 3500 rpm. Fonte: Manual de Curvas Características KSB, 2010.

A curva rendimento versus vazão é a curva que mostra a região onde ocorre o melhor rendimento para uma determinada bomba. Outra curva que caracteriza as bombas centrífugas é a que relaciona o NPSH (*Net Positive Suction Head*), ou carga requerida na entrada do rotor, com a vazão. A Figura 4.18 mostra a curva rendimento versus vazão para uma determinada bomba; e a Figura 4.19 apresenta as curvas NPSH versus vazão para a bomba KSB-MEGANORM, modelo/tamanho 32-160, na rotação de 3500 rpm, com diâmetros do rotor na faixa de 136 a 176 mm.

**Rendimento (%) - Bomba KSB WKL 125  
Rotor 320 mm - 1750 RPM**

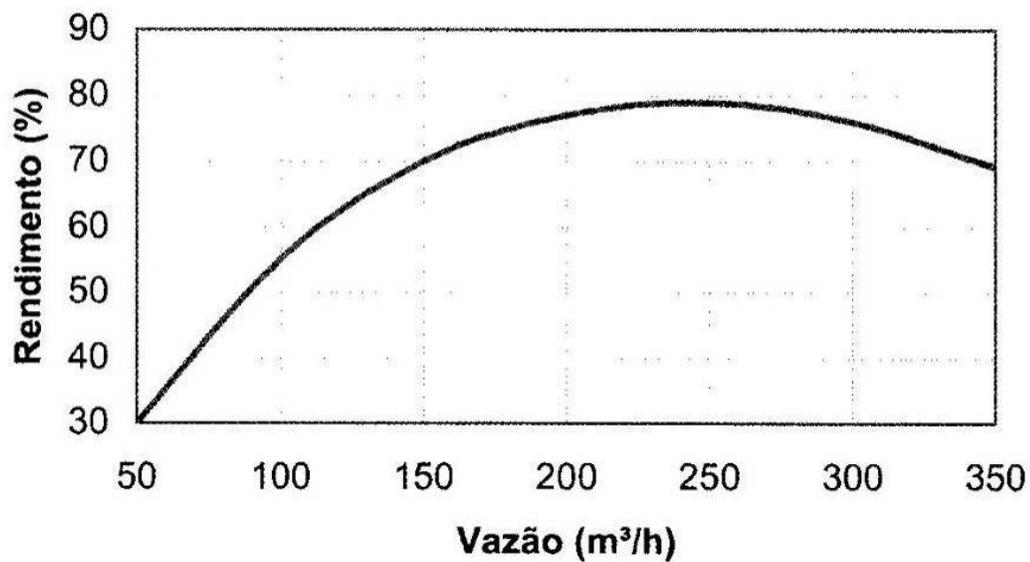


Figura 4.18 - Curva rendimento versus vazão. Fonte: Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005.

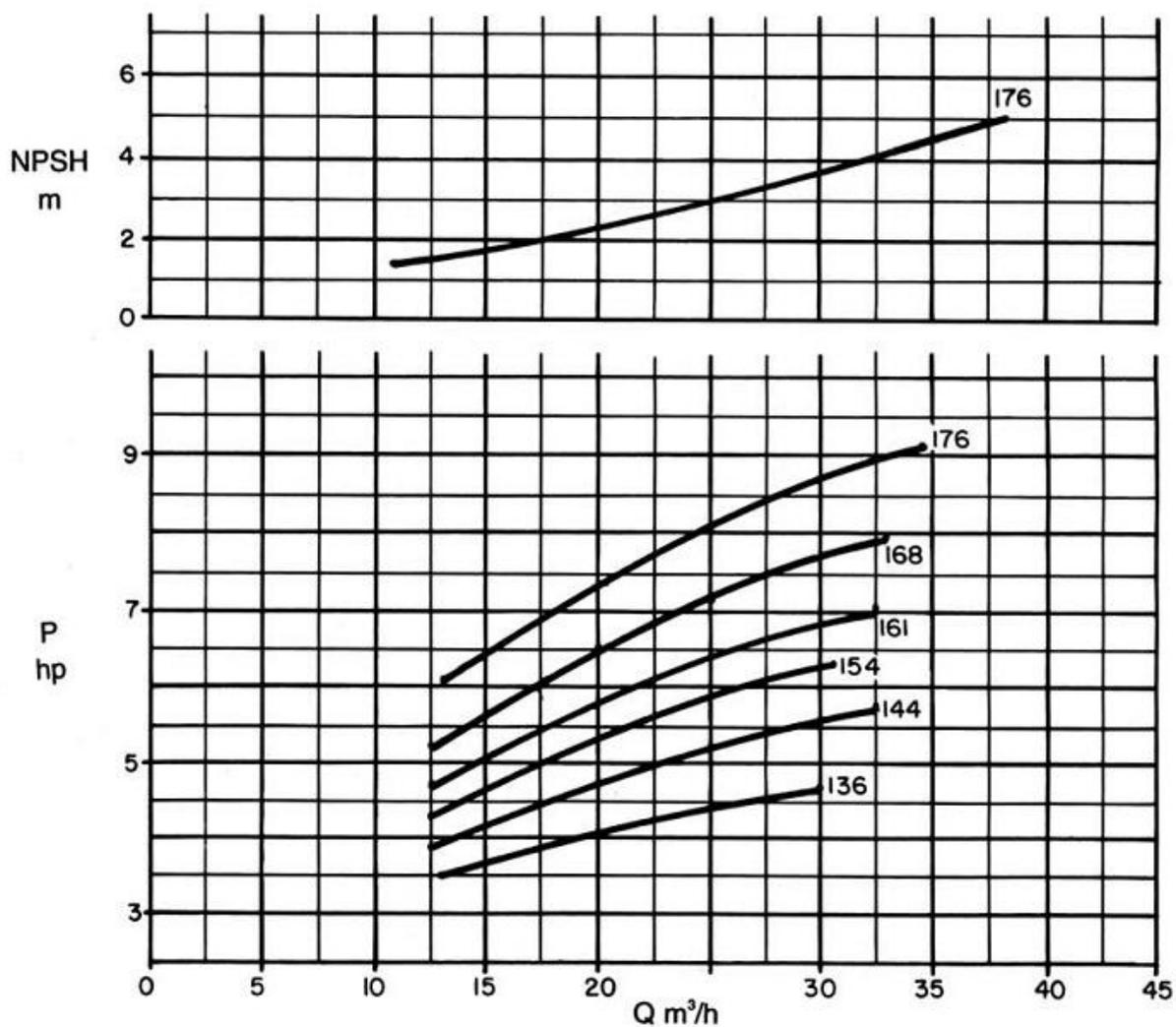


Figura 4.19 - Curvas NPSH e potência (HP) versus vazão da bomba KSB MEGANORM; tamanho 32-160; 3500 rpm. Fonte: Manual de Curvas Características KSB, 2010.

A potência consumida por um sistema de bombeamento de água pode ser escrita como:

$$P = \frac{(\gamma Q HMT)}{(\eta_b \eta_M)} \quad (4.15)$$

Onde:

P é a potência consumida em kW;

$\gamma$  é o peso específico, no caso da água vale 98.000 N/m<sup>3</sup>;

Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s;

HMT é a altura manométrica em metros de coluna de água ou mca;

$\eta_b$  é o rendimento da bomba e

$\eta_M$  é o rendimento do motor.

A altura manométrica HMT pode ser calculada por:

$$HMT = HG + hp + hL \quad (4.16)$$

Onde:

HG é a altura estática (geométrica) em mca;

hp é a perda de carga distribuída em mca e

hL é a perda de carga localizada em mca.

A perda de carga distribuída pode ser calculada através da expressão de Hazen-Willians:

$$hp = \frac{(10,65 Q^{1,852} L)}{(C^{1,852} D^{4,87})} \quad (4.17)$$

Onde:

Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s;

L é o comprimento da tubulação em m;

D é o diâmetro em m<sup>2</sup> e

C representa o estado de conservação das paredes interna da tubulação - consulte a tabela com alguns valores de C no anexo C.

A perda de carga distribuída também pode ser calculada pela fórmula universal:

$$hp = f \frac{LV^2}{D 2g} \quad (4.18)$$

Onde:

f é o fator de atrito;

L é o comprimento da tubulação em m;

V é velocidade do fluido em m/s;

D é o diâmetro em m<sup>2</sup>;

g é a aceleração da gravidade em m/s<sup>2</sup>.

O fator de atrito pode ser calculado pela expressão de Swamee-Jain (PORTO, 2004):

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{\text{Re} y^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (4.19)$$

Onde:

$\varepsilon$  é a rugosidade em mm;

$D$  é o diâmetro em m<sup>2</sup> e

$\text{Re} y$  é o número de Reynolds (variando de  $5 \cdot 10^3$  a  $10^8$ ).

A perda de carga localizada pode ser obtida por:

$$h_L = K \frac{(V^2)}{(2g)} \quad (4.20)$$

Onde:

$K$  é o coeficiente de perda de carga localizada - consulte a tabela com alguns valores de  $K$  no anexo C;

$V$  é a velocidade do fluido em m/s e

$g$  é a aceleração da gravidade em m/s<sup>2</sup>.

As Leis de Similaridade refletem a variação das características da bomba (vazão, altura manométrica e potência) quando outras grandezas variam (rotação, diâmetro do rotor, peso específico do líquido bombeado, viscosidade etc.). Para a aplicação em sistema de bombeamento podem-se modificar duas características: rotação do motor (através de inversores de frequência associados aos motores elétricos) e o diâmetro do rotor (pequenos ajustes no diâmetro com o objetivo de aumentar a eficiência do conjunto motobomba instalado). As principais relações são indicadas na Tabela 4.13 - o índice “1” indica as condições após a modificação do parâmetro.

Pela tabela se percebe que a potência consumida pela bomba varia com o cubo da rotação, afetando o rendimento do motor que aciona a bomba. Ou seja, quanto menor for a rotação, menor

será a potência no eixo da bomba e menor será a potência de entrada do motor. Uma redução de 10% na velocidade da bomba acarreta uma diminuição de 27% na potência consumida.

Tabela 4.13 - Leis de Similaridade

<b>Variação com a rotação</b>	
Vazão	$Q_1 = (n_1 / n) Q$
Altura manométrica	$H_1 = (n_1 / n)^2 H$
Potência	$P_1 = (n_1 / n)^3 P$
<b>Variação com o diâmetro do rotor</b>	
Vazão	$Q_1 = (d_1 / d) Q$
Altura manométrica	$H_1 = (d_1 / d)^2 H$
Potência	$P_1 = (d_1 / d)^3 P$

#### 4.11.2 Economia de energia

Entre os fatores que interferem no custo da energia elétrica em sistemas de bombeamento, podem-se destacar: a ultrapassagem da demanda contratada, o baixo fator de potência, o consumo elevado em horários de ponta, equipamentos obsoletos e o baixo rendimento das instalações de bombeamento, ocasionando um maior consumo de energia elétrica.

Um das formas de se reduzir esse custo é utilizar instalações adequadas do ponto de vista hidráulico, ou seja (Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005):

- Utilizar tubulações com diâmetros bem dimensionados;
- Manter a tubulação em bom estado de conservação quanto à rugosidade interna (coeficiente "C" alto ou coeficiente "f" baixo);
- Trabalhar com arranjos de concepção de projeto e de operação que levem em consideração a melhor setorização das zonas de pressão, evitando-se o desperdício com altas pressões na rede, que em última análise acarretam em ineficiência energética;

- Variar a velocidade dos motores elétricos de modo a adequar o ponto de funcionamento da bomba ao seu máximo rendimento, conforme a demanda varie (procedimento mais usual em abastecimento em marcha) e
- Escolher o conjunto motobomba com melhor rendimento para o ponto de trabalho desejado.

A segunda alternativa consiste em evitar ou se reduzir o consumo energético nas horas de ponta, possibilitando à concessionária de energia elétrica um melhor equilíbrio do sistema, na medida em que elas incentivam esse procedimento por intermédio de sua estrutura tarifária diferenciada.

Em qualquer caso, a eficiência energética está vinculada à potência dos motores elétricos. Conforme apresentado a potência elétrica é dada pela equação 4.15. As variáveis - rendimento da bomba e do motor, influem de forma inversamente proporcional, enquanto as demais - peso específico, vazão bombeada e altura manométrica total, afetam diretamente na potência elétrica.

#### *4.11.2.1 Rendimento da bomba*

Os catálogos dos fabricantes de bombas apresentam seus produtos com as respectivas curvas de rendimento associadas às curvas de performance, facilitando a escolha do equipamento com o melhor rendimento total da bomba em função da curva do sistema. A Figura 4.20 apresenta a seleção de uma determinada bomba para trabalhar no ponto de vazão igual a  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  e com uma altura de 42 mca. Nesse ponto o rendimento será de aproximadamente 70%. Pode-se escolher outra bomba - com outra curva de rendimento - para trabalhar no mesmo ponto, mas com um rendimento maior.

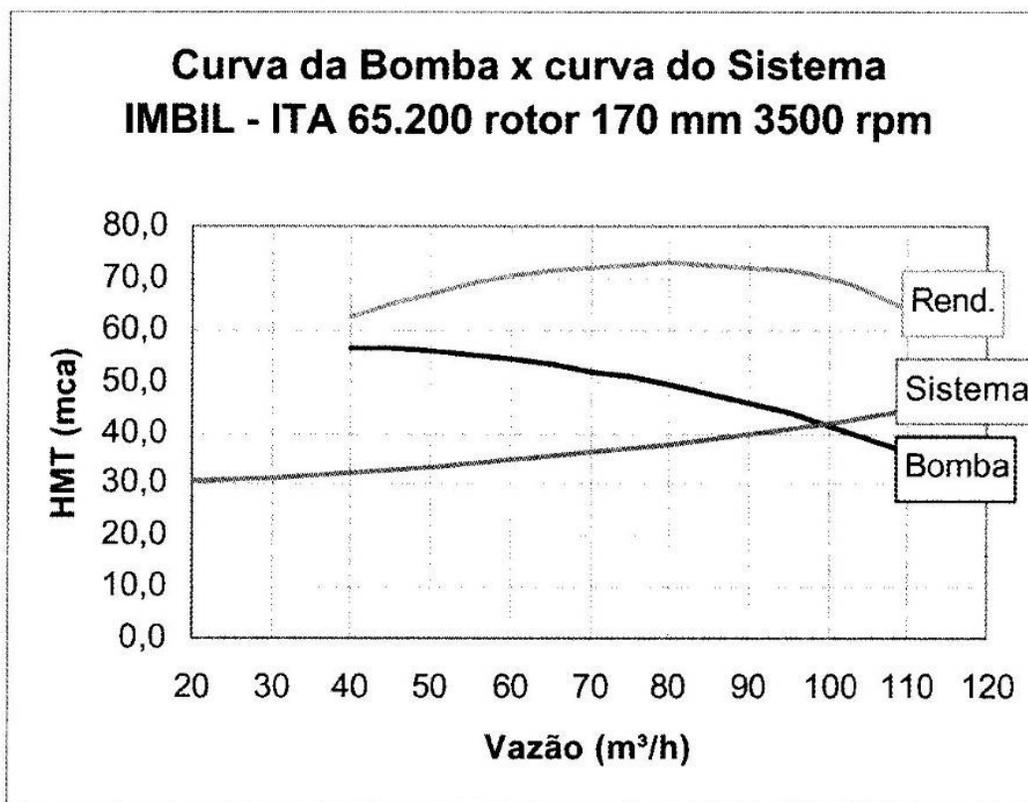


Figura 4.20 - Curva da bomba versus curva do sistema. Fonte: Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005.

#### 4.11.2.2 Rendimento do motor

Outra forma de diminuir a potência instalada é utilizar motores de alto rendimento. Normalmente esses motores são mais caros que os motores do tipo padrão, mas dependendo do tempo de funcionamento diário ao longo sua vida útil, pode compensar o investimento. Atualmente estão disponíveis motores de indução de alto rendimento para potências de 1 a 250 CV e os principais fabricantes são: WEG, Kohlbach-Siemens e Eberle.

#### 4.11.2.3 Peso específico

Segundo o relatório técnico Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento (2005) a variação do peso específico da água tratada em relação à água bruta é irrelevante, logo não existem diferenças significativas do ponto de vista da economia da energia.

“O que ocorre são desgastes nos rotores quando do bombeamento de água bruta, principalmente quando contêm muita quantidade de areia, sendo que neste caso deve-se optar por bombas especiais ou limitar a altura manométrica, bombeando água bruta somente para um ponto próximo à captação, uma caixa de areia, da qual a vazão total será recalçada para a estação de tratamento, na altura manométrica total. Assim, se o desgaste não for evitável escolhendo-se outro ponto para a captação, trabalha-se com bombas menores, reduzindo-se o custo de manutenção”, (Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005, p. 172).

#### *4.11.2.4 Vazão recalçada*

Como foi exposto, quando se reduz a vazão bombeada, reduz-se diretamente a potência requerida e conseqüentemente o consumo de energia. O relatório técnico destaca que durante o projeto de um sistema de bombeamento deve-se procurar a melhor setorização, a fim de se evitar bombeamentos desnecessários, além de minimizar as perdas reais, que são inerentes ao tipo de material utilizado, a qualidade construtiva e ao comportamento piezométrico do sistema.

#### *4.11.2.5 Altura Manométrica*

Para melhorar a eficiência energética a variável mais comum é a altura manométrica. Conforme explicado anteriormente a altura manométrica é composta por três parcelas, são: altura estática ou geométrica ( $H_G$ ), a perda de carga distribuída ( $h_p$ ) e a perda de carga localizada ( $h_L$ ). Pelas expressões 4.17 e 4.20 percebe-se a influência do diâmetro no valor das perdas de cargas localizadas e distribuídas.

Desse modo, em qualquer sistema de bombeamento deve-se estudar o arranjo mais econômico, pois para um diâmetro menor - menor custo, corresponde uma perda de carga maior, uma bomba de maior custo e um custo operacional maior. Se for adotado um diâmetro maior, menores serão as perdas de carga, o custo do conjunto motobomba e o consumo de energia elétrica - que deverá compensar o maior custo da tubulação (Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005).

Com relação a rugosidade interna, ou o estado de conservação da tubulação de recalque, a expressão algébrica que determina sua influência na perda de carga distribuída é dada por:

$$A = \frac{1}{C^{1,852}} \quad (4.21)$$

Onde C representa o estado de conservação das paredes interna da tubulação. Podem-se separar os tubos em metálicos e não-metálicos. Os primeiros (aço, aço galvanizado e ferro fundido) são utilizados quando se trabalha com pressões maiores. Normalmente, os tubos de aço não têm revestimento interno; enquanto que as tubulações de ferro fundido são cimentadas internamente. As tubulações não-metálicas não têm qualquer revestimento e possuem um valor de “C” bastante elevado, da ordem de 140 para o PVC. Consulte a tabela com alguns valores de C no anexo C.

#### 4.11.2.6 Velocidade (Rotação da bomba)

Ainda segundo o relatório técnico nos bombeamentos em marcha, o ponto de funcionamento da bomba varia ao longo da sua curva característica. Na medida em que a rotação da bomba varia, surge uma série de curvas que relacionam a pressão com a vazão do sistema. Por exemplo, na Figura 4.21 está representado a curva vazão versus pressão para dois sistemas diferentes (identificados como Curvas dos sistemas I e II) e duas curvas da bomba (curvas da bomba I e II). A curva do sistema II intercepta as curvas da bomba nos pontos “C” e “A”, sendo que o ponto “A” possui uma vazão ( $Q_1$ ) maior do que o ponto “C” ( $Q_2$ ). Isso ocorre porque a curva da bomba I possui uma rotação maior do que a curva II.

A eficiência energética pode ser atingida mantendo-se o rendimento da bomba o mais próximo possível do PMR (Ponto de Máximo Rendimento), variando a curva de performance da bomba por meio da variação da sua rotação, através de um inversor de frequência, para compensar a variação da curva do sistema. As equações da Lei de Similaridade - indicadas na Tabela 4.13 - podem ser utilizadas para obter os valores de vazão, altura manométrica e potência.

Em um sistema de abastecimento com curva variável, deve-se compensar a variação do ponto de funcionamento com a variação da curva da bomba, de tal modo que esse ponto seja o mais próximo possível do PMR da bomba. Por exemplo, inicialmente a curva do sistema, que

está representada pela curva II, intercepta a curva da bomba II no ponto “C” - veja figura 4.21. Se a curva do sistema passar para a curva I, o novo ponto de operação será em uma vazão menor do que  $Q_2$ . Para se manter a mesma vazão, deve-se aumentar a rotação da bomba, ou seja, a curva da bomba deve passar de II para I; o novo ponto de operação será “B”. Perceba que a pressão passou do ponto  $H_3$  para  $H_2$ .

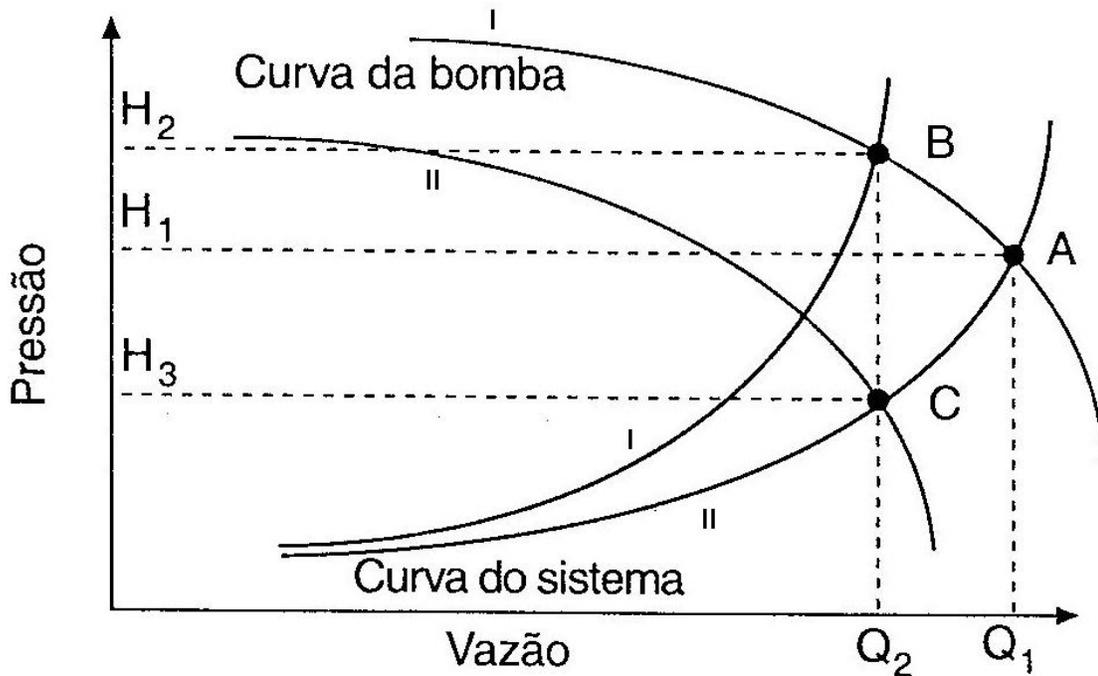


Figura 4.21 - Curvas vazão versus pressão. Fonte: DUTRA, 2005.

O uso de inversores de frequência (variadores de velocidade) é uma realidade em algumas empresas de saneamento básico e abastecimento de água, apesar do seu alto preço. Outro custo inerente dessa tecnologia refere-se à mão de obra especializada. Somente um estudo econômico comparativo entre as diversas alternativas indicará a melhor solução.

#### 4.11.2.7 Deslocamento da carga para fora das horas de pico

O deslocamento da carga para fora das horas de pico é uma medida que não reduz o consumo de energia total, mas evita esse consumo nas horas de maior demanda energética. Normalmente as concessionárias de energia elétrica oferecem tarifas menores para contratos de

fornecimento firmados com essa característica. Deve ser observado que para se efetuar uma paralização das elevatórias na hora de pico pode ser necessário realizar um investimento no aumento da capacidade de reserva de um determinado sistema de abastecimento de água.

#### *4.11.3 Exemplo de aplicação - Projeto Santana - Eficiência Energética no Saneamento Básico Sabesp*

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) é uma empresa de economia mista e capital aberto que tem como principal acionista o Governo do Estado de São Paulo. A empresa atua como concessionária de serviços sanitários em 368 municípios, tendo 5,3 milhões de ligações de água, o que corresponde ao atendimento de 25 milhões de pessoas. Produz 90 mil litros por segundo de água tratada, sendo responsável por cerca de 2% do consumo de energia elétrica do Estado - o que correspondeu a R\$ 323 milhões em 2003 (PROCEL - Casos de Sucesso Número 6, 2005).

O processo de captação e distribuição da água está descrita a seguir. A primeira etapa ocorre na captação ou retirada da água dos mananciais (rios, represas, poços, etc.) e envio às Estações de Tratamento de Água (ETA's). Nas ETA's a água bruta passa por diversos processos de tratamento. Após, a água é armazenada em reservatórios de distribuição e em reservatórios de bairros espalhados em diversas regiões das cidades. Desses reservatórios a água vai para as tubulações, que formam as redes de distribuição da SABESP.

Entre as ações que compõem o Programa de Eficiência Energética da SABESP destacam-se as adotadas no Projeto Santana, cuja configuração inicial é apresentada na Figura 4.22. Após passar pelo processo de tratamento na ETA Guaraú, a água é levada até as zonas alta e baixa, sendo armazenada nos respectivos reservatórios e, em seguida, distribuída. A pressão de entrada na válvula telecomandada para as zonas alta e baixa era de 25 mca.

A zona baixa demanda uma pressão de 5 mca, para que a água chegue até o seu reservatório. Por sua vez, a zona alta necessita de uma pressão de 45 mca. Logo a água passa por uma Estação Elevatória composta por 5 conjuntos motobombas (2 de 200 CV e 3 de 100 CV

sendo 1 bomba de reserva), que irão bombeá-la até o reservatório da zona alta (RI) e, a partir daí, ela será distribuída para os bairros, por gravidade (PROCEL - Casos de Sucesso Número 6, 2005).

Para abastecer a zona alta, a Estação Elevatória operava com a pressão de sucção de 5 mca (do reservatório R2, de 16.000 m<sup>3</sup>) e de recalque de 45 mca apresentando, portanto, um diferencial de 40 mca. Devido à interferência de uma obra foi necessário transferir a tubulação de alimentação da sucção das bombas do reservatório R2 para a adutora Guaraú - Moóca. Para compatibilizar a pressão da adutora (25 mca) à pressão de operação das bombas (5 mca) foi necessário instalar uma câmara de expansão, conforme mostrado na figura 4.22.

O Projeto teve um custo total de R\$ 1.000.000,00 e foi viabilizado com a alocação simultânea de recursos previstos no Convênio, de responsabilidade da concessionária, de R\$ 620.000,00 e de recursos próprios da SABESP, de R\$ 380.000,00. Nesse contexto, o Convênio prevê que os investimentos feitos pela concessionária de energia devem ser amortizados com uma remuneração correspondente a 80% da economia mensal de energia elétrica obtida.

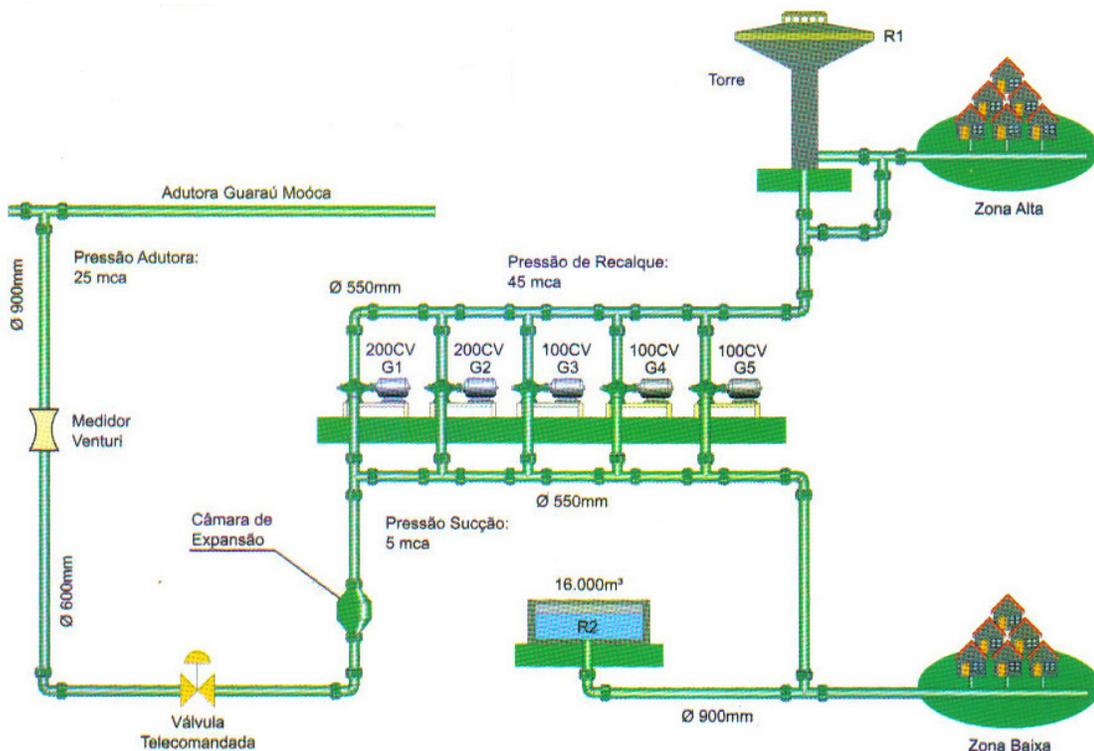


Figura 4.22 - Situação anterior à implementação do Projeto de Eficiência Energética de Santana.  
 Fonte: Procel - Casos de Sucesso Número 6, 2005.

O critério de apuração dos resultados está baseado no acompanhamento dos valores de demanda e consumo nas faturas de energia e no volume de água bombeado pela instalação. Essa apuração é realizada conjuntamente pela SABESP e pela Bandeirante (concessionária de energia elétrica) e, caso os resultados superem ou fiquem aquém do previsto, o prazo de amortização do investimento é ajustado (PROCEL - Casos de Sucesso Número 6, 2005).

As alterações previstas no projeto foram colocadas em prática entre os anos 2003 e 2004 com a implementação de diversas ações, visando à otimização do abastecimento de água e a eficiência energética. Foram definidas diversas modificações tanto na configuração do sistema quanto na sua composição, especialmente em relação aos conjuntos motobombas. Entre elas destacam-se:

- Separação das derivações que abastecem as Zonas Alta e Baixa, com a instalação de macromedição individualizada;

- Substituição de todos os conjuntos motobombas existentes por novos conjuntos acionados por motores de alto rendimento, de acordo com o Programa Brasileiro de Etiquetagem e Selo PROCEL de Eficiência Energética;
- Instalação de inversor de frequência para controle de velocidade em apenas um dos novos conjuntos motobombas;
- Instalação do sistema de automação local com controle por pressão da rede de distribuição e monitoramento remoto no CCO (Centro de Controle Operacional) para otimização da operação;
- Desligamento de um conjunto motobomba no horário de ponta.

Essas modificações são mostradas na Figura 4.23. Com a separação das derivações para a zona alta da zona baixa (mostrada em vermelho na figura), os conjuntos motobombas passaram a ser alimentados com água a uma pressão mais elevada, de 25 mca.

Como consequência, o esforço dos conjuntos motobombas se resumiu à elevação da pressão de 25 mca (da rede que vem da ETA Guaraú) para 45 mca, ou seja, um diferencial de 20 mca, enquanto na situação anterior esse diferencial era de cerca de 40 mca. Além disso, o conversor de frequência instalado em um único conjunto motobomba permite, através da rotação variável, fornecer apenas a pressão necessária ao abastecimento de água (em especial na madrugada), monitorada por sensores de pressão, enquanto os demais conjuntos são mantidos com rotação fixa.

Foi instalado, também, um painel de comando contendo um Controlador Lógico Programável (CLP), que monitora e comanda a lógica de operação. Essa configuração permitiu, além da economia de energia, a redução das perdas por vazamentos de água.

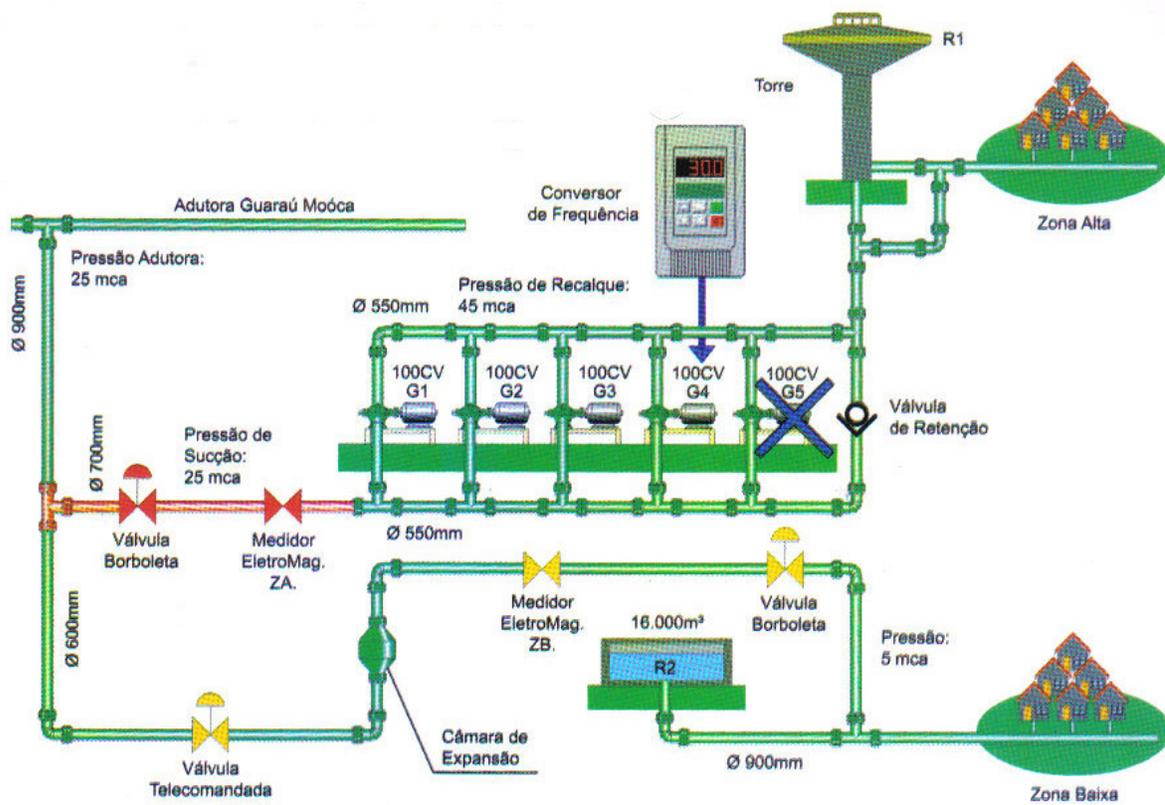


Figura 4.23 - Situação atual após a implementação do Projeto de Eficiência Energética de Santana. Fonte: Procel - Casos de Sucesso Número 6, 2005.

A partir das ações de eficiência energética implementadas foi possível a obtenção de uma significativa redução da demanda e do consumo de energia elétrica, que proporcionaram uma economia mensal de R\$ 28.600,00. Na tabela 4.14 é apresentada uma comparação entre as duas situações - veja o resumo das ações adotadas.

Como previsto no Convênio, a SABESP amortiza o investimento de R\$ 620.000,00, feito pela Concessionária Bandeirante, em 27 parcelas mensais de R\$ 22.880,00, equivalente a 80% da economia de energia elétrica apurada. Considerando-se apenas a economia de energia e uma vida útil do conjunto de 15 anos, o VPL do projeto é de R\$ 836.085,00, com TIR de 28,2% ao ano (PROCEL - Casos de Sucesso Número 6, 2005).

Tabela 4.14 - Resumo das ações - Projeto Santana

<b>Item</b>	<b>Situação anterior</b>	<b>Situação posterior</b>
Conjuntos motobombas	2 bombas de 200 CV e 3 bombas de 100 CV (1 reserva).	4 bombas de 100 CV (1 reserva) com inversor de frequência.
Potência nominal (cv)	600	300
Tempo médio de operação dos conjuntos (h/mês)	2.200	1.500
Consumo médio de energia elétrica (MWh/mês)	236	107
Volume médio de água do setor (m <sup>3</sup> /mês)	2.370.843	1.883.663

Fonte: Procel - Casos de Sucesso Número 6, 2005.

Os benefícios obtidos pela reforma do sistema da Estação Elevatória de Água não se restringiram apenas à redução das despesas com energia. A redução das perdas reais de água também foi significativa, devido à operação do inversor de frequência, rebaixando o plano piezométrico noturno em 18 mca na rede de distribuição da zona alta e a intensificação do programa de detecção de vazamentos no setor.

Como consequência das ações adotadas, o volume médio de água do setor Santana foi reduzido em 487.180 m<sup>3</sup>/mês (comparando-se os volumes de maio, junho e julho de 2003 e 2004), representando uma recuperação (redução de vazamentos) de R\$ 146.154,00 por mês. Considerando-se, apenas os ganhos com a recuperação da água, a TIR do projeto passa a 221,33% ao ano, com VPL de R\$ 3.580.331,00 e o tempo de retorno (*pay-back*) de 12 meses (PROCEL - Casos de Sucesso Número 6, 2005).

Do ponto de vista da concessionária de energia, o maior benefício refere-se à redução da demanda no horário de ponta. Esses projetos também contribuem com a redução dos custos dos serviços públicos essenciais de saneamento básico, possibilitando o aumento da confiabilidade e a atualização tecnológica do sistema de abastecimento de água.

#### **4.12 PROCEL SANEAR**

Em 2003, a Eletrobras criou o Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental (PROCEL SANEAR), que atua conjuntamente com o Programa Nacional de Combate

ao Desperdício de Água (PNCDA) e o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). Os objetivos do programa são (MENEZES *et al.* 2007) ([www.eletronbras.com/procel](http://www.eletronbras.com/procel)):

- Promover ações que visem ao uso eficiente de energia elétrica e água em sistemas de saneamento ambiental, incluindo os consumidores, segundo uma visão integrada de utilização desses recursos;
- Incentivar o uso eficiente dos recursos hídricos, como estratégia de prevenção à escassez de água destinada à geração hidroelétrica;
- Contribuir para a universalização dos serviços de saneamento ambiental, com menores custos para a sociedade e benefícios adicionais nas áreas de saúde e de meio ambiente.

MENEZES *et al.* (2007), com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), afirmam que cerca de 3% do consumo total de energia elétrica no Brasil são usados no abastecimento de água e esgotamento sanitário. Afirmam também que esse consumo de energia poderia ser reduzido em 20% com a utilização de tecnologias mais eficientes.

Em novembro de 2003, o PROCEL SANEAR lançou o Processo de Chamada Pública de Projetos de Conservação e Uso Racional de Energia e Água no Setor de Saneamento Ambiental. Foram selecionadas 12 empresas, com destaque para: Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo/RS (COMUSA), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

A Tabela 4.15 apresenta um resumo dos projetos aprovados. Estão indicados os principais problemas, ações de melhorias, resultados ou energia economizada e os investimentos realizados. Pela leitura da tabela, nota-se que a EMBASA apresentou o maior valor de energia economizada por ano, ou seja, 4.083 MWh – o projeto tinha como meta 1.139 MWh, devido em parte pela substituição de válvulas de retenção e de registros que não propiciavam estanqueidades satisfatórias. Segundo o relatório PROCEL – Casos de Sucesso – EMBASA (2009):

“Em média, considerando as intervenções elétricas e hidráulicas, foi obtido uma economia de 29% no indicador kWh/m<sup>3</sup> de água bombeada. Cerca de 50% desta economia deve-se à troca de motores e os demais 50% à troca de válvulas e *refrofit* das bombas”.

A última linha da Tabela 4.15 mostra um resumo dos problemas identificados e das ações de correção nos quatro projetos. Apresenta também o total de energia economizada por ano (4.870,4 MWh) e os investimentos realizados (R\$ 3.132.215,72). A Eletrobras arca com quase a totalidade dos investimentos - exceto o projeto da SABESP. Em comum, os projetos possuem diversos equipamentos antigos (motores, conjuntos motobombas, válvulas, registros etc.), instalações hidráulicas inadequadas e, na maioria dos casos, perdas de água. As soluções em comum são: substituição de motores antigos por motores de alto rendimento, instalação de inversores de frequência e ajustes nas instalações hidráulicas.

Tabela 4.15 – Resultados parciais do PROCEL SANEAR.

<b>Projeto</b>	<b>Principais problemas</b>	<b>Ações</b>	<b>Energia Economizada (MWh/ano)</b>	<b>Investimentos (R\$)</b>
COMUSA	Operação diária com picos desnecessários de pressão e vazão nas redes.	Instalação de inversores de frequência e <i>soft-starter</i> nos conjuntos motobombas possibilitando trabalho constante e vazão controlada.	439,4	721.050 <sup>(a)</sup> (sendo 78% dos recursos da Eletrobras e 22% da COMUSA).
SABESP	Quatro estações elevatórias com motores e quadros de comando antigos.	- Recuperação de redes de distribuição; - Redução de pressão entre zonas alta e baixa; - Substituição de motores com mais de 20 anos de uso; - Instalação de inversores de frequência.	202	1.305.440,00 (sendo 54% da Eletrobras).
COPASA	- Intermitência, extravasamentos de reservatórios; - Perdas de água;	- Instalação do sistema de telemetria, controle e supervisão; - Redução das perdas de água (foram localizados 35 vazamentos em 30 quilômetros de rede).	146	225.853,93 (sendo 73% da Eletrobras).
EMBASA	- Válvulas de retenção e de interligação não propiciavam estanqueidade; - Motores antigos.	- Recuperação de 3 bombas; - Substituição de 3 motores antigos por motores de alto rendimento; - Troca de 3 válvulas de retenção; - Troca de 5 registros de gaveta.	4.083	879.871,79 (sendo 80 % da Eletrobras).
<b>Resumo/ Total</b>	- Equipamentos antigos; - Perdas de água; - Operações ou instalações hidráulicamente inadequadas.	- Instalação de motores de alto rendimento, inversores de frequência, <i>soft-starter</i> ; - Substituição de equipamentos antigos (válvulas, registros, tubulações etc.).	4.870,4	3.132.215,72

Fonte: Elaborado com dados de PROCEL – Casos de Sucesso – SABESP, COPASA, EMBASA, 2009 e MENEZES *et al.*, 2007.

(a) Foi utilizado o valor de US\$ 1 = R\$ 1,65 de 14/03/2011.

Os benefícios financeiros dos projetos são calculados de duas maneiras: a primeira, sob a óptica privativa do prestador de serviços; a segunda sob a óptica do sistema elétrico ou da sociedade. O montante de benefício anual com os projetos não remunera o investimento, considerando uma vida útil média de 10 anos. Entretanto, “para sistemas de abastecimento de água, esta metodologia resente-se da falta de apropriação de benefícios para a sociedade ocorrida pela redução das perdas de água – que implicam também em custos evitados para sociedade” (PROCEL – Casos de Sucesso – SABESP, COPASA, EMBASA, 2009). Além disso, outros benefícios podem ser destacados: apresentação e discussão dos conceitos de eficiência energética pelos diversos atores do projeto (engenheiros, técnicos, administradores e fornecedores de equipamentos), contato com novas tecnologias (inversores de frequência, *soft-starter*, Controladores Lógicos Programáveis), etc.

## **5. POLÍTICA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**

### **5.1 Introdução**

Na década de 1980, o Brasil apresentou um quadro de estagnação econômica, demonstrado pela baixa evolução dos níveis de produção e modernização do parque industrial. A indústria brasileira “chegou ao fim da década de 1980 muito defasada quanto a tecnologias de processo e de produto e, particularmente, de organização da produção” (KUPFER, 2004).

Em 1995 a balança comercial brasileira entra em déficit devido principalmente à valorização do Real que acarretou uma grande concorrência com os produtos importados. No final de 1998, inicia-se uma nova fase recessiva e várias desvalorizações cambiais. Somente em 2003 a balança comercial voltou a apresentar saldo positivo devido ao aumento das cotações das *commodities* nos novos mercados da Ásia (MARIOTONI *et al.*, 2007).

A Tabela 5.1 apresenta a evolução da taxa de investimento total (FBCF – Formação Bruta de Capital Fixo) em porcentagem do PIB para o período de 2000 a 2009. Percebe-se que houve uma redução significativa no ano de 2003, voltando a crescer a partir de 2006.

Tabela 5.1 – Taxa de investimento (FBCF/PIB)

Ano	Público	Privado	Total
2000	2,51	14,29	16,8
2001	2,74	14,26	17,0
2002	3,35	13,05	16,4
2003	2,64	12,66	15,3
2004	2,65	13,45	16,1
2005	2,68	13,22	15,9
2006	2,96	13,44	16,4
2007	2,93	14,47	17,4
2008	3,71	14,99	18,7
2009	4,38	12,32	16,7

Fonte: Elaborado com dados de IPEA – Conjuntura em Foco, 2010.

A Tabela 5.2 mostra a participação da indústria de transformação no PIB para o Brasil, as Economias Desenvolvidas e em Desenvolvimento entre 2000 e 2006. Percebe-se que a participação da indústria brasileira é próxima das economias desenvolvidas – em torno de 17%, sendo que a renda per capita dos países desenvolvidos é superior ao do Brasil. A tabela apresenta também a taxa de investimento industrial estimada. Essa taxa foi calculada multiplicando a taxa de investimento privado (Tabela 5.1) pela porcentagem da participação da indústria de transformação no PIB. Por exemplo, a taxa do ano 2000 foi calculada da seguinte forma:  $(14,29) \cdot (0,172)$  ou 2,46%.

Tabela 5.2 – Participação da Indústria de Transformação no PIB (em %) e taxa de investimento industrial

Ano	Economias Desenvolvidas	Brasil	Economias em Desenvolvimento	Taxa de investimento industrial (% PIB) <sup>(a)</sup>
2000	18,2	17,2	22,8	2,46
2001	17,1	17,1	22,7	2,44
2002	16,6	16,9	23,1	2,21
2003	16,4	18	23,4	2,28
2004	16,2	19,2	23,7	2,58
2005	16	18,1	23,7	2,39
2006	16,1	18,3	23,6	2,46

Fonte: IEDI – A Evolução da Estrutura Industrial, 2008. <sup>(a)</sup> Estimativa.

## **5.2 Importação de matéria-prima**

CHIARA (2006) afirma que as importações de produtos que passam por algum processo de industrialização cresceram no primeiro semestre de 2006 “a um ritmo quase nove vezes superior ao da produção desses mesmos itens localmente”. De janeiro a junho, as compras externas da indústria de transformação aumentaram em média 20,2% em comparação ao mesmo período de 2005. Ela aponta que a produção industrial nacional cresceu apenas 2,3%, segundo estudo da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp). Esse estudo mostra que os segmentos mais críticos foram os de vestiário, artigos de couro e calçados, produtos de madeira, metalurgia, produtos de metal e máquinas e equipamentos.

CHIARA cita a Bosch como exemplo. A empresa trouxe da China peças de aço usinadas ou estampadas. “O diretor de compras e logística da Bosch, Gerson Sini, confirma a substituição de itens nacionais pelos importados. Neste ano, do total de compras da empresa, estimado em R\$ 1,2 bilhão, 40% são de itens importados. Em 2005, essa participação foi de 30 %”.

## **5.3 Importação de bens duráveis**

De acordo com LANDIM (2006) a valorização do real provocou uma substituição de bens de consumo duráveis nacionais por importados. A quantidade importada de bens duráveis cresceu 74% nos 12 meses acumulados até setembro de 2006 em relação a igual período do ano anterior; enquanto que a quantidade exportada pelo país desses produtos caiu 6% no acumulado de 12 meses até setembro e 12% apenas no terceiro trimestre. Os dados são da Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior (Funcex). A Tabela 5.3 apresenta os dados dos volumes importados e exportados. São mostradas as razões entre a variação mensal (de outubro a setembro) e o acumulado até o terceiro trimestre nos anos de 2005 e 2006. Por exemplo, com relação aos bens de capital a variação entre outubro e setembro de 2006 pela variação no mesmo período em 2005 foi de 23,9% de quantidades importadas.

Tabela 5.3 - Evolução dos volumes importados e exportados - em %

	<b>Quantidades Importadas</b>		<b>Quantidades Exportadas</b>	
	Out-set 2006/ Out-set 2005	3 tri 2006/ 3 tri 2005	Out-set 2006/ Out-set 2005	3 tri 2006/ 3 tri 2005
Bens de capital	23,9	23,2	0,5	- 0,6
Bens intermediários	11,4	18,2	6,8	12,5
Bens de consumo duráveis	73,7	93,3	- 5,8	- 12,3
Bens de consumo não-duráveis	10,2	20,2	- 5,7	- 6,4
Combustíveis	- 6,5	2,1	23,9	7,9
<b>Total</b>	<b>11,2</b>	<b>18,1</b>	<b>4,1</b>	<b>6,6</b>

Fonte: Funcex e Valor Econômico, 2006.

## 5.4 Produção Industrial

SILVA (2006a) afirma que o “investimento e o câmbio vão continuar travando a indústria brasileira em 2007. O setor terá resultados pouco melhores em relação a este ano, mas nada muito significativo”. A Tabela 5.4 apresenta o desempenho anual, por segmento, e previsão para o ano de 2007.

Tabela 5.4 – Desempenho anual e previsão para o ano de 2007 - em %

<b>Tipo/Ano</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Indústria geral	2,7	0,1	8,3	3,1	3,1	3,2
Bens de capital	- 5,8	2,2	19,7	3,6	5,0	4,5
Bens Intermediários	4,2	2,0	7,4	0,9	2,3	2,8
Bens de consumo duráveis	4,7	3,0	22	11,4	7,0	4,5
Bens de consumo semi e não-duráveis	- 0,3	- 3,9	4,0	4,6	3,5	3,8

Fonte: adaptado de SILVA, 2006a.

O presidente da Confederação Nacional da Indústria (CNI), Armando Monteiro Neto, afirmou: “Para mim, 2006 foi decepcionante, pois prevíamos crescimento de 4% a 4,5% e vamos ficar abaixo disso” (SILVA, 2006a).

No segundo semestre de 2008, o mundo foi abatido pela crise financeira internacional, o que provou uma forte redução dos investimentos e conseqüentemente na produção industrial

mundial. Segundo o relatório Carta IEDI n. 345 (2009), a produção industrial brasileira retraiu 2,8% em outubro e 5,2% de outubro para novembro de 2008. “Essa foi a maior queda da atividade industrial desde maio de 1995. Somados, os resultados negativos da indústria em outubro e novembro representam um revés acumulado de quase 8%, o que corresponde a um recuo da atividade fabril para o nível equivalente a maio de 2007. Isso significa dizer que em apenas dois meses a indústria voltou atrás (*sic*) o equivalente a quase meio ano de crescimento”.

De acordo com o relatório Análise IEDI (2009a): “A atual crise industrial já é a mais grave dentre as crises que a indústria brasileira atravessou nas décadas de 1990 e 2000. Embora a crise nessa oportunidade se apresente por apenas três meses, já é a de maior intensidade comparada a todas as demais. A queda da produção industrial, considerando-se o ‘pico’ ou auge da expansão anterior, chega nesse caso a 19,8% em apenas um trimestre”.

A produção industrial de outubro de 2009 registrou queda de 3,2% na comparação com o mesmo mês de 2008. Em novembro, os indicadores setoriais do modelo de previsão da Produção Industrial Mensal (PIM) do IPEA (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas) apresentaram crescimento na comparação com o mesmo mês do ano anterior (IPEA, 2009).

Os indicadores do modelo são: fluxo de veículos pesados – calculado pela Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR) e pela Tendências Consultoria, expedição de papelão ondulado – da Associação Brasileira do Papelão Ondulado (ABPO), produção de autoveículos – da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea) e carga de energia – do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A Tabela 5.5 apresenta os indicadores.

Tabela 5.5 – Indicadores Contemporâneos da Produção Industrial (Variação em %).

<b>Produtos</b>	Nov. 2009 / Out. 2009	Nov. 2009 / Nov. 2008	Acumulado no ano	12 meses
Fluxo de veículos pesados	2,5	3,6	- 3,9	- 3,7
Papelão	1,1	13,4	- 1,9	- 2,1
Veículos	- 4,0	47,9	- 5,8	- 8,9
Carga de energia	5,4	6,2	- 1,7	- 1,9
Indicador Ipea	- 0,1	4,7	- 9,3	- 9,7

Fonte: IPEA, 2009.

Pela tabela percebem-se que os indicadores continuam negativos no acumulado no ano e no período de 12 meses, apesar de valores positivos na comparação entre novembro de 2009 e 2008. Vale ressaltar, com relação ao indicador Veículos, um aumento de 47,9% na comparação entre os novembros de 2009 e 2008. Isso ocorreu devido à redução do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) durante o ano de 2009 como forma de estímulo ao setor automobilístico. A Figura 5.1 mostra evolução da produção industrial mensal para o período de novembro de 2006 a novembro de 2009. A ordenada do lado esquerdo do gráfico apresenta a variação em relação ao mesmo mês do ano anterior e a ordenada do lado direito a série dessazonalizada. Há uma queda considerável entre setembro de 2008 (início da crise econômica) a janeiro de 2009 e uma lenta recuperação no ano de 2009. Por exemplo, a produção industrial passou de 9% em setembro de 2008 para - 17% em janeiro de 2009. Fica evidente que o ano de 2009 não favoreceu a venda de equipamentos e/ou a substituição de equipamentos eletroeletrônicos ou eletromecânicos, interrompendo os projetos de eficiência energética para o ano.

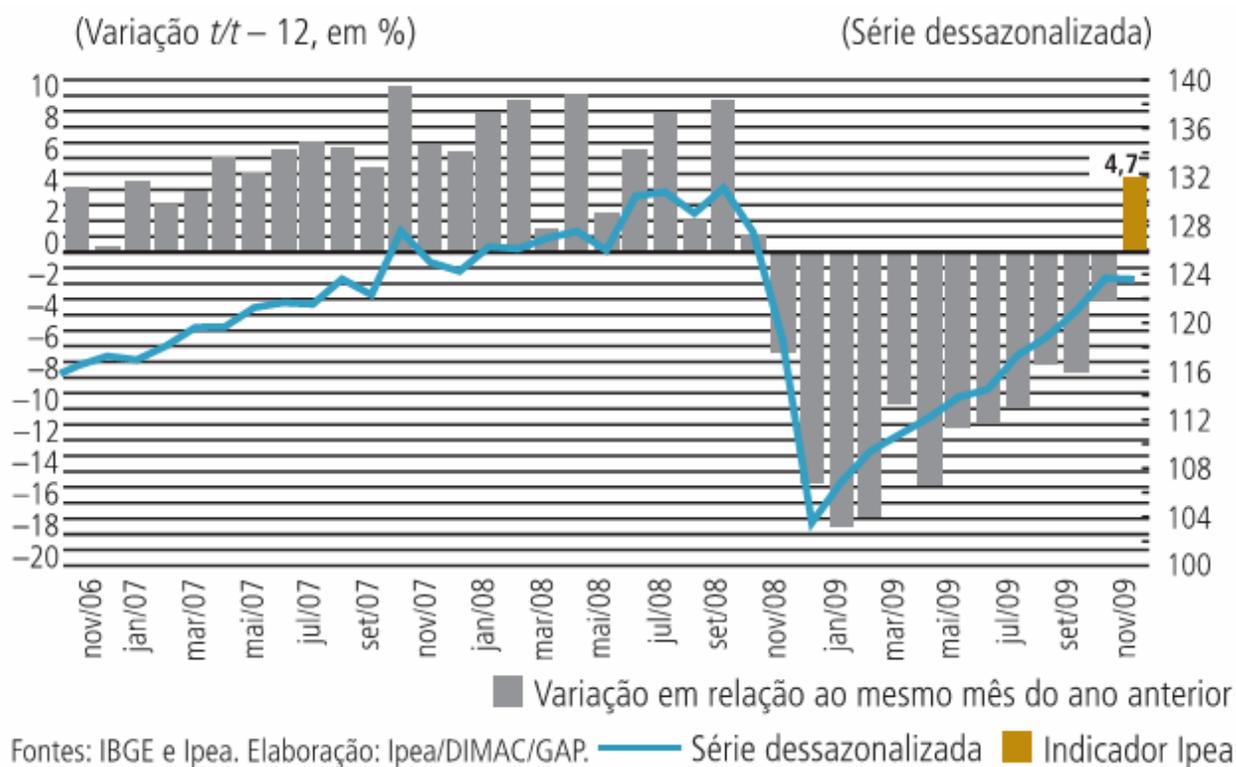


Figura 5.1 - Produção Industrial Mensal: série dessazonalizada e variação contra igual período do ano anterior. Fonte: IPEA, 2009.

## 5.5 Financiamento

Segundo CNI CEPAL (2001), as empresas industriais brasileiras continuam utilizando recursos próprios no financiamento de seus projetos de investimentos. No biênio 1998/99 os recursos próprios responderam por 70,7% em média dos recursos necessários aos projetos. No período 2000/02, as empresas pretendiam reduzir essa participação de 70,7% para 59,5%. As empresas esperavam aumentar a participação de recursos oriundos dos bancos oficiais dos 14,4% para 22,5% e de recursos externos de 4,3% para 6,2%. Os dados completos estão indicados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Fonte de Financiamento - em %

<b>Fonte</b>	<b>1998/99</b>	<b>2000/02</b>
Recursos próprios	70,7	59,5
Novos sócios:	1,2	1,1
bolsa	0,0	0,2
fundos de pensão	0,0	0,2
outros	1,2	0,7
Recursos de terceiros	28,1	39,4
bancos oficiais	14,4	22,5
bancos privados	6,8	6,8
externo	4,3	6,2
debêntures	0,6	0,6
outros	2,0	3,4

Fonte: CNI CEPAL, 2001.

De acordo com CNI CEPAL (2001), os requisitos de competitividade e as condições de mercado foram apontados como os principais fatores favoráveis à decisão de investir, independente do porte da empresa. Destacam-se a capacidade de competição no mercado interno e o progresso técnico no setor. Com relação às condições de mercado, os principais fatores indicados são o grau de ocupação da capacidade instalada, as perspectivas com relação às vendas domésticas e a evolução das vendas nos últimos anos. A Tabela 5.7 apresenta as principais categorias, fatores e indicadores da pesquisa.

Tabela 5.7 - Determinantes da Decisão de Investir

<b>Categorias</b>	<b>Fatores</b>	<b>Indicador</b>
Competição	Capacidade de competição no mercado interno	66,7
Mercado	Grau de ocupação da capacidade instalada na empresa	62,7
Competição	Progresso técnico no setor	61,5
Mercado	Perspectivas com relação às vendas domésticas	60,4
Mercado	Evolução das vendas nos últimos anos	59,9
Determinantes Macroeconômicos	Taxa de inflação atual	55,8
Custos	Mão-de-obra	54,7
Financiamento	Capacidade de autofinanciamento	54,6
Competição	Esgotamento da capacidade de aumentar produtividade por racionalização	52,2
Custos	Infra-estrutura	51,4
Financiamento	Grau de endividamento da empresa	50,6
Determinantes Macroeconômicos	Ritmo de crescimento da economia	50,1

Fonte: CNI CEPAL, 2001.

A situação quanto ao financiamento não mudou muito nos últimos anos. A Tabela 5.8 apresenta as origens dos recursos, segundo a natureza das instituições financeiras, para o financiamento da indústria no país. Em 1990, a parcela devido aos bancos públicos federais era de quase dois terços do saldo total das operações. No fim de 2005, essa participação reduziu-se a 37 %, com aumento da participação de bancos privados e recursos estrangeiros (CNI, 2006).

Tabela 5.8 – Origens dos recursos, segundo a natureza das instituições financeiras

<b>Ano</b>	<b>Privadas (%)</b>	<b>Públicas (%)</b>	<b>Estrangeiras (%)</b>
1990	65	27	8
2005	37	41	22

Fonte: CNI *apud* Banco Central do Brasil, 2006.

A Tabela 5.9 mostra o destino dos recursos, segundo a atividade econômica. Segundo CNI (2006) as mudanças trouxeram poucos benefícios ao setor industrial. “Embora o saldo das operações de crédito tenha crescido em relação ao PIB de 24,1%, em 1990, para 31,2%, ao final de 2005 a parcela destinada à Indústria que cresceu ao longo dos anos 90 retornou ao patamar próximo de 20%, ao final do ano passado”.

Tabela 5.9 – Destino dos recursos, segundo a atividade econômica

<b>Ano</b>	<b>Setor Público (%)</b>	<b>Indústria (%)</b>	<b>Habitação (%)</b>	<b>Rural (%)</b>	<b>Comércio (%)</b>	<b>Pessoas físicas (%)</b>	<b>Outros (%)</b>
1990	27,8	20,4	27,6	8,3	5,7	2	8,2
1995	14,9	23,8	19,8	9,6	13,0	6,8	12,0
2000	3,8	26,6	17,3	8,8	9,8	19,4	14,3
2005	3,4	22,9	4,8	10,9	10,6	31,1	16,3

Fonte: CNI *apud* Banco Central do Brasil, 2006.

## **5.6 Investimentos da Indústria Brasileira**

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), “o desaquecimento da atividade econômica em 2005 e o baixo otimismo com relação ao crescimento da demanda afetaram negativamente os planos de investimentos da indústria brasileira”. Os pesquisadores concluem: “apenas 30% das empresas realizaram os investimentos previstos para o 1º semestre de 2005 conforme planejado e as perspectivas para 2006 são muito modestas” (Sondagem Especial, 2005).

O relatório afirma que a baixa atividade econômica levou os empresários a uma avaliação desfavorável sobre a demanda para o ano de 2006. “Assim, as perspectivas de compras de máquinas e equipamentos para 2006 são muito modestas, quando comparadas com a avaliação feita pelos empresários na Sondagem do ano passado. Apenas 28,9% das empresas consultadas assinalaram aumento nas intenções de compras de máquinas e equipamentos em 2006”.

Para o ano de 2006, os principais objetivos dos investimentos foram o aumento da produção e a melhoria da qualidade dos produtos. Porém, os pesquisadores destacam que “em outubro de 2004, a demanda experimentava um período de forte expansão e o índice de utilização da capacidade instalada (UCI) da indústria encontrava-se bastante elevado. Em outubro de 2005, a percepção é de fraca expansão da demanda e o UCI, embora ainda elevado, encontra-se quatro pontos percentuais mais baixo”. A Tabela 5.10 apresenta os principais objetivos dos investimentos planejados para o ano de 2006 (Sondagem Especial, 2005).

O relatório conclui: “os investimentos para 2006 devem direcionar-se, ainda mais, para o mercado interno. Para 2006, 75,8% das pequenas e médias empresas e 45,6% das grandes empresas assinalaram que os investimentos planejados destinam-se, principalmente ou exclusivamente, ao mercado interno”.

Tabela 5.10 - Principais objetivos dos investimentos planejados para 2006 - em %

	Pequenas e Médias empresas		Grandes empresas	
	2004	2005	2004	2005
<b>Aumentar a produção</b>	56,7	44	61,8	49,2
<b>Melhorar a qualidade dos produtos</b>	41,1	44,3	46,2	46,1
<b>Lançar um novo produto</b>	28	30,2	20,4	22,3
<b>Aumentar a eficiência no uso de insumos</b>	15,6	19,6	26,9	27,5
<b>Reduzir custos de mão-de-obra</b>	24,5	25,2	13,4	17,6
<b>Reduzir outros custos</b>	15,6	18,6	15,1	24,4
<b>Outros</b>	1,8	3,5	4,3	5,7

Fonte: Sondagem Especial com adaptações, 2005. Observação: A soma das proporções pode ser superior a 100% devido à possibilidade de múltiplas assinalações.

A situação para o ano 2009 não melhorou. Conforme levantamento da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), com 1024 empresas, a indústria reduziu em 26% o seu investimento. Em janeiro de 2009, a expectativa de investimentos havia sido reduzida em R\$ 20 bilhões; em maio, o volume foi reduzido em mais R\$ 5 bilhões. Novamente, um dos fatores que pesaram na decisão das empresas em cortar investimentos foi a restrição de crédito (PEREIRA, 2009).

Segundo o relatório Indicadores de Competitividade na Indústria Brasileira elaborado (2005) pelo CNI e o SEBRAE, as empresas investiram no ano de 2005 em pesquisa e desenvolvimento, em *design*, na aquisição de máquinas e equipamentos e no treinamento de recursos humanos.

Com relação aos aspectos técnicos, os pesquisadores apontam duas conclusões. A primeira é “que o esforço inovativo da indústria apresenta um baixo resultado. Os produtos novos, lançados nos últimos anos, representam ainda um percentual pequeno do faturamento das empresas. A pesquisa apontou que pouco mais de um terço das empresas teve mais de 10% do faturamento resultante do lançamento de novos produtos nos últimos dois anos, resultado que não se altera com o tamanho da empresa ou com a região. Setorialmente se destacaram calçados e vestuário e acessórios”.

A segunda conclusão refere-se ao investimento quanto à aquisição de novas máquinas e equipamentos: “embora estes investimentos tenham ocorrido em um número significativo de empresas, eles representaram um valor pouco relevante. Verificou-se que 81,2% das empresas adquiriram máquinas e equipamentos nacionais em 2003, sendo que dessas, 57,8% destinaram um montante inferior a 5% de seu faturamento bruto”. As Tabelas 5.11 e 5.12 apresentam, respectivamente, o percentual investido em 2003 e previsto para 2005 com relação à aquisição de máquinas e equipamentos nacionais novos (MARIOTONI *et al.*, 2007). Percebe-se que a maioria das Micros, Pequenas e Médias empresas destinaram até 10 % do faturamento bruto na aquisição de máquinas e equipamentos novos no ano de 2003.

Tabela 5.11 - Qual foi o percentual investido na aquisição de máquinas e equipamentos novos, Nacionais, em relação ao faturamento bruto estabelecido, em 2003? Em porcentagem.

	0	Até 5	Acima de 5 até 10	Acima de 10 até 30	Acima de 30
<b>Porte</b>					
Micro	28,1	36,8	23,4	10,0	1,7
Pequenas	14,9	47,0	24,8	12,4	1,0
Médias	15,2	51,5	25,0	6,8	1,5
Grandes	9,0	66,3	12,4	5,6	6,7
<b>Região Geográfica</b>					
Norte	1,8	38,2	41,2	5,9	2,9
Nordeste	22,6	50,0	10,7	11,9	4,8
Centro-Oeste	15,9	49,2	22,2	9,5	3,2
Sudeste	22,8	44,2	21,1	10,9	1,1
Sul	13,3	50,5	27,1	6,9	2,1

Fonte: Indicadores de Competitividade na Indústria Brasileira, 2005.

Com relação à Pesquisa e Desenvolvimento, a pesquisa constatou um cenário positivo. “Em 2003, 70,7% das empresas pesquisadas investiram nessa atividade, sendo que 73,6% dessas dispenderam até 2% do seu faturamento bruto. No corte por porte verificou-se que 84,1% das médias e grandes empresas investiram em P&D, contra 60,4% das micro e pequenas” (Indicadores de Competitividade na Indústria Brasileira, 2005).

Tabela 5.12 - Qual foi o percentual previsto para 2005 na aquisição de máquinas e equipamentos novos, Nacionais, em relação ao faturamento bruto estabelecido? Em porcentagem.

	0	Até 5	Acima de 5 até 10	Acima de 10 até 30	Acima de 30
<b>Porte</b>					
Micro	15,3	38,0	27,5	15,7	3,5
Pequenas	11,8	45,3	26,6	13,3	3,0
Médias	11,1	51,9	28,1	6,7	2,2
Grandes	4,7	55,8	22,1	14,0	3,5
<b>Região Geográfica</b>					
Norte	12,9	32,3	29,0	19,4	6,5
Nordeste	14,6	45,1	25,6	11,0	3,7
Centro-Oeste	7,8	37,5	31,3	17,2	6,3
Sudeste	15,7	45,4	23,9	12,3	2,7
Sul	6,0	50,8	29,5	12,0	1,6

Fonte: Indicadores de Competitividade na Indústria Brasileira, 2005.

O relatório Carta IEDI n.197 - A Indústria em 2005: Expansão para Poucos do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) conclui que no ano de 2005 houve uma alta concentração no crescimento industrial. Apenas cinco setores (Veículos automotores, Indústrias extrativas, Edição, impressão e reprodução de gravações, Material elétrico, aparelhos e equipamentos de comunicação e Farmacêutica), dos 27 setores pesquisados, responderam por 79% do crescimento da produção global do setor industrial. O relatório afirma que “a elevada concentração do crescimento industrial é um indicativo de que a evolução industrial em 2005 não teve um ‘padrão’ definido, ou seja, não se tratou de um processo encadeado, mas, sim, resultou de uma coleção de experiências individualizadas de crescimento setorial”.

Segundo a Análise IEDI - O benefício da diversificação, em 2005, os setores industriais de baixa e média-baixa tecnologia cresceram pouco; devido basicamente a valorização do Real. Por outro lado, a análise realizada destaca que as inovações tecnológicas e a ampliação do crédito permitiram um aumento dos setores de alta tecnologia, fazendo com que a indústria como um todo cresça cerca de 3,1%. Os principais resultados da produção industrial brasileira em 2005 foram (Análise IEDI, 3 de março de 2006):

- O grupo que se sobressaiu foi o de alta tecnologia, que cresceu 12,5% ante 2004, com destaque para equipamentos de informática (17,3%), farmacêutica (14,6%), material eletrônico e equipamentos de telecomunicações (14,2 %);
- O segmento de média-alta intensidade tecnológica cresceu 2,6%, destacando-se os segmentos de equipamentos de transporte (8,9%) e de construção de vagões ferroviários (8,1%);
- O segmento de média-baixa intensidade ficou estagnado com 0,2%, apesar da expansão da produção de minerais não-metálicos (2,8%), da indústria naval (2,2%) e das refinarias de petróleo (1,5%);
- A indústria de menor conteúdo tecnológico cresceu apenas 2,1% no acumulado do ano. Porém, merecem destaque as áreas de edição, impressão e reprodução de gravações (11,6%), indústrias diversas (8,4%), bebidas (6,4%) e papel e celulose (3,1%).

A Tabela 5.13 apresenta os indicadores da indústria de transformação por intensidade tecnológica em dezembro de 2005. Um dos problemas apontados pelo estudo refere-se à questão do emprego. Dentre as empresas que compõem as indústrias de menor conteúdo tecnológico estão algumas que empregam uma grande quantidade de mão-de-obra, e que passam por dificuldades econômicas em parte devido à valorização do Real.

Tabela 5.13 - Indicadores conjunturais da indústria de transformação por intensidade tecnológica em dezembro de 2005.

Segmentos	Variação (%)	
	Igual mês ano anterior	Acumulado em 12 meses
<b>Intensidade tecnológica</b>		
Indústria de transformação - Total	2,8	2,8
Alta	15,9	12,5
Média-alta	3,8	2,6
Méida-baixa	- 1,3	0,2
Baixa	1,6	2,1

Fonte: Análise IEDI, 3 de março de 2006.

A Figura 5.2 apresenta a produção da indústria de transformação por intensidade tecnológica para o acumulado de 12 meses. Percebem-se que as maiores variações ocorreram em setores de intensidade tecnológica alta e média-baixa.

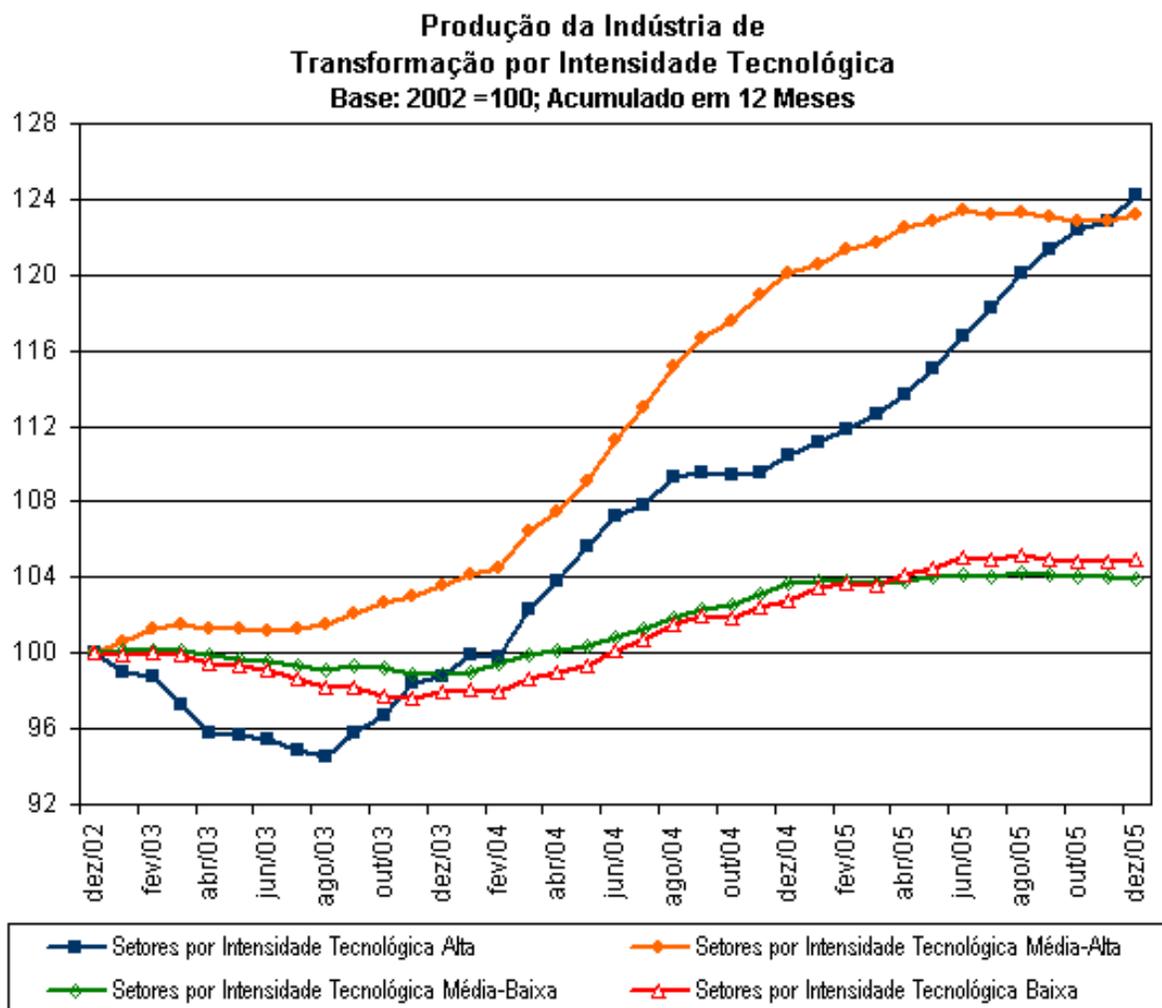


Figura 5.2 - Produção da indústria de transformação por intensidade tecnológica para o acumulado de 12 meses. Fonte: Carta IEDI n. 197 - A Indústria em 2005: Expansão para Poucos.

De acordo com a Análise IEDI – Conseqüências da crise sobre a indústria, segundo a intensidade tecnológica, a indústria de transformação brasileira declinou 10,2% em 2009. As duas faixas intermediárias por intensidade tecnológica (média-alta e média-baixa) “foram as que mais sofreram, com declínios de 17,8% e de 11,6%, respectivamente” (Análise IEDI, 2009b). A Tabela 5.14 apresenta os indicadores da indústria geral e de transformação por intensidade tecnológica em setembro de 2009.

O relatório apresenta detalhes sobre cada segmento. Para o segmento de Alta Intensidade Tecnológica, a maior redução foi em equipamentos de áudio e vídeo e de telecomunicações (inclusive componentes eletrônicos), com queda de 31,0%. O declínio de 17,8%, para o segmento de Média-Alta Intensidade Tecnológica, teve como causa a queda da produção de equipamentos ferroviários com variação negativa de 27,3% e da indústria automobilística, com - 21,2%. Merecem destaque as quedas de 19,4% para o item máquinas e equipamentos elétricos e de 21,2% para máquinas e equipamentos mecânicos. O recuo de 11,6%, para o segmento de Média-baixa Intensidade Tecnológica, ocorreu devido, basicamente, à queda na demanda externa de produtos metálicos. A fabricação de borracha declinou 16,5%. O segmento de Baixa Intensidade Tecnológica foi o que apresentou a menor queda (- 4,2%), por conta da indústria de alimentos, bebidas e fumo, cuja produção retrocedeu 0,8%. O relatório acrescenta: “trata-se do segmento de maior peso na estrutura produtiva brasileira e foi o único a ter um recuo inferior ao da indústria de média-baixa intensidade” (Análise IEDI, 2009b).

Tabela 5.14 - Indicadores conjunturais da indústria geral e da indústria de transformação por intensidade tecnológica em setembro de 2009.

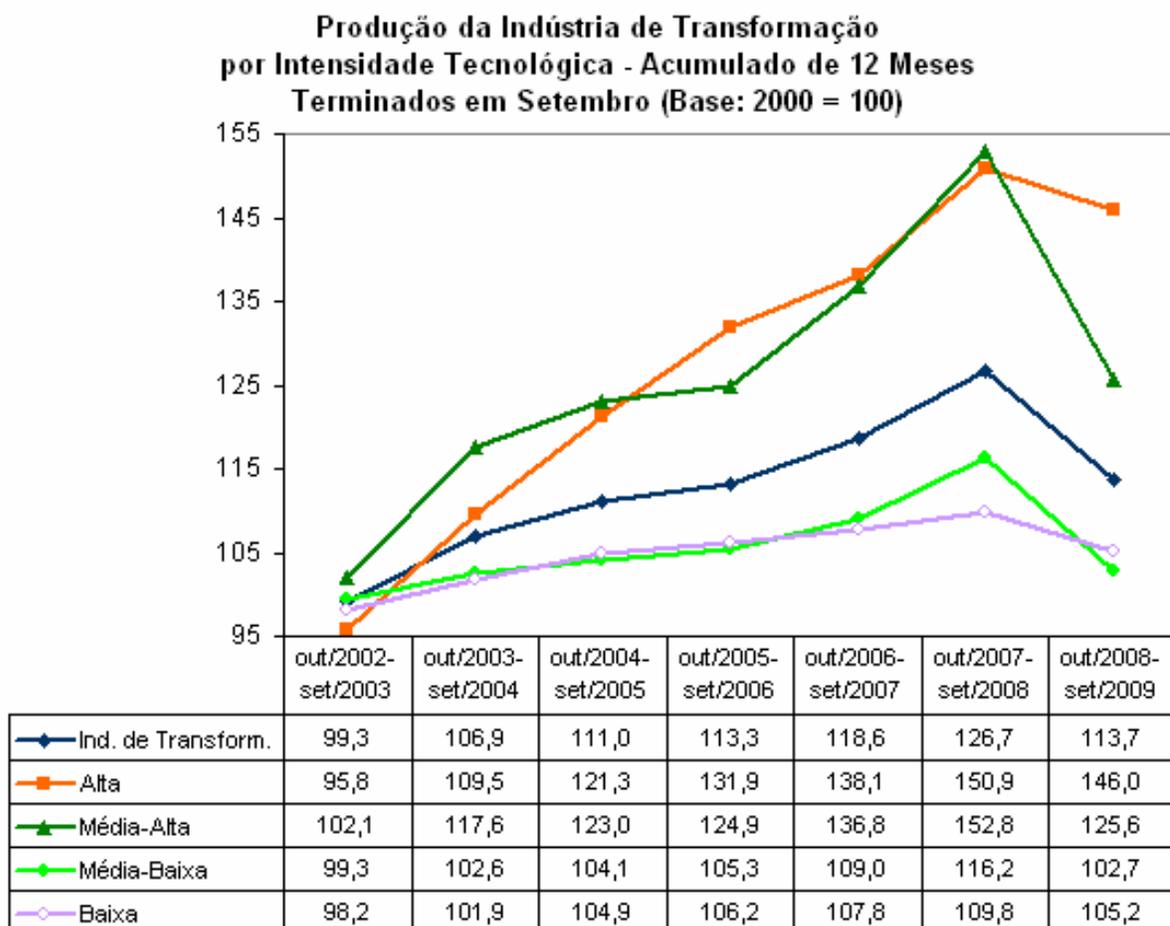
Segmentos	Variação (%)	
	Igual mês ano anterior	Acumulado em 12 meses
<b>Intensidade tecnológica</b>		
Indústria Geral	- 7,8	- 10,3
Alta	- 3,6	- 3,3
Média-alta	- 12,1	- 17,8
Média-baixa	- 9,2	- 11,6
Baixa	- 3,6	- 4,2

Fonte: Análise IEDI, 15 de dezembro de 2009.

A Figura 5.3 apresenta a produção da indústria de transformação por intensidade tecnológica para o acumulado de 12 meses. Percebem-se quedas acentuadas entre out/2007-set/2008 e out/2008-set/2009 para os segmentos de média-alta e média-baixa intensidade tecnológica devido à crise financeira que se estabeleceu no segundo semestre de 2008. Conforme discutido, esses setores foram os mais sensíveis à crise.

A forte retração da indústria impactou diretamente nos planos de investimentos e conseqüentemente na compra de novos equipamentos e máquinas. Logo, num primeiro momento os projetos de eficiência energética foram atingidos; cancelando-os ou, na melhor situação,

postergando-os. Fica claro que projetos de redução de energia elétrica não foram uma prioridade para a indústria nos anos de 2008 e 2009 (NATURESA *et al.*, 2010a).



Fonte: IBGE – Pesquisa Industrial Mensal. Elaboração própria com base na taxonomia da OCDE/ Standatabase.

Figura 5.3 – Produção da Indústria de Transformação por Intensidade Tecnológica – Acumulado de 12 Meses terminados em setembro (Base: 2000 = 100). Fonte: Análise IEDI, 2009b.

## 5.7 Investimentos estrangeiros

Segundo TREVISAN (2006), o Brasil perdeu posição em ranking mundial de investimento estrangeiro direto. De acordo com o relatório da Unctad (Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento), enquanto o fluxo global de investimento estrangeiro direto cresceu 29% para US\$ 916 bilhões, a parcela destinada ao Brasil diminuiu 17% e

representou US\$ 15,1 bilhões. Os principais motivos para esse quadro foram o real valorizado e o baixo crescimento da economia nacional. A Tabela 5.15 apresenta o ranking do investimento estrangeiro direto.

Tabela 5.15 - *Ranking* mundial de investimento estrangeiro direto em US\$ bilhões para os anos 2004 e 2005

Ano 2004			Ano 2005	
Posição	País	Investimentos	País	Investimentos
1°	EUA	122,4	Reino Unido	164,5
2°	China	60,6	EUA	99,4
3°	Reino Unido	56,2	China	72,4
4°	Austrália	42,4	França	63,6
5°	Bélgica	42,0	Holanda	43,6
6°	Hong Kong	34,0	Hong Kong	35,9
7°	França	31,4	Canadá	33,8
8°	Espanha	24,8	Alemanha	32,7
9°	México	18,7	Bélgica	23,7
10°	<b>Brasil</b>	<b>18,1</b>	Espanha	23,0
11°	Ilhas V. Britânicas	17,6	Cingapura	20,1
12°	Itália	16,8	Itália	20,0
13°	Rússia	15,4	México	18,1
14°	Cingapura	14,8	<b>Brasil</b>	<b>15,1</b>
15°	Bermudas	14,8	Rússia	14,6

Fonte: Trevisan, 2006.

De acordo com BARBOSA (2006b) a indústria perdeu competitividade internacional e “atrai cada vez menos recursos diretos do investidor estrangeiro”. Com dados do Banco Central, ele afirma que dos US\$ 14,12 bilhões que ingressaram no país entre janeiro e setembro de 2006 – sob a forma de investimento direto, US\$ 5,22 bilhões foram para o setor industrial, 37% do total. No ano de 2005, dos US\$ 21,64 bilhões que ingressaram, US\$ 6,5 bilhões foram para a indústria.

Percebe-se que a crise econômica de 2008 (comprometendo parcialmente também o ano de 2009) somado ao baixo investimento da indústria brasileira e a falta de crédito foram fatores que impactaram negativamente nos investimentos em eficiência energética. A principal preocupação da indústria nesse momento foi o mercado interno (vendas de produto), renegando qualquer investimento em novos processos ou novas tecnologias.

## 5.8 Política Industrial

Embora existam muitos programas de apoio e incentivo ao aumento da eficiência energética não há uma política governamental efetiva e abrangente que incentive as indústrias a investir na conservação e no uso racional de energia, o que passa, necessariamente, pela substituição de equipamentos obsoletos e ineficientes por equipamentos novos e eficientes. De acordo com KUPFER (2004) cabe à “política industrial acelerar os processos de transformação produtiva que as forças de mercado, com lentidão, podem operar e disparar os processos que as mesmas forças são incapazes de articular”.

CAMPANARIO & SILVA (2004) definem política industrial:

“Política industrial é a criação, a implementação, a coordenação e o controle estratégico de instrumentos destinados a ampliar a capacidade produtiva e comercial da indústria, a fim de garantir condições concorrenciais sustentáveis nos mercados interno e externo”.

Os instrumentos têm por objetivo a intervenção em atividades econômicas específicas ou setoriais (automobilísticas, siderúrgicas, têxteis, química, etc.), por exemplo, a redução de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para o setor automobilístico no ano de 2009 como forma de aumentar as vendas de veículos. CAMPANARIO & SILVA (2004) afirmam que a política industrial deve promover o desenvolvimento de setores econômicos específicos com relação à geração de divisas, difusão de tecnologias modernas e expansão dos níveis de emprego, “corrigindo desajustes de mercado, aumentando a competitividade empresarial e sistêmica e impulsionando o uso mais eficaz dos recursos naturais”.

Para SUZIGAN (1978, p. 38), a política industrial pode ser “definida como simplesmente um foco de atenção da política econômica geral num conjunto de objetivos relacionados com a atividade e o desenvolvimento industrial”. Essa política possui três pontos fundamentais: objetivos, instrumentos e instituições.

Com relação aos objetivos, a política industrial busca a promoção do crescimento e da eficiência do setor. Por crescimento econômico entende-se a estabilidade monetária e financeira,

equilíbrio da balança comercial, aumento do nível de emprego etc. Os aspectos gerenciais, organização, *marketing*, tamanho da empresa, estrutura da indústria, aplicação de novas tecnologias são variáveis relacionadas à eficiência do setor (SUZIGAN, 1978 e 2000).

Os instrumentos podem ser classificados em duas categorias: ortodoxos (política econômica geral) e não ortodoxos (específicos). Os ortodoxos são instrumentos de política comercial (aduaneira, cambial, controle das importações e promoção das exportações), fiscal (incentivos) e monetária (utilização de recursos do exterior). Os não ortodoxos incluem os programas setoriais e regionais, por exemplo, a participação direta do Governo como empresário para desenvolver um certo setor, ou sua atuação como agente financeiro. SUZIGAN (1978, p.39) observa: “De um modo geral, porém, destaca-se a importância do sistema de incentivos fiscais/financeiros como principal instrumento de política utilizado”.

As instituições são peças fundamentais de qualquer política industrial. Normalmente, abrangem instituições das áreas financeiras, fiscal, de comércio exterior, regional e a indústria. A coordenação dessas instituições é a parte crítica de qualquer política. SUZIGAN (1978, p.39), conclui:

“É evidente a dificuldade de coordenar as instituições e os objetivos da política industrial e de concatená-los com a política econômica geral, com um claro estabelecimento de prioridades. E isso se torna tão mais difícil quanto mais ambiciosos os objetivos e maior o número de instituições e agências governamentais envolvidas”.

Segundo o pesquisador, a política industrial utiliza mais os instrumentos não ortodoxos do que os ortodoxos pois visa não apenas o crescimento como também a eficiência industrial, “além de outros objetivos mais específicos, como, por exemplo, políticas que promovam o desenvolvimento tecnológico, o aumento da eficiência gerencial, modificações na estrutura de produção, o desenvolvimento de setores e/ou apoio a segmentos industriais específicos etc.” (SUZIGAN, 1978, p.40). Pelo exposto, é evidente que as políticas de eficiência energética podem ser entendidas como instrumentos não ortodoxos.

De acordo com CAMPANARIO & SILVA (2004), a política pública de desenvolvimento nacional deve se orientar nas seguintes direções: aumento da competitividade, equalização do

déficit do setor público, equilíbrio no balanço de pagamentos, redução do “risco Brasil<sup>4</sup>”, reforma tributária e previdenciária, ampliação dos investimentos em infra-estrutura e políticas de inclusão social. O aumento da competitividade se dá, também, por produzir com mesmos recursos – nesse caso, com a diminuição do consumo de energia elétrica.

KUPFER (2004) enumera as seguintes diretrizes para a redução do chamado “custo Brasil”: a revisão do regime tributário, o ajuste da estrutura de tarifas de importação e o aumento da disponibilidade, eficiência e confiabilidade da infra-estrutura de transportes e energia. Ele conclui: “o principal desafio a ser enfrentado pela política industrial brasileira é compatibilizar os objetivos de promoção da reestruturação competitiva da indústria e de geração de empregos, isto é, estabelecer a correta divisão de trabalho entre a política de competitividade e a política de emprego”.

Ainda segundo KUPFER (2004) a política industrial deve organizar-se em três componentes: (i) as políticas de modernização, (ii) as políticas de reestruturação e (iii) a política de concorrência e de regulação. Projetos de eficiência energética devem ser inseridos nas políticas de modernização, pois visam à capacitação produtiva, gerencial e comercial das empresas. WRIGHT & GIOVINAZZO (2004) reforçam a idéia anterior:

“Se a análise dos cenários externos indica para onde irmos, a análise do ambiente interno evidencia que a maior oportunidade de avanços rápidos na economia brasileira está ligada à **redução dos desperdícios**: o investimento inicial de maior retorno em muitos campos é utilizar melhor os recursos existentes, aumentando a produtividade e a capacidade da economia (grifo nosso).”

A política industrial deve incluir medidas voltadas para promover “simultaneamente o aumento da inserção internacional da ‘ponta’ da indústria (via exportação e substituição de importações) e a modernização do ‘miolo’ da indústria, integrando setores tradicionais, com grande participação de pequenas e médias empresas e voltadas para o mercado interno” KUPFER (2004). Essa modernização do “miolo” da indústria só será atingida com o aumento de projetos

---

<sup>4</sup> O risco Brasil é um “termômetro” da confiança dos investidores. Quanto maior a pontuação, maior o risco da aplicação.

em eficiência energética, pois diminui o consumo de energia elétrica das empresas podendo assim acarretar numa redução dos custos de produção.

### *5.8.1 Histórico das Políticas Industriais Nacionais*

De acordo com SUZIGAN (1978 e 2000), nos anos 50 já se pode identificar uma política industrial com o objetivo de acelerar a industrialização do país. Seus principais instrumentos foram: uma tarifa aduaneira protecionista, processos cambiais para acelerar a implantação e o desenvolvimento das indústrias automobilística, de máquinas e equipamentos, financiamento oficial (através do BNDES – criado em 1952) e uma maior participação do governo na indústria como empresário.

Em 1964 é criada a Comissão de Desenvolvimento Industrial (CDI) com o objetivo de reunir em uma mesma instituição diversos grupos executivos setoriais e estimular o investimento na indústria. Os principais instrumentos utilizados foram: concessão de incentivos fiscais à importação de bens de capital; promoção das exportações, ampliação dos incentivos fiscais regionais e criação de incentivos setoriais (siderurgia, petroquímica, construção naval), investimentos governamentais em infraestrutura (energia, transportes, comunicações) etc.

Foram criadas novas instituições, com destaque para o Conselho de Não-Ferrosos e de Siderurgia (CONSIDER), a Superintendência Nacional de Marinha Mercante (SUNAMAM) e a Comissão para Concessão de Benefícios Fiscais a Programas Especiais de Exportação (BEFIEX). Porém, a política industrial não estabelecia prioridades, concedendo incentivos indiscriminadamente; gerando desequilíbrios (atraso nos investimentos na área de insumos básicos) e imperfeições (cartelização, concentração e desnacionalização de alguns setores). O CDI teve fraca atuação nos seus três primeiros anos de existência: aprovou apenas 237 projetos; apenas na década de 70 houve uma reação - em 1973 foram 2851 projetos aprovados (SUZIGAN, 1978 e 2000).

Como fonte dos problemas destaca-se o da coordenação dos projetos. O enfoque, segundo SUZIGAN (1978), foi setorial, ou seja, definindo-se uma política para cada área (ou setor, região, indústria). O pesquisador observa (p. 58):

“Os objetivos são, assim, esparsos ou até mesmo embutidos nos critérios adotados pelas instituições que analisam projetos com vistas à concessão de incentivos fiscais e/ou apoio financeiro. O que se faz a seguir é tentar identificar esses objetivos a nível das duas principais instituições responsáveis pela formulação e implementação da política: CDE (Comissão de Desenvolvimento Econômico) e CDI (Comissão de Desenvolvimento Industrial)”.

No final da década de 70 e início dos anos 80, o foco da política econômica foi o controle das contas públicas e da dívida externa - com destaque para o controle da inflação, através de uma série de planos de estabilização (Cruzado, Bresser, Verão, Collor I, Collor II e Real). Em 1990, foi criada a Política Industrial e de Comércio Exterior (PICE) com as principais características: abertura econômica, uso da taxa de câmbio como variável de ajuste, atração de capital externo, programa de privatizações, etc. (CAMPANARIO & SILVA, 2004). A Tabela 5.16 apresenta um histórico dos principais planos para o desenvolvimento da indústria nacional.

Tabela 5.16 – Política Industrial no Brasil – História dos Planos

Ano	Nome	Características
1947	Plano SALTE - general Eurico Gaspar Dutra	Resultou na criação do BNDES em 1952.
1956	Plano de Metas - Juscelino Kubistschek	Slogan “50 anos em 5”. Promoveu a industrialização no país.
1962	Plano Trienal - João Goulart	Teve como objetivo o combate à inflação e o déficit público.
1964	Plano de Ação Econômica do Governo (Paeg) – general Castelo Branco	O objetivo também era combater a inflação e reduzir o déficit público.
1972	1 Plano Nacional do Desenvolvimento – general Emílio Garrastazu Médici	Teve como ênfase grandes projetos de integração nacional (como a Transamazônica).
1975	2 Plano Nacional do Desenvolvimento – general Ernesto Geisel	Promoveu o investimento na indústria de base e nas substituições das importações.
1988	Nova Política Industrial – José Sarney	Teve como objetivo conter a hiperinflação.
1990	Política Industrial e de Comércio Exterior (PICE) – Fernando Collor	Promoveu abertura econômica, atraiu capital externo.
1996	Plano Plurianual – Fernando Henrique Cardoso	Estabeleceu diretrizes para o planejamento federal.

Fonte: elaborado com dados de SUZIGAN & VILELLA, 1997 e CAMPANARIO & SILVA, 2004.

### 5.8.2 *Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)*

Em maio de 2008 o governo lançou uma nova política industrial denominada de Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). Essa política tem como objetivo estimular exportação, investimento e inovação. As medidas somam R\$ 21,435 bilhões em desoneração até 2011 e desembolsos, via o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), de R\$ 210,4 bilhões até 2010. Com relação à inovação e pesquisa e desenvolvimento (P&D), o BNDES oferece um Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) de 6,5% ao ano para P&D e de 4,5% ao ano para inovação (Política de Desenvolvimento Produtivo, 2008) (D'AMORIM *et al.*, 2008) (DANTAS, 2008). Os principais objetivos do programa são:

- Aumentar o investimento fixo: elevar o investimento direto na economia para 21% do PIB (Produto Interno Bruto) em 2010.
- Aumentar a inovação do setor privado: estimular a inovação no setor industrial, por meio de investimento privados em pesquisa e desenvolvimento. O objetivo é alcançar 0,65% do PIB em 2010.
- Expandir as exportações: ampliação da participação brasileira nas exportações mundiais para 1,5% do comércio mundial em 2010.
- Elevar exportações de pequenas e médias empresas: aumentar em 10% o número de micros e pequenas empresas exportadoras brasileiras.

A PDP está dividida em três categorias, a saber:

- Programas mobilizadores em áreas estratégicas – que consiste em integrar o setor privado com a comunidade científica. Essa categoria abrange o complexo da Saúde, as tecnologias de informação e comunicação, a energia nuclear, o complexo industrial da defesa, a nanotecnologia e a biotecnologia.

- Programas para fortalecer a competitividade – que atinge 12 setores, por exemplo a construção civil, indústria naval, agroindústria, biodiesel, plásticos, têxtil e móveis.
- Programas para consolidar e expandir a liderança – que abrange setores e empresas com projeção internacional e elevada capacidade competitiva. Estão incluídos o complexo aeronáutico, petróleo e gás e petroquímica, bioetanol, mineração, siderurgia, celulose e carnes.

As principais medidas para se alcançar tais objetivos são (Política de Desenvolvimento Produtivo, 2008) (TEREZA, 2008):

- Redução de custo de financiamento do BNDES e ampliação dos subsídios aos setores exportadores, como o programa Revitaliza (calçados, couros, móveis e têxteis).
- Preferência a setores nacionais que investem em inovação e pesquisa e desenvolvimento nas compras da União, Estados e municípios.
- No PIS/Cofins, redução do prazo para as empresas se apropriarem de seus créditos desses tributos.
- No Imposto de Renda, depreciação acelerada do valor de máquinas e equipamentos adquiridos para aumentar a capacidade de produção.

A coordenação geral do programa é do Ministério do Desenvolvimento com o apoio de uma secretaria-executiva formada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), BNDES e Ministério da Fazenda. A nova política industrial beneficia diretamente os programas de eficiência energética e o BNDES firma-se como um importante financiador desses programas. Merece destaque o aumento de cinco para dez anos do prazo dos financiamentos da aquisição de máquinas e equipamentos (FINAME). O problema é que essa medida privilegia apenas dois setores: fabricação de bens de capital e automóveis e autopeças (IEDI, 2008).

Em agosto de 2009 a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) publicou a Pesquisa FIESP sobre Impacto da PDP na Indústria Paulista realizada em outubro de 2008 com 450 empresas. Uma das constatações da pesquisa foi “a presença de um elevado grau de desconhecimento da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), que abrange cerca de 45% do total de empresas”. Chama atenção que a maior parte dos empresários considera a iniciativa positiva (63% do total), mas apresenta baixa expectativa quanto à execução (87%). Os principais motivos para essa baixa expectativa são a elevada carga tributária e a dificuldade de acesso ao programa.

As barreiras que merecem destaque quanto ao aumento da demanda pelos instrumentos da PDP são a falta de informação e a falta de customização de produtos aos portes e necessidades das empresas. Com relação ao impacto das ações do PDP, 29% dos empresários “acreditam que não terá nenhum impacto e 46% julgam que terá baixo impacto positivo, resultando em 75% de ceticismo. Ou seja, os efeitos na empresa gerados pela PDP são sensivelmente menos esperados do que sobre a economia” (FIESP, 2009). A Tabela 5.17 mostra os dados da pesquisa quanto ao impacto das ações do PDP. Pela leitura da tabela, percebe-se que mais da metade (51%) das médias empresas acreditam que a nova política industrial terá um baixo impacto positivo nos resultados da empresa.

Tabela 5.17 – Impacto que as ações da PDP provavelmente terá na empresa

<b>Respostas</b>	<b>Total (%)</b>	<b>Micro (%)</b>	<b>Pequena (%)</b>	<b>Média (%)</b>	<b>Grande (%)</b>
Nenhum impacto nos resultados da empresa	29	36	31	28	14
Baixo impacto positivo nos resultados da empresa	46	36	46	51	43
Moderado impacto positivo nos resultados da empresa	23	28	20	20	38
Grande impacto nos resultados da empresa	2	0	3	1	5

Fonte: FIESP, 2009.

Outro dado importante refere-se à influência da política industrial nos investimentos em máquinas e equipamentos. Para 70,5% das empresas, os instrumentos da PDP não alteram as decisões de investimentos em novos equipamentos, ou seja, apenas 29,5% do parque industrial

devem ter seus investimentos influenciados pela nova política. Fica evidente o impacto negativo na compra de novos equipamentos que possuem uma eficiência energética maior.

Com relação ao conhecimento das linhas de financiamento para aquisição de novos equipamentos, a pesquisa destaca os instrumentos: FINAME e o Cartão BNDES (FIESP, 2009). A Tabela 5.18 apresenta os instrumentos de financiamento em máquinas e equipamentos e instalações. Pela leitura da tabela percebe-se que 80 % das empresas conhecem o cartão BNDES, mas apenas 49 % pretendem utilizá-lo para aquisição de máquinas e equipamentos. Com relação ao ModerMaq essa relação é ainda pior: 57 % das empresas o conhecem e apenas 38 % pretendem utilizá-lo.

Tabela 5.18 – Instrumentos de financiamento a investimento em Máquinas e Equipamentos e Instalações

<b>Instrumentos</b>	<b>Total de empresas</b>	
	<b>Conhece (%)</b>	<b>Pretende utilizar (%)</b>
FINAME (Financiamento de Máquinas e Equipamentos)	95	67
Cartão BNDES	80	49
BNDES Automático	80	46
ModerMaq: Linha do FINAME especial para máquinas e equipamentos	57	38
FINEM (Financiamento a Empreendimentos)	33	12
Revitaliza: Linha de financiamento a capital de giro, investimento e exportação	27	13
FIDC (Fundos de Investimento em Direitos Creditórios) e FIPS (Fundos de Investimento e Participações)	18	6

Fonte: FIESP, 2009.

A pesquisa também revela outro dado importante quanto à influência da PDP nos investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I). Apenas 27,1% das empresas pesquisadas consideram que a nova política industrial “trará efeitos positivos, ou seja, aumentará a tendência de investimento” (FIESP, 2009, pg. 28). Isso é devido, em parte, pela falta de conhecimento dos instrumentos de financiamento de P&D&I. A Tabela 5.19 mostra os principais instrumentos de financiamento indicados pelas empresas. Pela leitura, percebe-se que poucas empresas conhecem os recursos do BNDES e FINEP. Do total de empresas que conhecem (25%) os recursos da FINEP para inovação, apenas 9% pretendem utilizar. Esses dados alarmantes

revelam a falta de preparo e de conhecimento das empresas em busca de novos produtos ou processos.

Tabela 5.19 – Instrumentos de financiamento indicados pelas empresas

<b>Instrumentos</b>	<b>Total de empresas</b>	
	<b>Conhece (%)</b>	<b>Pretende utilizar (%)</b>
BNDES	28	16
Recursos FINEP: Fundos setoriais, Programa Habitari, Programa Pró Inovação, Programas de Apoio a Pesquisas em Empresas	25	9
FINEP – Subvenção econômica à inovação	19	9
<i>Venture Capital</i> : Fundos para Empresas emergentes	11	3

Fonte: FIESP, 2009.

Na parte final da pesquisa, a FIESP apresenta algumas recomendações com o intuito de diminuir dois problemas identificados: a falta de informação quanto aos instrumentos e a necessidade de sua revisão. Essas recomendações estão resumidas a seguir (FIESP, 2009):

- Divulgar as linhas de crédito e programas da PDP por meio de palestras, impressos, internet, informes periódicos das alterações;
- Disponibilizar balcões de atendimento, agilizando os pedidos de tramitação de pedidos e respostas dos projetos;
- Redução a 0% do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) incidente sobre os investimentos em bens de capital, obras civis utilizadas pela atividade da empresa, inovação tecnológica, capacitação e treinamento e infra-estrutura;
- Reduzir a burocracia nas operações de investimento;
- Definir e ampliar modalidades de financiamento: ampliação da empresa, reforma de instalações, melhoria de gestão e inovação.

CAMPOS *et al.* (2008) afirmam que a PDP dá seqüência à Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), lançada em novembro de 2003, que colocou a inovação como fator fundamental para o desenvolvimento industrial brasileiro. Dizem: “A indústria brasileira, salvo honrosas exceções, apresenta sérios problemas de competitividade, em particular aqueles decorrentes de uma baixa taxa de inovação” (p. 100).

João Carlos Ferraz, presidente do BNDES, conclui (FERRAZ *et al.*, 2010):

“Os resultados imediatos da PDP ficaram comprometidos pela crise internacional, cujos efeitos atingiram o Brasil a partir de novembro de 2008. A maioria das metas não será cumprida. Ainda assim, ressaltou-se um dos princípios da PDP: é preciso ter metas. Isso é parte do esforço do planejamento e de controle de uma política industrial, conferindo um norte para a atuação dos diversos atores”.

FERRAZ *et al.* (2010) apresentam as cinco lições aprendidas com a nova política industrial: primeira, “a política deve ter um norte, mas flexível e adaptável às circunstâncias”; segunda, “uma política industrial deve ser um instrumento permanente, pois os seus resultados mais significativos surgem a longo prazo”; terceira, “é necessário que a política industrial tenha coerência com os sistema produtivo”; quarta, “inovação é a chave” e quinta e última lição, “é preciso ampliar a presença externa das empresas brasileiras”.

## 5.9 Inovação

Os países que mais crescem estão investindo fortemente em pesquisa e desenvolvimento voltados para a obtenção de produtos e processos inovadores. Segundo a Lei nº 11.196/2005 (conhecida como Lei do Bem), em seu artigo 17:

“Considera-se inovação tecnológica a concepção de novo produto ou **processo de fabricação**, bem como a agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou **processo**, que implique melhorias incrementais e efetivo **ganho de qualidade ou produtividade**, resultando maior competitividade no mercado” (grifo nosso).

NELSON (2006, p.441) também define inovação de forma ampla, “a fim de que o termo basicamente represente o que é requerido das empresas para permanecer competitivas em ramos nos quais o avanço tecnológico é importante”.

Para o IEDI (2010, p.1):

“Inovação é o que em última análise promove o crescimento de longo prazo de uma economia e assegura sua competitividade a nível global, razão pela qual, no modo de ver do IEDI, deve figurar no primeiro bloco de preocupações de um programa de desenvolvimento econômico para o país e merecer os melhores esforços na formulação da política econômica”.

TIGRE (2006) classifica a inovação em quadro tipos: incremental, radical, novo sistema tecnológico e novo paradigma tecnoeconômico. As inovações incrementais abrangem melhorias realizadas no *design* de produtos, aperfeiçoamento em *layout* e processos. A inovação radical é normalmente fruto de atividades de P&D, ou seja, trazem um aumento considerável na produtividade. O novo sistema tecnológico acarreta em mudanças organizacionais tanto no interior da firma como no exterior – relação com o mercado. O novo paradigma tecnoeconômico envolve inovações na tecnologia e mercadológicas. São exemplos dessa inovação a máquina a vapor, a eletricidade e a microeletrônica. O pesquisador explica: “Tais inovações constituíram, em diferentes épocas, os fatores-chave que estavam na raiz das transformações tecnológicas e econômicas mundiais”. A Tabela 5.20 resume os tipos de inovações tecnológicas.

Tabela 5.20 – Tipos de Inovação Tecnológicas

<b>Tipo de mudança</b>	<b>Características</b>
Incremental	Melhoramentos e modificações cotidianas
Radical	Salto descontínuos na tecnologia de produtos e processos
Novo sistema tecnológico	Mudanças abrangentes que afetam mais de um setor e originam as novas atividades econômicas
Novo paradigma tecnoeconômico	Mudanças que afetam toda a economia envolvendo mudanças técnicas e organizacionais, alterando produtos e processos, criando novas indústrias e estabelecendo trajetórias por várias décadas

Fonte: adaptado de TIGRE (2006) *apud* FREEMAN (1997).

De acordo com ARBIX (2007), o processo de inovação resulta de interações entre indivíduos, firmas e outras instituições produtoras de conhecimento, nos níveis local, nacional e mundial. Ele enumera as partes constituintes de processo de inovação:

- Primeiro motor (a empresa);
- Compartilhamento de riscos;
- Novas empresas e *clusters*<sup>5</sup>;
- Novos recortes científicos e
- Prospecção.

A Tabela 5.21 apresenta novas tendências de instrumentos para ciência, tecnologia e inovação. Percebe-se que a importância das relações entre o governo, universidades e a indústria.

Tabela 5.21 – Novas tendências de instrumentos para C&T&I

1) Flexibilizar as estruturas de pesquisa para aumentar a cooperação universidade-indústria.
2) Garantir financiamento para pesquisa pública de longo prazo e incentivar a colaboração interfimas na pesquisa pré-competitiva, de modo a assegurar a continuidade do progresso em C&T.
3) Construir e facilitar mecanismos de mercado para o financiamento da inovação, como os fundos mistos de capital de risco.
4) Fortalecer mecanismos de defesa de concorrência e diminuir barreiras técnicas à entrada de novos agentes no mercado.
5) Localizar e reduzir desequilíbrios de oferta/demanda de recursos humanos qualificados.
6) Estimular a criação e o desenvolvimento de empresas de base tecnológicas. Ampliar sistemas de capacitação gerencial para a inovação. Reduzir barreiras que dificultam a promoção do empreendedorismo tecnológico.
7) Promover crescimento da inovação em áreas críticas do conhecimento a partir da criação de mecanismos de atração de investimentos.
8) Desenvolver sistemas de avaliação e mensuração da inovação, na indústria, nos serviços, na agricultura e no comércio.
9) Incentivar projetos de parcerias público-privadas (PPP) voltadas à inovação.
10) Remover obstáculos à cooperação internacional com a melhoria do acesso e fluxo de pesquisadores estrangeiros aos programas nacionais.
11) Sintonizar mudanças no mercado de trabalho com as políticas industriais e educacionais.
12) Melhorar a articulação entre ministérios a fim de assegurar consistência e credibilidade à formulação e implementação de políticas de inovação.
13) Impulsionar a criação de redes nacionais e internacionais de pesquisa, de acesso, geração e difusão de conhecimento.

Fonte: ARBIX, 2007.

### 5.9.1 Histórico da inovação no Brasil

O processo de formação de recursos humanos e de pesquisa no Brasil iniciou-se na década de 1950 com a criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

<sup>5</sup> Incubadoras e parques tecnológicos.

(CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Entretanto, o primeiro plano efetivo de ciência e tecnologia foi lançado na década de 1970 com o I PND (Plano Nacional de Desenvolvimento) que previa o fortalecimento da infra-estrutura nacional, a estruturação de um sistema de financiamento para o desenvolvimento tecnológico, o estímulo à carreira de pesquisador etc. (ARBIX, 2007).

Em 1985 é criado o Ministério da Ciência e Tecnologia com a preocupação de fomentar os debates sobre inovação no país e estimular setores estratégicos específicos, como a química fina, microeletrônica, biotecnologia e novos materiais. Durante o período de 1986 a 1996 houve uma estagnação nos investimentos em ciência e tecnologia no país; apenas em 1999 as políticas de inovação retornam às discussões devido, basicamente, à criação dos Fundos Setoriais – destinados a recuperar a capacidade de investimento do sistema de Ciência e Tecnologia (ARBIX, 2007).

Em 2003, o IBGE publica o primeiro PINTEC (Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica) destacando as inúmeras barreiras ao processo de inovação do país. Em 2005, é lançada uma nova edição com alterações na metodologia de coleta e publicação dos dados. Com relação às leis relacionadas à inovação, merecem destaque a Lei de Informática (1991), Lei de Inovação (2004) e a Lei do Bem (2005). A Tabela 5.22 apresenta as principais leis, o ano de criação e finalidade referidos à subvenção e incentivo fiscal à P&D no Brasil.

De acordo com IEDI (2010), os principais incentivos governamentais para o aumento da inovação e P&D do setor privado brasileiro são: (1) Lei de Informática – tem por objetivo a redução do IPI (Imposto de Produtos Industrializados) com a contrapartida de aplicação em atividades de P&D; (2) Lei do Bem (Lei N° 11.196/05) – prevê a dedução em dobro dos gastos em P&D dos impostos incidentes sobre o lucro real; (3) Lei 10.332/01 (Fundo Verde Amarelo) – tem por objetivo equalizar juros e incentivar o mercado de capital de risco e (4) Lei de Inovação (Lei N 10.973/04) – tem como meta apoio direto a projetos de P&D do setor privado.

Tabela 5.22 – Principais Leis relacionadas à Inovação e P&D no Brasil

<b>Lei</b>	<b>Ano</b>	<b>Principais finalidades</b>
Nº 8.010/90 – Incentivos para importação de equipamentos	1990	Isenção de IR e IPI para equipamentos para pesquisa importados por instituições sem fins lucrativos.
Nº 8.248/91 e Nº 8.387/91 – Lei de Informática	1991	Isenção do IPI; dedução de até 50% das despesas com P&D do IR e 1% do IR na compra de ações de empresas de TI.
Nº 8.661/93	1993	Dedução do IR, redução do IPI, depreciação acelerada, redução do IOF (Imposto sobre Operações Financeiras) e IR sobre remessas.
Nº 10.332/01 (Subvenção Verde Amarelo)	2001	Cria subvenção econômica ao setor privado, no âmbito do FNDCT, para equalizar juros de empréstimos a P&D; participar no capital de PME etc.
Nº 10.637/02 (Incentivos Fiscais para P&D)	2002	Dava incentivos fiscais ao setor privado ao permitir abater em dobro os gastos em P&D que resultassem patentes no IRPJ e na Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Revogada pela Lei do Bem (2005).
Nº 10.973/04 (Lei de Inovação)	2004	Estimula a inovação e retira gargalos institucionais à cooperação público-privada e cria uma subvenção econômica, no âmbito do FNDCT, para produtos ou processos inovadores no setor privado.
Nº 11.196/05 (Lei do Bem)	2005	Amplia os incentivos da Lei nº 10.637/02 permitindo abater em dobro as despesas com P&D do IRPJ e da Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido – CSLL; redução de 50% do IPI incidente sobre máquinas e equipamentos para P&D; depreciação integral e amortização acelerada de equipamentos e bens intangíveis para P&D etc.
Nº 12.096/2009	2009	Autoriza a concessão de subvenção econômica nas operações de financiamento à inovação tecnológica realizadas pelo BNDES.

Fonte: adaptado de IEDI, 2010 *apud* Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasil, 2010 - <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/755.html>.

## 5.10 Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – PINTEC

A Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) “tem por objetivo a construção de indicadores setoriais nacionais e, no caso da indústria, também regionais, das atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras, comparáveis com as informações de outros países” (www.pintec.ibge.gov.br). Os dados apresentados dessa seção são provenientes das pesquisas realizadas nos anos de 2003, 2005 e 2008.

No Brasil, segundo a PINTEC (2003), entre os anos de 1998-2000 predominava a orientação de inovar somente no processo, nos anos de 2001-2003 as empresas adotaram a estratégia de inovar em produto e processo; aumentando de 11,3% para 14% respectivamente. A Tabela 5.23 ilustra os tipos de inovação no Brasil para o período 1998-2000 e 2001-2003. ROSENBERG (2006, p.19) explica o conceito de inovação de processo:

“As inovações de processo envolvem tipicamente equipamentos ou maquinários novos, no quais tais inovações estão corporificadas; esse maquinário ou tais equipamentos constituem uma inovação de produto, do ponto de vista da firma que os produz”.

Tabela 5.23 - Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações - Brasil - período 1998-2000 e 2001-2003

<b>Tipo</b>	<b>1998-2000</b>	<b>2001-2003</b>
Produto e processo	11,3	14
Só produto	6,3	6,4
Só processo	13,9	12,9
Que implementaram inovações	31,5	33,3

Fonte: PINTEC, 2003.

A Tabela 5.24 apresenta os dados da pesquisa para o período 2003-2005. As atividades industriais forem segmentadas em quatro partes, a saber: P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), Informática, Telecomunicações e Indústria. Essa segmentação foi necessária pois as empresas dos serviços de alta intensidade tecnológica (P&D, Informática e de Telecomunicações) apresentaram taxas de inovação superiores à da indústria. Das 393 empresas de telecomunicações, 45,9% implementaram produto e/ou processo tecnologicamente novo e das 3,8 mil empresa de informática, esse percentual foi de 57,6%. Comparando-se as tabelas 5.23 e 5.24, com relação à empresa que implementaram inovações, percebe-se que o percentual manteve-se praticamente

constante, ou seja, no período de 1998-2000 o percentual foi de 31,5, passando para 33,3% no período de 2001-2003 e 33,4 % no período 2003-2005. Esses dados demonstram, infelizmente, que a preocupação em inovar ainda não é uma característica da indústria nacional.

Tabela 5.24 - Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações, segundo atividades selecionadas da indústria e dos serviços - Brasil - período 2003-2005

<b>Tipo</b>	<b>P&amp;D</b>	<b>Informática</b>	<b>Telecomunicações</b>	<b>Indústria</b>
Produto e processo	81	28,4	31,7	13,1
Só produto	11,9	15,9	8,4	6,5
Só processo	4,8	13,3	5,8	13,8
Que implementaram inovações	97,6	57,6	45,9	33,4

Fonte: PINTEC, 2005.

Com relação ao referencial de inovação, o processo novo para o setor no Brasil caiu de 2,8%, para o período de 1998-2000, para 1,2% no período de 2001-2003. Por outro lado, o processo novo para a empresa subiu de 23,3% para 26%, respectivamente. A Tabela 5.25 apresenta os principais resultados para o referencial de inovação (PINTEC, 2003). Segundo a pesquisa, “o decréscimo das inovações para o mercado nacional aconteceu em todas as faixas de tamanho das empresas, o que sugere a influência do quadro macroeconômico nas escolhas de desenvolvimento tecnológico feitas no período 2001-2003”.

Tabela 5.25 - Referencial da inovação, a empresa e o mercado nacional Brasil - período 1998-2000 e período 2001-2003 (em %)

<b>Tipo</b>	<b>1998-2000</b>	<b>2001-2003</b>
Processo novo para o setor no Brasil	2,8	1,2
Processo novo para a empresa	23,3	26,0
Processo	25,2	26,9
Produto novo para o mercado nacional	4,1	2,7
Produto novo para a empresa	14,4	18,1
Produto	17,6	20,3

Fonte: PINTEC 2003.

A Tabela 5.26 apresenta os resultados para o referencial de inovação para o período 2003-2005 (PINTEC, 2005). São apresentados dados somente para as empresas de alta intensidade tecnológica, não permitindo uma comparação direta com os períodos 1998-2000 e 2001-2003 (Tabela 5.25).

Tabela 5.26 - Participação percentual do número de empresas de telecomunicações, informática e P&D que implementaram inovações, segundo faixas de pessoal ocupado Brasil - período 2003-2005

<b>Tipo</b>	<b>P&amp;D</b>	<b>Informática</b>	<b>Telecomunicações</b>
Processo novo para o setor no Brasil	69	4,7	5,4
Processo	85,7	41,7	37,5
Produto novo para o mercado nacional	78,6	9,8	6,4
Produto	92,9	44,3	40,1

Fonte: Adaptado de PINTEC, 2005.

A Tabela 5.27 mostra os dispêndios nas atividades inovativas como percentual da receita líquida de vendas das empresas. No ano 2000 o gasto total representava 3,8 % do faturamento, em 2003 caiu para 2,5%. “Dentre as atividades inovativas, as quedas relativas mais acentuadas ocorreram em aquisições de outros conhecimentos externos (de 0,20% para 0,08%); aquisição de máquinas e equipamentos (de 2,00% para 1,22%); projetos industriais (de 0,57% para 0,53%)...” (PINTEC, 2003).

A Tabela 5.28 apresenta os dados para o período 2003-2005. O item Aquisição de *software* foi incluído no tipo de dispêndio nas atividades inovativas. Pelos dados apresentados, percebe-se que o setor de Pesquisa e Desenvolvimento é o que mais gastou com atividades internas de P&D; 63,07% do total de recursos disponíveis em 2005. No setor Informática, “as atividades internas de P&D (2,33%), a aquisição de máquinas e equipamentos (1,27%) e o treinamento (0,69%) respondem pelas três maiores parcelas dos gastos no total da receita líquida de vendas” (PINTEC, 2005). Com relação aos Treinamentos, o setor industrial gastou apenas 0,05 % nessa atividade e o de Telecomunicações, 0,02%. Cabe destacar o aumento do dispêndio na Aquisição de máquinas e equipamentos, passando de 1,22% em 2003 para 1,34% em 2005.

Tabela 5.27 - Dispendios nas atividades inovativas como percentual da receita líquida de vendas - Brasil 2000/2003

<b>Tipo</b>	<b>2000</b>	<b>2003</b>
Aquisição externa de P&D	0,11	0,07
Aquisição de outros conhecimentos externos	0,20	0,08
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	0,24	0,15
Atividades internas de P&D	0,64	0,53
Projeto industrial e outras preparações técnicas	0,57	0,35
Treinamentos	0,07	0,05
Aquisição de máquinas e equipamentos	2,00	1,22
<b>Total</b>	<b>3,84</b>	<b>2,46</b>

Fonte: PINTEC, 2003.

Tabela 5.28 - Dispendios nas atividades inovativas como percentual da receita líquida de vendas, segundo atividades selecionadas da indústria e dos serviços - Brasil – 2005

<b>Tipo</b>	<b>P&amp;D</b>	<b>Informática</b>	<b>Telecomunicações</b>	<b>Indústria</b>
Aquisição externa de P&D	0,85	0,14	0,21	0,08
Aquisição de outros conhecimentos externos	0,75	0,43	0,16	0,13
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	0,32	0,47	0,72	0,19
Atividades internas de P&D	63,07	2,33	0,52	0,57
Aquisição de <i>software</i>	0,18	0,42	0,90	0,05
Projeto industrial e outras preparações técnicas	1,47	0,17	0,05	0,36
Treinamentos	0,24	0,69	0,02	0,05
Aquisição de máquinas e equipamentos	1,99	1,27	0,76	1,34
<b>Total</b>	<b>68,87</b>	<b>5,92</b>	<b>3,34</b>	<b>2,77</b>

Fonte: Adaptado de PINTEC, 2005.

Outro ponto importante da pesquisa refere-se aos impactos da inovação nas empresas. Nos dois períodos, destacam-se: aumento da flexibilidade da produção, aumento da capacidade produtiva, ampliação da participação da empresa no mercado, manutenção da participação da empresa no mercado e melhoria da qualidade de produtos. Esses resultados podem ser visualizados na Tabela 5.29. De acordo com a pesquisa, “o conjunto das cinco mais elevadas freqüências (superior a 60% na pesquisa anterior e a 40% na PINTEC 2003) permaneceu o mesmo, mas com troca da primeira posição, agora ocupada pela melhoria da qualidade dos

produtos (63,5%)” (PINTEC, 2003). Com relação à redução do consumo de energia, o impacto passou de 23,7% em 1998-2000 para 11,6% em 2001-2003; uma queda expressiva.

A Tabela 5.30 apresenta os resultados para o período 2003-2005. Percebe-se que para a Indústria, todos os itens tiveram aumento, sendo que os de maiores impactos continuam sendo: ampliação da participação da empresa no mercado (60,3%), manutenção da participação da empresa no mercado (68,3 %) e melhoria da qualidade de produtos (68,4%). O impacto da inovação no quesito redução do consumo de energia passou de 11,6% entre 2001 e 2003 para 16,2% em 2005. Pode-se concluir que as empresas brasileiras que inovam procuram, em primeiro lugar, a melhoria da qualidade do produto; em segundo, ampliação ou a manutenção dos seus mercados; em terceiro, a redução dos custos de trabalho e dos impactos ambientais e por último a redução dos custos com matéria-prima e energia.

Tabela 5.29 - Impactos da inovação apontados pelas empresas - Brasil - período 1998-2000 e 2001-2003 (em %)

<b>Impacto</b>	<b>1998-2000</b>	<b>2001-2003</b>
Enquadramento em regulações relativas ao mercado externo	10,4	6,9
Redução do consumo de energia	23,7	11,6
Redução do consumo de matéria-prima	23,0	13,2
Abertura de novos mercados	44,6	14,5
Enquadramento em regulações relativas ao mercado interno	35,3	27,2
Ampliação da gama de produtos ofertados	48,0	31,5
Redução dos custos de trabalho	53,1	33,6
Redução do impacto ambiental e em aspectos ligados à saúde e segurança	43,4	36,6
Aumento da flexibilidade da produção	64,8	43,3
Aumento da capacidade produtiva	69,6	52,9
Ampliação da participação da empresa no mercado	71,0	53,0
Manutenção da participação da empresa no mercado	79,6	61,0
Melhoria da qualidade de produtos	78,3	63,5

Fonte: PINTEC 2003.

Tabela 5.30 - Impactos da inovação apontados pelas empresas, segundo atividades selecionadas da indústria e dos serviços - Brasil - período 2003-2005 (em %)

<b>Impacto</b>	<b>P&amp;D</b>	<b>Informática</b>	<b>Telecomunicações</b>	<b>Indústria</b>
Enquadramento em regulações relativas ao mercado externo	36,6	4,0	10,0	7,7
Redução do consumo de energia	17,1	4,4	14,3	16,2
Redução do consumo de matéria-prima	14,6	4,8	9,9	19,6
Abertura de novos mercados	56,1	39,3	43,4	28,1
Enquadramento em regulações relativas ao mercado interno	53,7	17,0	44,8	28,5
Ampliação da gama de produtos ofertados	80,5	55,1	72,7	42,0
Redução dos custos de trabalho	29,3	34,8	41,7	38,5
Redução do impacto ambiental e em aspectos ligados à saúde e segurança	43,9	2,6	22,3	33,8
Aumento da flexibilidade da produção	80,5	52,0	57,5	48,3
Aumento da capacidade produtiva	80,5	58,4	60,3	58,0
Ampliação da participação da empresa no mercado	63,4	61,2	70,6	60,3
Manutenção da participação da empresa no mercado	68,3	72,4	82,9	68,3
Melhoria da qualidade de produtos	92,7	74,7	80,0	68,4

Fonte: Adaptado de PINTEC, 2005.

No final de 2010 foi lançado a PINTEC 2008 com uma nova classificação de atividades econômicas – dificultando a comparação com os resultados anteriores. A Tabela 5.31 mostra as taxas de inovação da indústria extrativa e de transformação entre os anos de 1998 e 2008. Essa comparação foi elaborada por CAVALCANTE & DE NEGRI (2010).

Tabela 5.31 – Taxa de inovação na indústria extrativa e de transformação (1998-2008) – em %

<b>Ano</b>	<b>Taxa de inovação</b>	<b>Taxa de inovação de produto novo para a empresa</b>	<b>Taxa de inovação de produto novo para o mercado</b>	<b>Taxa de inovação de processo novo para a empresa</b>	<b>Taxa de inovação de processo novo para o mercado nacional</b>
1998-2000	31,52	14,38	4,13	23,27	2,78
2001-2003	33,27	18,08	2,73	26,04	1,21
2003-2005	33,36	16,67	3,25	25,48	1,66
2006-2008	38,11	19,93	4,10	30,83	2,32

Fonte: adaptado de CAVALCANTE & DE NEGRI (2010).

Pela análise da tabela percebe-se que houve um crescimento da taxa de inovação entre os anos de 1998 e 2008, passando de 31,52% para 38,11%. Porém as taxas de inovação de produto novo para o mercado e processo novo para mercado caíram (de 4,13% para 4,10% e de 2,78% para 2,32%, respectivamente). CAVALCANTE & DE NEGRI (2010) comentam: “as taxas de inovação (seja de produtos ou processos) para o mercado apenas foram maiores na primeira edição da PINTEC, que abrangia o período de 1998 a 2000, provavelmente em virtude da novidade dos conceitos e conseqüente pouca familiaridade dos respondentes”.

Para melhor analisar a taxa de inovação do ano de 2008, os pesquisadores dividiram os 32 setores que compõem a indústria de transformação, em 4 grupos segundo sua intensidade tecnológica (alta, média-alta, média-baixa e baixa intensidade tecnológica). A Tabela 5.32 apresenta a taxa de inovação segundo essa metodologia (CAVALCANTE & DE NEGRI, 2010).

Tabela 5.32 – Taxa de inovação na indústria de transformação segundo a intensidade tecnológica (2008)

<b>Intensidade tecnológica</b>	<b>Total de empresas industriais</b>	<b>Total de empresas inovadoras</b>	<b>Taxa de inovação (%)</b>
Alta	1.961	1.143	58,27
Média-alta	13.691	6.883	50,27
Média-baixa	28.733	10.377	36,12
Baixa	54.035	19.405	35,91
<b>Total</b>	<b>98.420</b>	<b>37.808</b>	<b>38,41</b>

Fonte: CAVALCANTE & DE NEGRI, 2010.

De acordo com a tabela, as empresas de alta intensidade tecnológica são as que possuem uma maior taxa de inovação (58,27%). Esse tipo de resultado já era esperado, pois são empresas que sabem da importância da inovação para os seus negócios; possuindo, em muitos casos, departamentos específicos de P&D&I. Chama atenção a taxa de inovação de apenas 35,91% para as empresas de baixa intensidade tecnológica. Essas indústrias, apesar de serem a maioria das pesquisadas (54.035 de 98.420 empresas ou 55%), não foram convencidas (ou não possuem estrutura) sobre os benefícios de manterem recursos para projetos de inovação tecnológica.

A Tabela 5.33 mostra os dispêndios nas atividades inovativas como percentual da receita líquida de vendas das empresas entre os períodos de 1998 e 2008; novamente, essa comparação foi elaborada por CAVALCANTE & DE NEGRI (2010). Os gastos em atividades inovativas

diminuíram de 3,84% para o período de 1998-2000 para 2,54% para 2006-2008. Com relação aos gastos em aquisição de atividades internas e externas de P&D, para o mesmo período, a porcentagem manteve-se estável (em torno de 0,62 % e 0,10%, respectivamente). Trata-se de um paradoxo: apesar do crescimento da taxa de inovação na indústria, entre os anos de 1998 e 2008, ter aumentado (de 31,52% para 38,11%), os gastos em atividades inovativas diminuíram (de 3,84% para 2,54%).

Tabela 5.33 – Dispendios nas atividades inovativas e em atividades internas e externas de P&D em relação à receita líquida de vendas - (em %)

<b>Período de referência</b>	<b>Gastos em atividades inovativas</b>	<b>Gastos em atividades internas de P&amp;D</b>	<b>Gastos em aquisição de atividades externas de P&amp;D</b>	<b>Gastos em atividades internas e externas de P&amp;D</b>
1998-2000	3,84	0,64	0,11	0,75
2001-2003	2,46	0,53	0,07	0,61
2003-2005	2,77	0,57	0,08	0,65
2006-2008	2,54	0,62	0,10	0,73

Fonte: adaptado de CAVALCANTE & DE NEGRI, 2010.

Sobre esse paradoxo, KUPFER (2010a) afirma:

“No entanto, ao menos em primeira análise, a nova edição da Pintec está mostrando um quadro pouco animador, para não dizer decepcionante (...) Assim, enquanto 5,6% das empresas realizaram atividades internas de pesquisa e desenvolvimento em 2005, essa proporção caiu para 4,2% em 2008. Os gastos totais com atividades inovativas despendidos pelas empresas da indústria de transformação, que eram de 2,8% do faturamento em 2005 retrocederam para 2,6% em 2008 enquanto a parcela da despesa destinada especificamente à P&D intra-muros ficou estacionada em 0,6% do faturamento”.

De acordo com SIMÕES (2010b), com dados do PINTEC (2008), a compra de máquinas e equipamentos continua sendo a atividade inovativa mais relevante para a indústria (78,1%) e para o setor de serviços (72,3%). O treinamento aparece como segunda atividade mais relevante para indústria (59,4%) e serviços (66,6 %). A Tabela 5.34 apresenta os dados para o período 2006 a 2008. O item Serviços selecionados referem-se as atividades: Edição e gravação e edição de música, Telecomunicações, Atividades dos serviços de tecnologia da informação e Tratamentos de dados, hospedagem na Internet e outras atividades relacionadas (PINTEC, 2008). Como os

dados apresentados, não há como aferir se a compra de máquinas e equipamentos com uma maior eficiência energética (ou com o selo do PROCEL) também é uma preocupação para a indústria.

Tabela 5.34 – Importância das atividades inovativas realizadas, por atividades da indústria, dos serviços selecionados e de P&D no Brasil – 2006-2008 (em %)

	<b>P&amp;D</b>	<b>Serviços selecionados</b>	<b>Indústria</b>
Projeto industrial e outras preparações técnicas	28,2	38,9	37,0
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	17,9	50,3	29,4
Treinamento	51,3	66,6	59,4
Aquisição de máquinas e equipamentos	56,4	72,3	78,1
Aquisição de software	38,5	54,8	24,3
Aquisição de outros conhecimentos externos	12,8	22,5	10,8
Aquisição externa de P&D	38,5	5,7	4,1
Atividade interna de P&D	100,0	16,0	11,5

Fonte: PINTEC, 2008.

CORDER (2004) aponta os seguintes problemas com os projetos de P&D no país: pequeno número de pesquisadores no interior das firmas, recursos financeiros disponíveis insuficientes para acelerar o crescimento econômico e a falta de transparência no uso desses recursos. Sobre o financiamento e incentivos ao sistema de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no país, ela conclui:

“O país precisa encontrar o ‘caminho das pedras’ e isto demanda um conjunto de investimentos para reforçar a estrutura institucional e científica construídas ao longo dos anos e, mais ainda, para integrá-las ao aparato produtivo – seja por meio da interação com as empresas, seja pelos *spin-offs*, seja pela absorção dos profissionais acadêmicos no quadro de recursos humanos das empresas – visando reforçar a infra-estrutura de P&D e a própria inovação gerando não só um ambiente para que sejam formados novos empreendedores, mas também para atrair empreendimentos inovadores. Só assim será possível participar de maneira ativa nas cadeias globais, isto é, fazendo parte das etapas primeiras e mais nobres da produção em certos setores-chave e só assim haverá alguma probabilidade de se estabelecer internamente um círculo virtuoso e sustentado entre inovação e crescimento” (p. 175).

Percebe-se claramente que a indústria brasileira tem procurado estabelecer alternativas para alavancar o crescimento nacional, entretanto a ênfase não está na inovação, que demanda uma política industrial mais ousada e efetiva por parte do governo brasileiro e um maior engajamento por parte da indústria. Neste contexto intrincado no qual as indústrias tem alguns incentivos para investir em programas de eficiência energética é que se propõe que ao menos a substituição de equipamentos antigos por novos, com uma eficiência energética maior, venha a ser encarada pelo país como uma estratégia de inovação tecnológica (NATURESA & MARIOTONI, 2008e) (MARIOTONI & NATURESA, 2007).

NELSON (2006, p.442) corrobora com a idéia e afirma que: “muito da inovação em países de baixa renda envolve o aprendizado de tecnologias estrangeiras, sua difusão e talvez sua adaptação às circunstâncias locais de demanda ou produção”. Para tanto, é importante procurar medir os ganhos dessa substituição utilizando, por exemplo, os critérios do PINTEC. ROSENBERG (2006, p. 160) reforça idéia de que a utilização de equipamentos novos são peças importantes do processo de inovação:

“As análises da inovação nos anos desde a Segunda Guerra Mundial referem-se continuamente, em ramos individuais, a novos métodos de manuseio de materiais, ferramentas e equipamentos novos e muito portáteis, novos métodos de controle de qualidade, sistemas de lubrificação automáticos, dispositivos de limpeza automáticos, novas técnicas de medida, sensoriamento, detecção, análise e assim por diante. São especialmente difundidos os novos métodos de automação ou os métodos de processamento contínuo que substituíram as velhas tecnologias de pequenos lotes. Um fator adicional em anos recentes têm sido os dispositivos para diminuição da poluição ou tecnologias relativamente ‘limpas’, movidas a eletricidade, que substituíram tecnologias não-elétricas relativamente ‘sujas’. (...) Mas a eletricidade também foi largamente adotada em muitos ramos industriais nos quais se acreditava que ela aumentava a produtividade da mão-de-obra ao melhorar o aumento do conforto no local de trabalho”.

Em entrevista para o Estado de S. Paulo, o sociólogo e ex-presidente do Ipea (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), Glauco Arbix, afirma: “São vários obstáculos (que emperra a inovação tecnológica no Brasil). O principal deles é que temos uma sociedade que não consegue premiar os inovadores, não oferece o retorno que as empresas precisam e merecem ter”. Sobre o financiamento para inovação, o sociólogo declara: “Sistemas desenvolvidos nos países avançados mostram que dificilmente se terá um processo inovador em larga escala sem a alocação de

recursos a baixíssimo custo ou custo zero. Sem isso, não viveremos no Brasil uma exploração de empresas em áreas hoje críticas” (SILVA, 2006b).

### **5.11 Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria**

Em 2005, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) realizou o primeiro Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria. O evento contou a participação de empresários, acadêmicos e representantes do governo e teve como objetivo discutir diversos temas que afetam a inovação nas empresas. Os principais temas abordados foram: identificar e disseminar as práticas de gestão da inovação nas empresas, identificar as oportunidades disponibilizadas pela Lei da Inovação (Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004), discutir a eficácia do regime de incentivos fiscais e de apoio direto à inovação a projetos de desenvolvimento tecnológico, formular propostas para aprimorar a gestão e efetiva aplicação dos recursos dos Fundos Setoriais e apresentar sugestões para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do Sistema Nacional de Inovação (CNI, 2005).

As principais conclusões desse congresso foram: há pouca articulação entre as agências de fomento, institutos de pesquisa e órgãos públicos do sistema de ciência, tecnologia e inovação; o financiamento para as atividades inovativas nas empresas é limitado – apenas a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) possuem linhas de crédito específicas; existe dificuldade no acesso a crédito por parte das Pequenas e Médias Empresas (PME) devido inúmeras exigências das instituições financeiras quanto à garantia.

A CNI (2005) destaca o Projeto Inovar como um dos mais importantes projetos para promover o desenvolvimento das pequenas e médias empresas de base tecnológica. O projeto foi lançado em maio de 2000 pela FINEP.

Com relação a incentivos fiscais, no período 2001-2002, foram criados novos incentivos com a Lei nº 10.332/01 que autorizou a equalização de encargos financeiros das operações de crédito à inovação tecnológica, a participação no capital das MPEs (Micro e Pequenas Empresas) e de base tecnológica e nos fundos de investimentos etc. Outro importante marco do período foi a

Lei nº 10.637/02, que possibilitou às empresas o abatimento das despesas de custeio relativas aos gastos realizados com pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica do lucro líquido (CNI, 2005).

Em abril de 2007 foi realizado o segundo Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria. As principais conclusões do evento foram: o Brasil precisa dobrar seus investimentos em P&D nos próximos anos, a indústria brasileira ampliou seus esforços de pesquisa e desenvolvimento - mas o ritmo de crescimento dos investimentos não foi suficiente para inserir as empresas nos mercados externos, o Sistema de Inovação Brasileiro precisa ser aprimorado, as instituições e instrumentos de política de inovação devem ser objetos de constantes avaliações. Um ponto que merece destaque refere-se a elevado grau de desconhecimento, por parte das MPEs, dos instrumentos existentes para estimular a inovação tecnológica.

Com relação ao financiamento à inovação, a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), ampliou os mecanismos de financiamento à pesquisa e desenvolvimento nas empresas. Segundo o CNI (2007) foram criados e aprimorados diversos programas e instrumentos de financiamento público destinados para a área de inovação, abrangendo: recursos não reembolsáveis – tais como subvenção –, crédito reembolsável e capital de risco (ou empreendedor). Novamente o FINEP e o BNDES aparecem como as principais instituições de financiamento.

Os principais programas oferecidos pelo BNDES são: Inovação P,D&I e Inovação Produção; FUNTEC; Modermaq; PROSOFT e PROFARMA. Com relação ao FINEP, merecem destaque os programas: Pró-inovação; PAPPE (Programa de Apoio à Pesquisa na Pequena Empresa) e o Programa Juro Zero. A CNI (2007) destaca as seguintes propostas: ampliar o acesso às linhas de financiamento existentes, definir um volume de recursos adequados para a equalização dos financiamentos, estimular a participação de outras instituições financeiras públicas, em especial, o Banco do Brasil, CAIXA e bancos de desenvolvimento, desburocratizar e facilitar o acesso ao crédito para as empresas, capacitar os técnicos do BNDES e da FINEP para uma melhor compreensão das despesas empresariais em desenvolvimento tecnológico e inovação e coordenar as ações das agências financiadoras – BNDES e FINEP, de modo a otimizar o uso

dos recursos disponíveis (NATURESA & MARIOTONI, 2008e) (MARIOTONI & NATURESA, 2007).

Em maio de 2009 foi realizado o terceiro Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria. No evento foi divulgado o Manifesto pela Inovação na Indústria, com a meta de duplicar o número de empresas inovadoras em quatro anos (Inovação: A Construção do Futuro, 2009). O evento de 2009 foi visivelmente menor em comparação com os anteriores, talvez devido ao baixo crescimento industrial do país no período. Merece destaque a *webpage* do evento que apresenta vários casos de sucesso em inovação, ou seja, um excelente material para estudo e discussão (<http://www.inovacaocni.com.br/home.aspx>).

KUPFER (2008) aponta um dos atuais problemas brasileiros:

“O paradoxo brasileiro se explica porque está ocorrendo no país uma aceleração no surgimento de nós (experiência de inovação) sem a correspondente construção das ligações (compartilhamento de conhecimento) entre esses nós. É como se fosse um cérebro, dotado de neurônios mas sem a capacidade de estabelecer as sinapses essenciais para que o sistema possa funcionar corretamente”.

Mas os problemas apresentados não são específicos do Brasil. MALONEY & PERRY (2005) apontam os mesmo problemas para a América Latina e Caribe: baixos níveis de inovação, pesquisa e desenvolvimento, pouca produção de patentes e um peso maior na pesquisa básica do que na aplicada. Eles afirmam que: “*dado el nivel de acumulación de capital humano y físico, la productividad total de los factores de muchos países de la región es relativamente reducida y la actividad innovadora enfreta barreras implícitamente elevadas*”.

## **5.12 Micros, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs)**

De acordo com o CNI (2005), há pouca articulação entre as agências de fomento, institutos de pesquisa e órgãos públicos do sistema de ciência, tecnologia e inovação. Além disso, existe dificuldade no acesso a crédito por parte das Micros, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs) devido inúmeras exigências das instituições financeiras quanto à garantia.

Segundo o CNI (2006), o percentual de MPEs (Micro e Pequenas Empresas) que investiu na aquisição de máquinas e equipamentos nacionais em 2003 foi de 78%, acima do percentual de 52% em 1999. Com relação à pesquisa e desenvolvimento (P&D), o investimento ainda é baixo entre as MPEs. Entre as microempresas, 47% não investiram em P&D; entre as pequenas, esse percentual cai para 23,7% - próximo ao das empresas de médio porte. Os investimentos realizados em 2003 concentraram-se em aquisição de máquinas e equipamentos, capacitação de recursos humanos, desenvolvimento de produtos e processos e colocação de produtos inovadores no mercado. A Figura 5.4 mostra o percentual de empresas que investiram em pesquisa e desenvolvimento, por região geográfica, em 2003. Merece destaque a região nordeste, onde quase a totalidade das empresas (aproximadamente 70%) investiram em P&D.

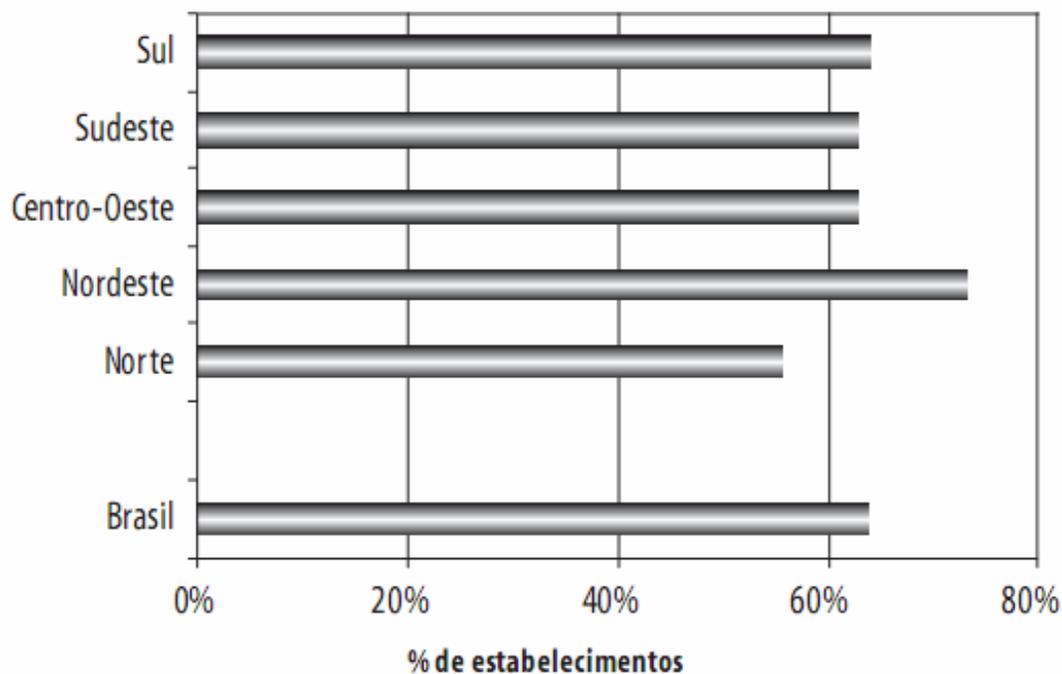


Figura 5.4 - Percentual de empresas que investiram em pesquisa e desenvolvimento, por região geográfica, em 2003. Fonte: CNI, 2006.

Os investimentos realizados em 2003 concentraram-se em aquisição de máquinas e equipamentos (63%), capacitação de recursos humanos (46%), desenvolvimento de produtos e processos (44%) e colocação de produtos inovadores no mercado (35%) (CNI, 2006). A Figura 5.5 apresenta os principais resultados de 2003 e 2005.

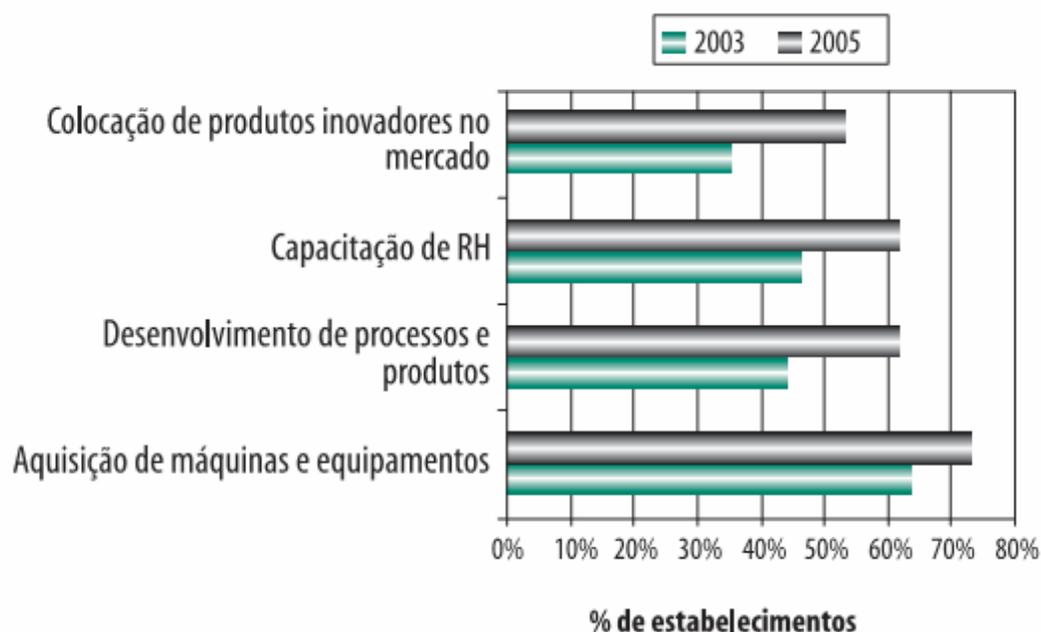


Figura 5.5 - Principais áreas onde investiu/pretende investir, em 2003 e em 2005. Fonte: CNI, 2006.

TIDD *et al.* (2008) confirmam que a frequência de inovação em empresas com menos de 100 empregados é bem menor do que nas grandes empresas. A Tabela 5.35 mostra a frequência e as fontes de inovação, por tamanho de empresa na França (1993/94). Pela leitura da tabela percebe-se que apenas 55% das empresas são inovadoras – com menos de 50 empregados. Para empresa com mais de 100 empregados esse número atinge 70%. Isso comprova que as pequenas empresas, seja no Brasil ou na França, são as que mais necessitam do apoio do Estado para promover qualquer processo de inovação.

Tabela 5.35 – Frequência e fontes de inovação, por tamanho de empresa (França, 1993/94)

Tamanho da empresa	Empresas inovadoras (%)	Fontes De Inovação (%)					
		P&D Própria	P&D Parcial	P&D Externa	Licenças	Fornecedores de maquinário	Fornecedores de materiais
20 - 49	55	16	25	10	5	26	18
50 - 99	66	19	25	10	5	23	16
100 - 199	70	21	25	11	5	22	16
200- 499	80	24	24	12	6	20	15
500 - 1999	86	26	23	13	6	19	14
2000+	96	25	21	14	6	18	14

Fonte: TIDD *et al.*, 2008 *apud* 'L'innovation technologique', Min. de l'Industrie (1994).

Para comprovar como o investimento em eficiência energética nas PMEs é importante, a Tabela 5.36 mostra qual foi o percentual do custo de energia elétrica no faturamento bruto dos estabelecimentos. Para mais de 10% das micros e pequenas empresas o custo da energia ficou entre 5 e 7,5% do faturamento bruto. A região norte possui 14,3% dos estabelecimentos onde o custo da energia elétrica ficou acima de 10% no faturamento bruto das empresas.

Tabela 5.36 - Percentual do custo de energia elétrica no faturamento bruto do estabelecimento.

	Até 2,5%	> 2,5 até 5%	> 5 até 7,5%	> 7,5 até 10%	> 10%
<b>Micro/pequena</b>	54%	22,7%	10,8%	6,3%	6,3%
Porte					
Micro	53,9%	24,2%	10,2%	5,5%	6,3%
Pequenas	54%	21,0%	11,6%	7,1%	6,3%
<b>Região</b>					
Norte	33,3%	28,6%	14,3%	9,5%	14,3%
Nordeste	60,5%	20,9%	4,7%	9,3%	4,7%
Centro-Oeste	52,5%	18,6%	16,9%	3,4%	8,5%
Sudeste	50,7%	25,6%	9,7%	6,6%	7,5%
Sul	61,5%	19,2%	11,5%	5,4%	2,3%

Fonte: CNI, 2006.

Segundo CNI (2007), apenas a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) possuem linhas de crédito específicas para inovação. Conforme citado anteriormente, os principais programas oferecidos pelo BNDES são: Inovação P,D&I e Inovação Produção; FUNTEC; Modermaq; PROSOFT e PROFARMA. Com relação ao FINEP, merecem destaque os programas: Pró-inovação; PAPPE (Programa de Apoio à Pesquisa na Pequena Empresa) e o Programa Juro Zero.

Pela análise das linhas de crédito apresentadas acima, o Programa Juro Zero parece ser o mais indicado para financiar a inovação energética nas MPMEs. O programa foi criado com o objetivo de facilitar a concessão de financiamentos para inovação de empresas de pequeno porte, por meio de condições especiais de acesso, tais como a criação de um fundo de garantia de crédito, a não incidência de taxa de juros, e a adoção de procedimentos simplificados nas análises e aprovações dos projetos (MORAIS, 2008).

O programa foi lançado em 2004, mas iniciou suas operações em 2006. Inicialmente os estados de Pernambuco, Paraná, Bahia, Minas Gerais e a região da Grande Florianópolis receberam R\$ 20 milhões para a concessão de empréstimos a empresas de pequeno porte. O valor do crédito varia de R\$ 100 mil a R\$ 900 mil, estando sujeito ao limite de 30% do faturamento da empresa, com exigência de faturamento anual mínimo de R\$ 333,3 mil até o limite de R\$ 10,5 milhões. O Programa Juro Zero contratou, até dezembro de 2007, 46 projetos de inovação, no valor de R\$ 26,1 milhões. A maioria dos projetos pertencem ao segmento de *software* (9 projetos); em seguida está biotecnologia (4 projetos). Em média, as empresas empregam 25 pessoas e possuem receita média anual de R\$ 3.472 mil (MORAIS, 2008).

TIDD *et al.* (2008) afirmam que as oportunidades para inovação nas pequenas empresas são influenciadas pelo “sistema de inovação” em que se acham inseridas, ou seja, dependem do perfil inovador de seus fornecedores. Eles destacam: “contatos pessoais e relativa proximidade geográfica com fornecedores e clientes reforçam e aumentam a eficácia da inovação em pequenas empresas. Exemplos de concentração regional de pequenas empresas inovadoras incluem não só o Vale do Silício, no Norte da Califórnia, mas também fabricantes de máquinas ligados a grandes empresas, como Robert Bosch e DaimlerBenz em Baden-Wurttemberg” (p. 183).

YOSHINO (2003) realizou um estudo sobre as principais barreiras quanto à eficiência energética em Micros, Pequenas e Média Empresas no Estado de São Paulo. Ele visitou e entrevistou uma série de indústrias em Americana e Franca. O pesquisador constatou que: “nesses dois pólos, algumas médias empresas possuem engenheiros qualificados e já até realizaram estudos de racionalização, mas as medidas não foram implementadas”. Ainda de acordo com o pesquisador, o empresariado possui uma visão imediatista, ou seja, preocupa-se com a produção e o mercado; restando pouco espaço para questões estratégicas, como o uso racional de energia elétrica.

A falta de informação parece ser a grande barreira. YOSHINO (2003) afirma que a maioria das empresas visitadas não conhecia manuais sobre o uso racional de energia elétrica, apesar dos esforços por parte do governo estadual e federal. O pesquisador constatou que:

“Entre as indústrias visitadas, nenhuma tinha em funcionamento, por exemplo, um programa de racionalização do uso da energia elétrica, mesmo após o racionamento imposto pelo governo brasileiro em 2001. É importante notar que poucas empresas têm em operação equipamentos mais eficientes, como motores elétricos mais eficientes, mas a instalação desses equipamentos não se deu no âmbito de um programa estruturado e contínuo de racionalização” (p. 99).

## 5.12 Eficiência Energética como Inovação Tecnológica

A Figura 5.6 mostra os principais pontos para uma nova política industrial levando em conta a inovação tecnológica via eficiência energética. São cinco pontos de destaque: Recursos, Avaliação, Informação, Execução e Administração. Esses cinco pontos formam a base dessa política. Um dos blocos que merece destaque é o da informação; que deve ser desenvolvido pela Eletrobras, as Universidades e as ESCOS (Empresas de Serviços de Conservação de Energia). O treinamento dos funcionários das empresas é fundamental para a disseminação das novas tecnologias e principalmente dos conceitos de inovação tecnológica (NATURESA & MARIOTONI, 2008e), (MARIOTONI & NATURESA, 2007), (MARIOTONI *et al.*, 2007).



Figura 5.6 – Política Industrial para Eficiência Energética.

A Figura 5.7 apresenta um esboço do organograma dos novos projetos de eficiência energética. Os agentes de financiamento são o BNDES - através das linhas de Inovação, PROESCO, BNDES AUTOMÁTICO, FINAME, FINAME Leasing, Cartão BNDES e a FINEP – com as linhas Pró-inovação, PAPPE e o Programa Juro Zero.

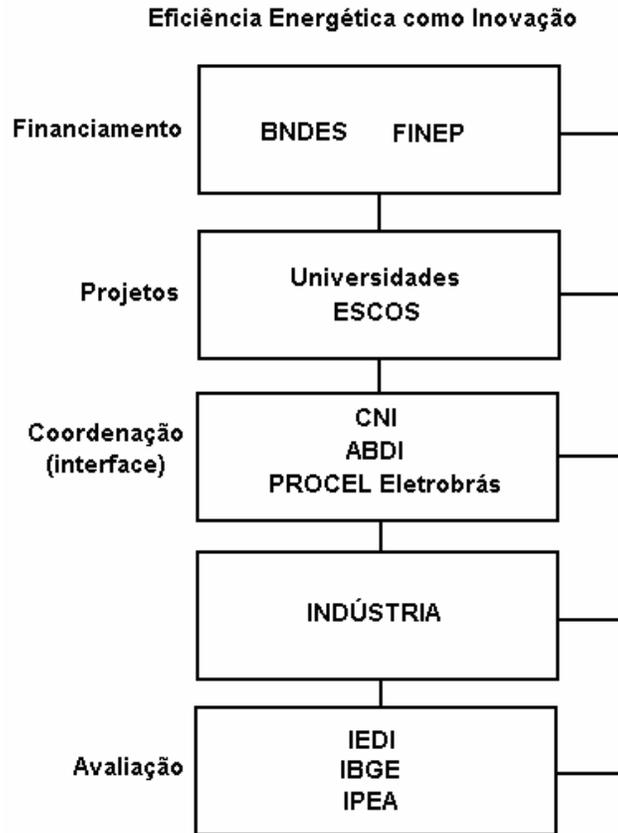


Figura 5.7 – Projetos de Eficiência Energética.

Os projetos serão desenvolvidos pelas Universidades (que já possuem acordo com o PROCEL) e as ESCOS. A CNI, ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e o PROCEL Eletrobras serão as responsáveis pela seleção das empresas (preferencialmente as MPEs) e a coordenação dos projetos. A avaliação ficará com o IEDI (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial), o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). As avaliações serão publicadas nos *websites*, nos informes de cada instituto e na revista Desafios do Desenvolvimento do IPEA. A avaliação servirá como uma realimentação, destacando projetos bem sucedidos e indicando deficiências. A divulgação do processo será de responsabilidade do PROCEL Info (*newsletter*) e da CNI (informes CNI).

As funções podem ser assim resumidas: Administração: ABDI e CNI, Recursos: BNDES e FINEP, Execução: ESCOS, Avaliação: IBGE e IEDI e Informação: PROCEL Eletrobras e Universidades. A ABDI deve assumir o papel de coordenação desse projeto, pois está em consonância com a visão da empresa - “consolidar-se como instituição de promoção, coordenação, monitoramento e avaliação da execução da política de desenvolvimento industrial brasileira, junto aos setores público e privado”, (ABDI, 2011).

Para que a eficiência energética seja encarada como uma inovação tecnológica algumas barreiras precisam ser superadas. Logo, são sugeridas ações para curto, médio e longo prazo. Elas foram divididas em intervalos de 3 anos.

- Curto prazo (de 1 a 3 anos): ampliação do número de bolsas de estudos, ampliação dos convênios com as federações estaduais da indústria; aumento dos cursos de capacitação tecnológica. Essas ações visam necessariamente à formação e divulgação dos projetos de eficiência energética.
- Médio prazo (de 3 a 6 anos): programa permanente de bolsas de estudos para eficiência energética ou inovação na indústria (financiadas pelo PROCEL e CNI), ampliação das fontes de financiamento, aumento do número de pesquisadores (mestre e doutores) nas indústrias, o Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria torna-se anual. Essas ações procuram aproximar os pesquisadores da indústria e divulgar iniciativas em inovação para o país. A eficiência energética começa a ser vista como inovação tecnológica.
- Longo prazo (de 6 a 9 anos): criação de um projeto nacional de eficiência energética, criação das disciplinas Eficiência Energética e Inovação Tecnológica nas faculdades e universidades estaduais e federais no país (principalmente os cursos de tecnologia e engenharia), parte significativa dos recursos para inovação são alocados em Micros, Pequenas e Médias Empresas. Essas ações têm como objetivo a consolidação do conceito de eficiência energética como inovação tecnológica.

Os pesquisadores MOWERY & ROSENBERG (2005) destacam a força que pequenas melhorias no processo produtivo exerceram na economia norte-americana. Um exemplo a ser seguido, via o aumento da eficiência energética nos equipamentos eletro-eletrônicos. Eles explicam:

“O longo período de tempo requerido para o desenvolvimento de tecnologias complementares e para os outros ajustes necessários à realização de todo o potencial da energia elétrica caracterizou a maioria das principais inovações do século XX (...) O efeito cumulativo dessas numerosas e pequenas melhorias foi tão grande que a taxa de crescimento a longo prazo da produtividade total dos fatores nesse setor foi maior do que a de qualquer outro da economia norte-americana na primeira metade do século XX” (p. 134).

## 6. CONCLUSÕES

O Brasil está passando por importantes modificações: controle da inflação, aumento do poder aquisitivo de parte significativa da população brasileira, descoberta do Pré-Sal, etc. Esse crescimento econômico reflete no aumento do consumo de energia elétrica. Conforme discutido no capítulo 2, a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) prevê um aumento na oferta de energia não-renovável do país, principalmente o óleo combustível e o gás natural. Além disso, a licença ambiental mostra-se uma barreira aos grandes projetos hidroelétricos – são necessárias sete licenças distintas para o início da construção. O PROINFA, infelizmente, não atingiu um terço do esperado (dados de abril de 2007). Logo, os projetos de eficiência energética são importantes, pois postergam investimentos em novas usinas (hidroelétricas e termoelétricas), além de mitigar os impactos ambientais.

O capítulo 3 apresentou os conceitos de eficiência energética e os principais programas governamentais. O PROCEL é o único programa efetivo relacionado ao tema; o PEE da ANEEL ainda não se consolidou, pois não apresenta uma característica regular de investimento (conforme demonstrado pela comparação entre projetos). A maioria dos projetos do PEE visa o consumidor de baixa renda através da substituição de geladeiras antigas por novas e de lâmpadas incandescentes por eletrônicas. Pelo apresentado, o PROCEL realizou, até o momento, um investimento superior a R\$ 1 bilhão, o que correspondeu a uma energia total economizada de 38,37 bilhões de kWh ou a uma usina equivalente de 9.105 MW. O programa postergou, também, um investimento total de R\$ 26,75 Bilhões. O PROCEL INFO mostra-se uma importante ferramenta quanto à disseminação do tema eficiência energética, além de oferecer *softwares* específicos aos usuários – como o BD Motor. O capítulo também mostrou as fontes de financiamento para os projetos em eficiência energética: BNDES, CTEneg, *Global Efficiency and Renewable Energy Fund* (GEEREF), *Global Environment Facility* (GEF) e *Renewable*

*Energy and Energy Efficiency Partnership* (REEEP). Na parte final do capítulo foram apresentados e discutidos os cenários para eficiência energética elaborados pela EPE. Provou-se que, se forem mantidos os investimentos nos programas de eficiência energética, o país economizará entre 3,5 e 5,35 % do total de energia elétrica destinada à indústria no ano de 2020 e entre 4,71 e 8,68 % no ano de 2030 (cenários A e B1).

A primeira parte do capítulo 4 abordou o motor elétrico de indução, visto que ele está presente em quase todos os setores industriais e representa 44 % do total de energia consumida. Foram apresentados os setores industriais onde o percentual de consumo da energia elétrica em força motriz é elevado, o princípio de funcionamento do motor, comparação entre os motores padrão e de alto rendimento, o princípio de funcionamento inversor de frequência e o procedimento (relativamente simples) para a determinação do carregamento do motor. Esse procedimento foi utilizado para a determinação do carregamento de quatro motores em uma companhia de saneamento do interior paulista. Após, foram comparados os programas de eficiência energética para força motriz no Brasil, EUA e Europa. O programa norte-americano é o mais avançado, tanto em termos de energia economizada quanto em pessoal treinado. No programa brasileiro destacam-se, até o ano de 2009, o número de multiplicadores capacitados (227), agentes treinados (3160) e indústrias participantes (788). Outro dado importante refere-se à quantidade de bolsas de ensino até agosto de 2009; foram 73 para graduação, 21 para mestrado e 2 de doutorado. Conforme visto, a falta de informação e de treinamento são barreiras aos projetos de eficiência energética.

A segunda parte do capítulo 4 abordou os sistemas de bombeamento de água. Foram discutidos os aspectos básicos de um sistema de bombeamento, assim como, suas curvas características. Foi visto que existem duas formas de se reduzir o consumo de energia elétrica nesses sistemas, sendo que a mais simples é variar a velocidade dos motores elétricos (via inversores de frequência) de modo a adequar o ponto de funcionamento da bomba ao seu máximo rendimento. No entanto, qualquer medida para se reduzir o consumo de energia elétrica pressupõem técnicos e engenheiros bem treinados.

O capítulo 5 apresentou diversos pontos relacionados à indústria brasileira: importação de matéria-prima, importação de bens duráveis, produção industrial etc. Após, foram mostradas diversas definições de Política Industrial e sua importância para o desenvolvimento de setores selecionados. A eficiência energética deve estar inserida em uma política industrial que privilegie a modernização da indústria nacional, reduzindo o gasto com energia elétrica. Foi apresentada e discutida a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). As conclusões são assustadoras: poucas empresas conhecem os recursos de financiamento oferecidos pelo BNDES e FINEP e um grupo ainda menor pretendem utilizá-los.

A crise financeira de 2008 atingiu acentuadamente os segmentos de média-alta e média-baixa intensidade tecnológica da indústria de transformação brasileira - um recuo na produção industrial de 17,8 % e de 11,6 % respectivamente (de outubro de 2008 a setembro de 2009). A forte retração da indústria impactou diretamente nos planos de investimentos e conseqüentemente na compra de novos equipamentos e máquinas (principalmente nos equipamentos com maior eficiência energética).

A inovação tecnológica foi um dos temas abordados no capítulo. A inovação é a mola propulsora do desenvolvimento industrial e conseqüentemente, do crescimento econômico de um país. Foram apresentados também alguns resultados do PINTEC 2003, 2005 e 2008. Apesar das mudanças de metodologia entre as pesquisas, o principal resultado foi: houve um crescimento da taxa de inovação entre os anos de 1998 e 2008, passando de 31,52 % para 38,11 %. O PINTEC 2008 mostrou também, que a taxa de inovação para as empresas de baixa intensidade tecnológica foi de apenas 38 %. Essas indústrias, apesar de serem a maioria das empresas pesquisadas, não foram convencidas sobre os benefícios de manterem recursos para projetos de inovação tecnológica.

Foi discutido o conceito de eficiência energética como inovação tecnológica destacando os papéis fundamentais da Eletrobrás (como gestor) e do BNDES e FINEP (como financiadores). Para atingir os resultados esperados foram propostas as seguintes ações: curto prazo (ampliação do número de bolsas de estudos e ampliação dos convênios com as federações estaduais da indústria), médio prazo (programa permanente de bolsas de estudos, ampliação das fontes de

financiamento, aumento do número de pesquisadores nas indústrias) e longo prazo (criação de um projeto nacional de eficiência energética, criação das disciplinas Eficiência Energética e Inovação Tecnológica nas faculdades e universidades estaduais e federais no país).

Na parte final foram abordadas as MPMEs; infelizmente, elas apresentam diversas carências: falta de pessoal técnico especializado, dificuldade de acesso à linhas de financiamento (basicamente por desconhece-las) etc. Empresas que não investem em inovação, ou seja, desconhecem sua importância, também serão relutantes em investir em projetos de eficiência energética e vice versa.

Conclui-se que a indústria brasileira arrisca-se pouco; desconhece as linhas de financiamento existentes, investe de maneira insuficiente em inovação tecnológica e apresenta receio na contratação de mestre e doutores voltados à pesquisa. O foco de qualquer política industrial deve ser as MPMEs, pois sem auxílio governamental elas tendem a desaparecer. Projetos de eficiência energética podem ser a porta de entrada para futuros projetos em inovação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, L. & BIERS, J. “Grandes empresas fazem ‘dieta’ de energia para conter custo”. *The Wall Street Journal Americas* in Valor Econômico. 29 de agosto de 2007.

Abrace (Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia). “Religação das térmicas vai custar R\$ 26 milhões por semana ao País”. 19 de janeiro de 2009. Disponível em: <http://www.abrace.org.br/port/noticias/ler.asp?id=9839>

ALMEIDA, A.; FONSECA, P.; BERTOLDI, P. *Energy-efficient motor systems in the industrial and in the services sectors in the European Union: characterization, potentials, barriers and policies*. Energy, 28, 673-690, 2003.

ALVES, S. “Política tecnológica e o mito de Sísifo”. Valor Econômico, 18 de maio de 2010.

Análise IEDI. Indústria - O Benefício da diversificação - 3 de março de 2006. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

\_\_\_\_\_. Indústria – A crise atual não é como as outras – 10 de fevereiro de 2009a. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

\_\_\_\_\_. Indústria – Conseqüências da crise sobre a indústria, segundo a intensidade tecnológica – 15 de dezembro de 2009b. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

ANDERSON, V. *Energy Efficiency Policies*. Routledge 1993.

ANDREAS, J. C. *Energy-Efficient Electric Motors – Selection and Applications*. Second Edition. Marcel Dekker, Inc. 1992.

ARBIX, G. “Qual internacionalização?”. Valor Econômico, 5 de agosto de 2010.

ARBIX, G. & MIRANDA, Z. “Imitar e inovar”. Valor Econômico, 23 de junho de 2010.

\_\_\_\_\_. “Tecnologia, inovação e as oportunidades da crise”. Valor Econômico, 5 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. *Inovar ou inovar – a indústria brasileira entre o passado e o futuro*. Editora Papagaio. 2007.

BAER, W. & McDONALD, C. “Retorno ao Passado? A Privatização de Empresas de serviços públicos no Brasil: O Caso do Setor de Energia Elétrica”. Planejamento de Políticas Públicas, N. 16, pp. 5-38 Dezembro de 1997.

BARBOSA, A. “Energia industrial encareceu 108,9% no governo Lula”. O Estado de S. Paulo, 2 de junho de 2006a.

\_\_\_\_\_. “Indústria brasileira atrai menos recurso externos”. O Estado de S. Paulo, 8 de novembro de 2006b.

BARROS, L. C. M. “A indústria brasileira nos próximos anos”. Valor Econômico, 20 de setembro de 2010.

BERMANN, C. Energia no Brasil: Para Quê? Para Quem? Crise e Alternativas para um desenvolvimento sustentável. 2ª Edição, Editora Livraria da Física Fase Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional, 2003.

BESSANT, J. & TIDD, J. Inovação e Empreendedorismo. Editora Bookman. 2009.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.  
<https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/index.asp>

\_\_\_\_\_. Informe Infra-Estrutura. 1998.

BORTONI, E. C.; HADDAD, J.; SANTOS, A. H. M.; NOGUEIRA, L. A. H.; MELONI, P. S. R.; VASCONCELOS, E.; MARTINS, A. R. S. e AZEVEDO, E. M. “Análise do reparo de motores de indução trifásicos”. XV SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 17 a 22 de outubro de 1999.

BRANCO, S. M. Energia e Meio Ambiente. Editora Moderna. 2002.

*Buying an Energy-Efficient Electric Motor*. Fact Sheet. Motor Challenge - a Program of the U.S. Department of Energy. 1999. Disponível em:  
[http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs\\_motors.html](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html)

CAMPANARIO, M. A. & SILVA, M. M. “Fundamentos de uma nova política industrial” *in* Política Industrial 1, Maria Tereza Leme Fleury e Afonso Fleury (organização). Biblioteca Valor. Publifolha. 2004.

CAMPOS, A. G.; AMORIM, R. L. C; GARCIA, R. C. (editores). Brasil – o estado de uma nação. Estado, crescimento e desenvolvimento. A eficiência do setor Público no Brasil. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2008. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br).

CAPELLI, A. Mecatrônica Industrial. Editora Saber. 2002.

CARVALHO, G. Máquinas Elétricas – Teoria e ensaios. Editora Érica. 2006.

Carta IEDI n. 197. A Indústria em 2005: Expansão para Poucos. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. Março de 2006. Disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

Carta IEDI n. 345. Produção Industrial em Novembro de 2008: A Grande Retração e a Necessidade de Políticas. Janeiro de 2009. Disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. PINTEC 2008: Análise e Agenda de Pesquisa. Radar: tecnologia, produção e comércio exterior, n. 11, p. 8-15, 2010.

CAVALIERO, C. K. N. & DA SILVA, E. *Electricity generation: regulatory mechanisms to incentive renewable alternative energy sources in Brazil*. Energy Policy, 33, 1745-1742, 2005.

CHESBROUGH, H. *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press. 2006.

CHIARA, M. “Câmbio acelera importação de matéria-prima”. O Estado de S. Paulo, 16 de outubro de 2006.

Catálogo KSB. [www.ksb.com.br](http://www.ksb.com.br). 2005.

CLARK, A. *Making provision for energy-efficiency investment in changing markets: an international review*. Energy for Sustainable Development. Volume V, N. 2, June 2001.

CNI CEPAL. Investimentos na Indústria Brasileira 1998/2002. 2001.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. Inovar para Crescer: Propostas para Acelerar o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Brasileira. Segundo Congresso Brasileiro de Inovação na Indústria. 2007. <http://www.cni.org.br/inovacao>.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. Crescimento. A visão da indústria. 2006. <http://www.cni.org.br>

CNI Sebrae. Indicadores de Competitividade na Indústria Brasileira. Segunda edição - Revista e atualizada. Brasília, 2005. Disponível em: [www.cni.org.br](http://www.cni.org.br)

COIMBRA, L. e SALGADO, R. “Energia sobe 103% para indústria e 40% para residências em três anos”. Jornal Valor Econômico, 12 de maio de 2006.

CORDER, S. M. Financiamento e incentivos ao sistema de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: quadro atual e perspectivas. *Tese de doutorado*. Instituto de Geociências. UNICAMP. 2004.

CZAPSKI, S. “Investimento em ganho de eficiência atingem R\$ 1,4 bi”. Valor Econômico. Especial – Empresa & Comunidade, 22 de janeiro de 2008.

DALY, H. *Beyond Growth - The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 1996.

D'AMORIM, S., LAGE, J. e MACHADO, R. “Desoneração da indústria atinge R\$ 2 bi”. Folha de S. Paulo, 13 de maio de 2008.

DAMASCENO, S.; CERQUEIRA, J.; LIMA, A.; OLIVEIRA, A. e JESUS, R. “Uma proposta para a avaliação do rendimento de motores elétricos de indução em chão de fábrica”. XIV – Congresso Brasileiro de Automática. 2 a 5 de setembro de 2002.

DANTAS, F. “Governo põe R\$ 21,4 bi na indústria”. O Estado de S. Paulo, 13 de maio de 2008.

DEMANBORO A. C. Uma metodologia alternativa para avaliação ambiental a partir dos conceitos de totalidade e ordem implicada. *Tese de doutorado*. FEC/UNICAMP, 2001.

DEMANBORO, A. C.; MARIOTONI, C. A.; NATURESA, J. S e JUNIOR, J. R. “A Sustentabilidade através de Empreendimentos Energéticos Descentralizados”. Agrener GD 2006, 6º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, “Biocombustíveis: uma oportunidade para o Brasil e para o Mundo”. 2006.

*Determining Electric Motor Load and Efficiency*. Fact Sheet. Motor Challenge - a Program of the U.S. Department of Energy. 1999. Disponível em:  
[http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs\\_motors.html](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html)

DIAS, R; MATTOS, C. e BALESTIERI, J. Uso racional da energia – ensino e cidadania. Editora Unesp. 2006.

DUTRA, J. A eficiência energética em sistemas de bombeamento de água. Revista Eletricidade Moderna. Agosto. 2005.

DUPAS, G. O mito do progresso. Editora Unesp. 2006.

Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento. Procel Sanear Eficiência Energética no Saneamento Ambiental. Eletrobrás. 2005.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. PDE – Plano Decenal de Expansão 2019. Disponível em:  
[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

\_\_\_\_\_. PDE - Plano Decenal de Expansão 2017. Disponível em:  
[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

FERNANDES JR., O. “A Natureza Agradece”. Desafios do Desenvolvimento, N 25, páginas 54 a 59, agosto de 2006.

FERRAZ, J. C.; MITERHOF, M.; MARQUES, F. “Política Industrial: passo curto, vista longa”. Valor Econômico, 23 de novembro de 2010.

FERREIRA, P. C. & CARDOSO, R. F. “Política cambial, desindustrialização e crescimento”. Valor Econômico, 29 de março de 2010.

FERREIRA, C. A., PERRONE, F. P. D., MOREIRA, M. A. R. G.; OLIVEIRA, H. L.; PINTO, A. B. A.; SOBRAL, A. S.; MOTTA, B. R.; MOYA, C. H.; SPERA, M. R.; VILELA, L.C. T.; GÓES, R. R. A.; TEIXEIRA, M. V. P.; SOBRAL, R. L. Atuação da Eletrobrás, através do Procel, na Eficiência Energética de Indústrias Brasileiras. *The 8<sup>th</sup> Latin-American Congress on Electricity Generation Transmission* – CLAGTEE 2009.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). Pesquisa FIESP sobre Impacto da PDP na Indústria Paulista. 2009. Disponível em: [www.fiesp.com.br](http://www.fiesp.com.br)

FILLIPO FILHO, G. “Motores elétricos e o consumo industrial de energia no Brasil”. Revista Eletricidade Moderna. Outubro de 2004.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S. D. *Electric Machinery*. Fifth Edition in SI Units. McGraw-Hill. 1992.

FLARYS, F. Eletrotécnica Geral – Teoria e Exercícios Resolvidos. Editora Manole. 2006.

FRANCO, R. M. “O ‘corredor polonês’ da usina Belo Monte”. Valor Econômico, 31 de março de 2010.

FURTADO, C. “Promessas e Incertezas”. Desafios do Desenvolvimento, N 11, páginas 16 a 23, junho de 2005.

GARCIA, A. G. P. Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dezembro de 2003.

Gardner Denver. *Multistage Centrifugal Blowers/Exhausters*. Disponível em: [www.gardnerdenverproducts.com](http://www.gardnerdenverproducts.com). 2010.

GELLER, H. S. Revolução Energética. Políticas para um futuro sustentável. Editora Relume Dumará. 2003.

GRIMONI, J. A.; GALVÃO, L. C. e UDAETA, M. E. Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo. Edusp. 2004.

GUSSOW, M. Eletricidade Básica. Pearson Makron Books. 2004.

GRIFFIN, J. M. & STEELE, H. B. *Energy Economics and Policy – 2nd Edition*. Academic Press. 1986.

HADDAD, J. “Uma Análise sobre o Estabelecimento de Critério para Aplicação de Recursos em Programas de Eficiência Energética”. XII CBE - Congresso Brasileiro de Energia. 2008.

HADDAD, J.; PORTO, L. C. F.; LEONELLI, P.A.; CRUZ, P. T. A. “A Operacionalização da Lei de Eficiência Energética”. V CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2006.

HADDAD, J. A Lei de Eficiência Energética e o Estabelecimento de Índices Mínimos de Eficiência Energética Para Equipamentos no Brasil. Revista Brasileira de Energia. Volume 11, número 1, 1º semestre de 2005.

HERRING, H. *Energy efficiency – a critical view*. Energy, Volume 31, pages 10 – 20. 2006.

Indicadores de Competitividade na Indústria Brasileira. CNI Sebrae. Segunda edição - Revista e atualizada. Brasília, 2005. Disponível em: [www.cni.org.br](http://www.cni.org.br)

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. Desafios da Inovação. Incentivos para Inovação: O que Falta ao Brasil. Fevereiro de 2010. Disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

\_\_\_\_\_. A Evolução da Estrutura Industrial. Setembro de 2008. Disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

\_\_\_\_\_. A Política de Desenvolvimento Produtivo. Maio de 2008. Disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

\_\_\_\_\_. Desindustrialização e os Dilemas do Crescimento Econômico Recente. Maio de 2007. Disponível em: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br).

Inovação: a construção do futuro - CNI. 2009. Disponível em: [http://www.inovacaocni.com.br/\\_global/Manifesto\\_MEI.pdf](http://www.inovacaocni.com.br/_global/Manifesto_MEI.pdf)

IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Conjuntura em Foco. Ano 2, Abril de 2010. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br).

\_\_\_\_\_. Indicador IPEA de Produção Industrial Mensal. Dezembro de 2009. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br).

JANNUZZI, G. D. M. Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado – Uma experiência recente dos EUA e do Brasil. Editora Autores Associados. 2000.

\_\_\_\_\_. *Power sector reforms in Brazil and its impacts on energy efficiency and research and development activities*. Energy Policy, 33, 1753-1762, 2005.

KEULENAER, H.; BELMANS, R.; BLAUSTEIN, E.; CHAPMAN, D.; ALMEIDA, A.; WACHTER, B.; RADGEN, P. *The Motor Challenge Programme*. Abril 2004. <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int>

KUPFER, D. & HASENCLEVER, L. (Organizadores). Economia Industrial. Fundamentos teóricos e práticos no Brasil. Editora Campus. 2002.

KUPFER, D. “Pintec 2008: primeiras análises”. Valor Econômico, 3 de novembro de 2010a.

\_\_\_\_\_. “O incômodo das commodities”. Valor Econômico, 3 de março de 2010b.

- KUPFER, D. “Os curtos anos 00”. Valor Econômico, 9 de dezembro de 2009a.
- \_\_\_\_\_. “50 anos em 50”. Valor Econômico, 11 de novembro de 2009b.
- \_\_\_\_\_. “Do encadeamento ao transbordamento”. Valor Econômico, 30 de abril de 2008.
- \_\_\_\_\_. Política Industrial. Econômica. Rio de Janeiro, v. 5, n.2, p. 91-108, 2004.
- KAEHLER, J.; GIABIATTI, A. e NUNES, A. “O impacto da efficientização energética de força motriz no setor industrial do Rio Grande do Sul”. XVII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. 19 a 24 de outubro de 2003.
- KOZLOFF, K.; COWART, R.; JANNUZI, G. e MIELNIK, O. Recomendações para uma Estratégia Regulatória Nacional de Combate ao Desperdício de Eletricidade no Brasil. Financiado por *United States Agency for International Development (USAID)* - Brasil. 2000.
- KOSOW, I. L. Máquinas elétricas e transformadores. Editora Globo. 2000.
- KIM, L. & NELSON, R. R. (Orgs.). Tecnologia, Aprendizado e Inovação – As experiências das economias de industrialização recente. Editora Unicamp. 2005.
- LANDIM, R. “Importação de bens duráveis cresce 93 % no terceiro trimestre”. Valor Econômico. 20, 21 e 22 de outubro de 2006.
- Lawrence Berkeley National Laboratory & Hydraulic Institute. *Improving Pumping System Performance - A Sourcebook for Industry*. The United States Department of Energy - Motor Challenge Program. 1999.
- LEPETITGALAND, K. K. PROCEL INFO: Resultados e Perspectivas. *Monografia*. Universidade Federal de Itajubá. 2010.
- \_\_\_\_\_. Aplicação do *Balanced Scorecard* para Avaliação do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – PROCEL INFO. *Dissertação de mestrado*. Faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.
- LESOURD, J.; PERCEBOIS, J.; VALETTE. *Models for Energy Policy*. Routledge. 1996.
- LEWIS, S. *AC Motors from A to Z*. 2006. PuertoRicoSuppliers.Com. <http://www.icon-pr.com>
- Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica. ELETROBRÁS/PROCEL. 2002.
- MARIOTONI, C. A. & NATURESA, J. S. “Inovação Tecnológica, Eficiência Energética e os Investimentos na Indústria Brasileira”. II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. 2007.
- MARIOTONI, C. A.; NATURESA, J. S. e DEMANBORO, A. C. “Indicadores Industriais e Eficiência Energética”. Conferência Internacional de Ciclo de Vida, 26 a 28 de fevereiro de 2007.

MARIOTONI, C. A.; NATURESA, J. S.; SANTOS JUNIOR, J. R. e DEMANBORO, A. C. “Comparação dos Programas de Eficiência Energética para Sistemas Motrizes”. XII CBE - Congresso Brasileiro de Energia. Agosto de 2006.

MARTIGNONI, A. Máquinas de corrente alternada. Editora Globo. 1995.

\_\_\_\_\_. Ensaio de máquinas elétricas. Editora Globo. 1987.

MAIA, S. “Fontes alternativas devem atingir meta em 2008”. Valor Econômico, 15 de janeiro de 2007.

MAIA, J. B. Z. Investimento industrial no Brasil nos anos noventa. *Tese de doutorado*. Instituto de Economia. UNICAMP. 2004.

MALONEY, W. & PERRY, G. *Hacia una política de innovación eficiente em América Latina*. Revista de La Cepal. Dezembro de 2005.

MAMMANA, G. P. O financiamento do setor elétrico e as políticas de meio ambiente e de conservação de energia no Brasil. *Dissertação de mestrado*. Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. 1994.

MANI, S. *Government, Innovation and Technology Policy – Na International Comparative Analysis*. Edward Elgar. 2002.

Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica. Guia Técnico PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2002.

Manual de Curvas Características KSB. Modelos KSB Meganorm, KSB Megabloc, KSB Megachem e KSB Megachem V - Bomba centrífuga com corpo espiral dividido radialmente. 2010.

MARQUES, M. C. S., HADDAD, J. e GUARDIA, E. C. (Coordenação). Eficiência Energética. Teoria & Prática. Eletrobrás/Procel Educação, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e FUPAI. 2007.

MATSCH, L. & MORGAN, J. *Electromagnetic and Electromechanical Machines*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. 1986.

MEDEIROS, R. L. “Novas políticas industriais”. Valor Econômico, 23 de agosto de 2010.

MENEZES, T. V.; MACHADO, L. D.; BARRETO, M. P.; BARROS, D. P.; PINHEIRO, M. G.; MOREIRA, M. A.; CAPELLA, P. S.; OTERO, O. L.; PERRONE, F. P.; SOARES, G. A.; GLÓRIA, D. N. “Avaliação de Projeto de Eficiência Energética Envolvendo Qualidade de Energia: Estudo de Caso da COMUSA”. 2007. Disponível em:

METALTEX. Inversor Delta VDF-L – Manual do usuário. 2007.

MIRANDA, Z. O vôo da Embraer – a competitividade brasileira na indústria de alta tecnologia. Editora Papagaio. 2007.

McCOY, G.; LITMAN, T.; DOUGLASS, J.; *Energy-Efficient Electric Motor Selection Handbook*. Washington State Energy Office. 1993.

McCOY, G. & DOUGLASS, J. G. *Energy Management for Motor-Driven Systems*. Washington State University and Cooperative Extension Energy Program. 2000.

MORAIS, J. M. “Uma avaliação de programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos Fundos Setoriais e na Lei de Inovação” in João Alberto de Negri & Luis Cláudio Kubota (Organizadores), Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2008.

Motores Elétricos de Alta Tensão (DT-6). Centro de Treinamento Weg. 2000.

MOWERY, D. C. & ROSENBERG, N. Trajetórias da inovação – A mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX. Editora Unicamp. 2005.

MUNIZ, S. Sambando em gelo fino. Investimento industrial, capacitação tecnológica e organizacional e competitividade brasileira nos anos 90. *Tese de doutorado*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000.

NASAR, S. *Electric Machines and Power Systems - Volume I, Electric Machines*. McGraw-Hill, Inc. 1995.

NASSIF, L. “O novo planejamento elétrico”. Folha de S. Paulo, 22 de junho de 2001. Disponível em: [http://www.eletrabras.gov.br/IN\\_Noticia\\_Biblioteca/setoreletrico.asp](http://www.eletrabras.gov.br/IN_Noticia_Biblioteca/setoreletrico.asp)

NATURESA, J. S.; MARIOTONI, C.A.; GOMES, M. H. A. “A crise econômica e os programas de eficiência energética”. VII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético – CBPE, 8 a 10 de setembro. 2010a.

NATURESA, J. S.; MARIOTONI, C. A.; FERREIRA, A. S. Q. “Cenários para Eficiência Energética no Brasil: Realidade ou Ilusão?”. 8º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural - Agrener GD. 2010b.

NATURESA, J. S. & MARIOTONI, C. A. “Política de Desenvolvimento Produtivo e Eficiência Energética”. XI Congresso Brasileiro de Energia - CBE. 2008a.

NATURESA, J. S.; MARIOTONI, C. A.; MENEZES, T. V.; PERRONE, F. P. D.; LEPETITLAGAND, K. K. “Levantamento dos Programas de Eficiência Energética para Sistemas Motrizes na Indústria e os Principais Resultados do PROCEL INFO”. VI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 28 a 30 de maio. 2008b.

NATURESA, J. S.; MARIOTONI, C. A.; MENEZES, T. V.; PERRONE, F. P. D.; LEPETITLAGAND, K. K. “Respostas para crise de energia elétrica: eficiência energética, uso racional de energia e fontes renováveis”. 7º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural - Agrener GD. 2008c.

NATURESA, J. S.; MARIOTONI, C. A.; MENEZES, T. V.; PERRONE, F. P. D.; LEPETITLAGAND, K. K.; BASTOS, F. C. “Levantamento dos programas de eficiência energética para sistemas motrizes na indústria e os principais resultados do PROCEL INFO”. 7º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural - Agrener GD. 2008d.

NATURESA, J. S. & MARIOTONI, C. A. “Inovação Tecnológica, Eficiência Energética e os Investimentos na Indústria Brasileira”. Revista Brasileira de Energia. Vol. 14, Nº 1, 1º semestre. 2008e.

NATURESA, J. S.; SANTOS JUNIOR, J. R.; DEMANBORO, A. C.; MARIOTONI, C. A.; “Estudos Multidisciplinares na Área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, Avaliando-se o Uso de Energia Excedente de Hidrelétricas como uma Alternativa para a Produção de Hidrogênio”. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE 2006.

NELSON, R. R. As fontes do crescimento econômico. Editora Unicamp. 2006.

NOGUEIRA, L. A. H. “Uso racional: a fonte energética oculta” in Dossiê Energia Estudos Avançados 59, Vários autores. Volume 21. Número 59. Páginas 91 a 105. Janeiro/Abril de 2007.

Oak Ridge National Laboratory and Xenergy, Inc. *Evaluation of the U.S. Department of Energy Motor Challenge Program*. 2000. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov>

O Novo Modelo do Setor Elétrico. Ministério de Minas e Energia. 2004. Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)

OLIVER, T.; LEW, D.; REDLINGER, R.; PRIJYANONDA, C. *Global energy efficiency and renewable energy policy and initiatives*. Energy for Sustainable Development. Volume V, N. 2, June 2001.

*Optimizing your Motor-Driven System*. Fact Sheet. Motor Challenge - a Program of the U.S. Department of Energy. 1999. Disponível em: [http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs\\_motors.html](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html)

PEREIRA, R. “Indústria reduz investimentos em 26%”. O Estado de S. Paulo. 24 de maio de 2009.

PINTEC - Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica. 2008. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/>

\_\_\_\_\_. 2005. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/>

PINTEC - Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica. 2003. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/>

PINTO JUNIOR, H. Q. (organizador); ALMEIDA, E. F.; BOMTEMPO, J. V.; IOOTTY, M.; BICALHO, R. G. Economia da Energia – Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial. Editora Campus. 2007.

PNE – 2030 – Eficiência Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

PONCET, A. & MORARI, M. *Value for money. Making more with less – optimizing asset utilization*. ABB Review. Pages 39 – 43. 2005.

Portaria MME/MCT/MDIC n° 553/2005. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)

PORTO, R. Hidráulica Básica. Publicação EESC-USP. 2004.

PROCEL - Casos de Sucesso. Eficiência Energética no Saneamento Ambiental. Projeto Demonstrativo na Região da Vila do Encontro SABESP – São Paulo – SP. Agosto de 2009. Disponível em: [www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)

\_\_\_\_\_. O Caso de Lagoa Santa – COPASA – MG. Agosto de 2009. Disponível em: [www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)

\_\_\_\_\_. Projeto Demonstrativo do Parque da Bolandeira Salvador EMBASA - BA. Agosto de 2009. Disponível em: [www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)

PROCEL - Casos de Sucesso. Eficiência Energética na Multibrás. Número 8. Junho de 2005.

\_\_\_\_\_. Eficiência Energética no Saneamento Básico - SABESP - Projeto Santana. Número 6. Junho de 2005.

POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO.  
<http://www.desenvolvimento.gov.br/pdp/>

PROCEL INFO - Centro Brasileiro de Informação em Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/elb/procelinfo/main.asp>

\_\_\_\_\_. Um ano: Resultado e Perspectivas, 2007. Trabalho apresentado no Fórum Permanente de Energia e Meio Ambiente da Unicamp, 4 de Setembro de 2007 (Auditória da Biblioteca Central). Disponível em: [http://www.cori.unicamp.br/foruns/energia/foruns\\_energia.php](http://www.cori.unicamp.br/foruns/energia/foruns_energia.php).

RAMOS, M. e TATIZAWA, H. “Implementação de motores de alto rendimento na indústria de alimentos”. Revista Eletricidade Moderna. Abril de 2005.

RAUPP, M. A. “Modelos para a inovação da indústria brasileira”. Valor Econômico, 6 de outubro de 2010.

REIS, D. C. Gestão da Inovação Tecnológica – 2ª Edição. Editora Manole. 2008.

REIS, L. B. E SILVEIRA S. (organização). Energia Elétrica para o desenvolvimento sustentável. EDUSP. 2003.

REIS, L. B. Geração de Energia Elétrica - Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade. Editora Manole, 2003.

*Replacing an Oversized and Underloaded Electric Motor*. Fact Sheet. Motor Challenge - a Program of the U.S. Department of Energy. 1999. Disponível em: [http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs\\_motors.html](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html)

Resultados do Procel 2009. Sumário Executivo. 2010. Disponível em: [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)

REZEK, A. J.; ALMEIDA, A. T.; CORTEZ, J. A.; ROCHA SILVA, S. e GOULART, T. C. “Análise de desempenho de motores de indução trifásicos alimentados por inversor PWM”. XVI SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. 21 a 26 de outubro de 2001.

RITTNER, D. “Emissão de CO2 pode triplicar no país até 2017”. Valor Econômico. 6 de janeiro de 2009.

ROCKMANN, R. & LÍRIO, S. “As Travas do Crescimento”. Carta Capital, N 426, páginas 22 a 31, 10 de janeiro de 2007.

ROSA, L. P.; OLIVEIRA, L. C.; COSTA, A. O.; PIMENTEIRA, C. A.; MATTOS, L. B.; HENRIQUES, R. M.; ARANDA, D. A. “Geração de Energia a Partir de Resíduos do Lixo e Óleos Vegetais” in M. T. Tolmasquim (org.), Fontes Renováveis de Energia no Brasil. Editora Interciência. 2003.

ROSA, L. P.; TOLMASQUIM, M. T. e PIRES, J. C. A Reforma do Setor Elétrico no Brasil e no Mundo, uma visão crítica. Relume Dumará. Rio de Janeiro, 1998.

ROSENBERG, N. Por dentro da caixa-preta – Tecnologia e Economia. Editora Unicamp. 2006.  
ROUSSEF, D. V. “O Rio Grande do Sul e a Crise de energia elétrica” in A energia elétrica em debate - a experiência brasileira e internacional de regulação. UFRGS Editora. 2003.

SANTOS, C. “Para analistas, inovação segue e passo lento”. Valor Econômico, 5 de janeiro de 2011.

SANTOS, C.; SCHUFFNER, C. e MAIA, S. “Com crescimento menor, vai sobrar energia em 2009”. Valor Econômico. 2 de janeiro de 2009.

SANTOS, V.; PERRONE, F.; FERREIRA, C.; OLIVEIRA, H.; SOARES, G.; MOTTA, B.; MOYA, C.; PIFFER, R. “Otimização de Sistemas Motrizes Industriais”. VI SBQEE - Seminário Brasileiro Sobre Qualidade de Energia Elétrica. Agosto de 2005. <http://www.visbqee.com.br/>

SANTOS, V.; SOARES, G.; PERRONE, F.; MOREIRA, M.; PONTES, R. “Programa Nacional de Eficiência na Indústria: Direcionando o Foco para Sistemas Motrizes”. XVII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Outubro de 2003. <http://www.xviiisnp tee.com.br/index.htm>

SEN, P. C. *Principles of Electric Machines and Power Electronics*. John Wiley & Sons. 1997.

SOARES, G. A. & LIMA, A. G. G. “Conservação de Energia em Motores Elétricos e Acionamentos Eletrônicos”. SIMEAR – II Seminário Internacional de Motores e Acionamentos Reguláveis (ABINEE TEC 91). Maio de 1991.

SOUZA E SILVA, R.; NEGRÃO JR., A.; TOSTES, M.; SAMUEL DA SILVA, H.; PAIVA, H.; BEZERRA, U.; FREIRE, R.; MACIEL, N.; RIBEIRO, E. e SENA, F. “Problemas de qualidade da energia e sua influência no rendimento de sistemas motrizes industriais”. VI SBQEE - Seminário Brasileiro Sobre Qualidade de Energia Elétrica. Agosto de 2005. <http://www.visbqee.com.br/>

SCHEILING, P. U.S. *Department of Energy’s Motor Challenge Program: A National Strategy for Energy Efficient Industrial Motor-Driven Systems*. U.S. Department of Energy, Industrial Technology Program Washington, DC, USA. 2005. <http://www.eere.energy.gov>

Sondagem Especial da Confederação Nacional da Indústria. Investimento na Indústria Brasileira. Ano 3, N°. 3, novembro de 2005. Disponível em: [www.cni.org.br](http://www.cni.org.br)

SCHUFFNER, C. “Indústria faz o consumo de energia bater recorde”. *Jornal Valor Econômico*, 7 de janeiro de 2005.

\_\_\_\_\_. “Indústria consome 8,7% mais energia em 2004”. *Jornal Valor Econômico*, 7 de janeiro de 2005.

SCHUFFNER, C. & RITTNER, D. “Decisão eleva risco de racionamento e cria atrito”. *Jornal Valor Econômico*, 24 de novembro de 2006.

\_\_\_\_\_. “Preço pode subir até 110% indica estudo”. *Jornal Valor Econômico*, 24 de novembro de 2006.

STAVISKI, N. “Usina Itaipu eleva tarifa em 10,3%”. *Gazeta Mercantil*, 20 de dezembro de 2006.

SILVA, C. “Indústria deve continuar travada”. *O Estado de S. Paulo*, 30 de outubro de 2006.

SIMÕES, J. “Estudiosos preocupam-se com dados que mostram queda no esforço de pesquisa na empresa; governo e empresas gostam dos resultados”. *Inovação Unicamp*, 16 de novembro de 2010a. Disponível em: [www.inovacao.unicamp.br/2011.php](http://www.inovacao.unicamp.br/2011.php)

SIMÕES, J. “Taxa de inovação cresce, mostra pesquisa do IBGE; compra de máquinas e equipamentos permanece principal forma para inovar”. Inovação Unicamp, 3 de novembro de 2010b. Disponível em: [www.inovacao.unicamp.br/2011.php](http://www.inovacao.unicamp.br/2011.php)

SIMONE, G. A. Máquinas de indução trifásicas – Teoria e exercícios. Editora Érica. 2003.

Setor Elétrico Brasileiro. Passado e futuro – 10 anos. Vários autores. Editora Canalenergia. 2005.

SUZIGAN, W. Indústria Brasileira – Origem e Desenvolvimento. Editora Hucitec e Editora da Unicamp. 2000.

SUZIGAN, W. e VILLELA, A. *Industry Policy in Brazil*. Universidade Estadual de Campinas; Instituto de Economia. 1997.

SUZIGAN, W. Política Industrial no Brasil *in* Indústria: política, instituições e desenvolvimento; Wilson Suzigan (editor), Celsius A. Lodder, Dorothea F. Werneck, Eustáquio J. Reis, Jorge Vianna Monteiro, Luiz Otavio Façanha, Luiz Roberto A. Cunha, Maria Helena Horta, Milton da Mata, Regis Bonelli e Ricardo Bielchowsky. IPEA/INPES. Monografia N. 28. 1978.

TARALLI, C. Tecnologia – o Custo e o Risco da Inovação. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Disponível em: [www.ie.usp.br/artigos](http://www.ie.usp.br/artigos).

TEREZA, I. “Bens de capital e inovação terão destaque”. O Estado de S. Paulo, 11 de maio de 2008.

TIDD, J.; BESSANT, J. & PAVITT, K. Gestão da Inovação. Editora Bookman. 2008.

TIGRE, P. B. Gestão da Inovação – A Economia da Tecnologia no Brasil. Editora Campus. 2006.

TOLMASQUIM, M. T. (coordenação). Geração de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Interciência, COPPE, UFRJ, CENERGIA, 2005.

TORO, V. D. Fundamentos de máquinas elétricas. Editora LTC. 1999.

TREVISAN, C. “Brasil cai em ranking de investimento”. Folha de S. Paulo, 19 de outubro de 2006.

Vários autores. *BusinessWeek* Inovação – As Regras do Jogo. Como os Inovadores Mais Corajosos do Mundo Alcançaram o Topo. Editora Nobel. 2007.

WEISZ, J. Mecanismos de Apoio à Inovação Tecnológica. Protec, Senai e Ministério da Ciência e Tecnologia. 2006.

WEG. CFW-09 - Inversores de frequência. 2010.

WEGRZYNOVSKI, R. “Cabo de Guerra”, Desafios do Desenvolvimento, N 29, páginas 30 a 37, dezembro de 2006.

WORREL, E.; LAITNER, J. A.; RUTH, M.; FINMAN, H. *Productivity benefits of industrial energy efficiency measures*. Energy, volume 28, pages 1081 – 1098, 2003.

WRIGHT, J. T. C. & GIOVINAZZO, R. A. “A política industrial e a estratégia da nação” in Política Industrial 2, Maria Tereza Leme Fleury e Afonso Fleury (organização). Biblioteca Valor. Publifolha. 2004.

WWF Brasil. Agenda Elétrica Sustentável 2020. 2007. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/>

YOSHINO, R. D. Barreiras ao Uso Racional de Energia em Micro, Pequenas e Médias Empresas. *Dissertação de mestrado*. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2003.

YAMAYEE, Z. A. & BALA JR., J. L. *Electromechanical Energy Devices and Power Systems*. John Wiley & Sons, Inc. 1994.

ZYLBERSZTAJN, D. Anais do I CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Centro de Convenções – UNICAMP. Maio de 1989.

## REFERÊNCIAS INFOGRÁFICAS

Agência USP de Inovação. In Internet Site: [www.inovacao.usp.br](http://www.inovacao.usp.br)

ANEEL. In Internet Site: [www.aneel.com.br](http://www.aneel.com.br)

BEN - Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. In Internet site: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432)

Cartão BNDES. In Internet Site: <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/>

CEPEL. In Internet Site: [www.cepel.gov.br](http://www.cepel.gov.br)

CERA – *Cambridge Energy Research Associates*. In Internet Site: <http://www.cera.com/asp/cda/public1/home/home.aspx>

CONPET – Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural. In Internet Site: [www.conpet.gov.br](http://www.conpet.gov.br)

CRESESB – Centro de Referência de Energia Solar e Eólica. In Internet Site: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)

DME – Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas. In Internet Site: [www.dmepc.com.br](http://www.dmepc.com.br)

EERE – *Energy Efficiency and Renewable Energy* (U.S. Department of Energy). In Internet Site: [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

ELETROBRAS. In Internet Site: [www.eletrobras.gov.br/procel/site/oprograma/resultados.asp](http://www.eletrobras.gov.br/procel/site/oprograma/resultados.asp)

ENERGY EFFICIENCE. In Internet Site: <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/eurodeem/basicfeat.htm>

EPRI - *Electric Power Research Institute*. In Internet Site: [www.epri.com](http://www.epri.com)

EURODEEM - *European Database of Energy-Efficient Motors*. In Internet Site: <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/eurodeem/basicfeat.htm>

GEEREF - *Global Efficiency and Renewable Energy Fund*. In Internet Site: <http://www.eif.org/about/geeref.htm>

GEF - *Global Environment Facility*. In Internet Site: <http://www.gefweb.org/>

IEDI – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. In Internet Site: [www.iedi.org.br](http://www.iedi.org.br)

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. In Internet Site: [www.inee.org.br](http://www.inee.org.br)

Inovação Unicamp – Boletim dedicado à inovação tecnológica. In Internet Site: [www.inovacao.unicamp.br](http://www.inovacao.unicamp.br)

INOVA UNICAMP – Agência de Inovação da UNICAMP. In Internet Site: [www.inova.unicamp.br/site/06/](http://www.inova.unicamp.br/site/06/)

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. In Internet Site: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br)

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. In Internet Site: [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. In Internet Site: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)

Política de Desenvolvimento Produtivo. In Internet Site: [www.mdic.gov.br/pdp/index.php/sitio/inicial](http://www.mdic.gov.br/pdp/index.php/sitio/inicial)

PINTEC – Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica. In Internet Site: <http://www.pintec.ibge.gov.br/>

PORTAL VITRUVIUS. In Internet Site: [www.vitruvius.com.br](http://www.vitruvius.com.br)

PORTAL ARCOWEB. In Internet Site: [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br)

PROCEL Info. In Internet Site: [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)

PROTEC – Pró-Inovação Tecnológica. In Internet Site: [www.protec.org.br](http://www.protec.org.br)

REEEP - *Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership*. In Internet Site:  
<http://www.reeep.org/>

Secretaria de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo. In Internet Site:  
<http://www.saneamento.sp.gov.br/>



# ANEXO A

Date: 02-Apr-06

PROJECT: ETE



Application: Sistema de Aeração - Tratamento de Efluentes  
Customer Name:  
Comments:  
Cf Blower 2005-ADOI  
13.475 SCFM @ 9,05 psig (26.481 Am<sup>3</sup>/h @ 0,624 barg)  
SCFM @ 14,696 psia / 68 °F / 36 % RH  
Application Engineer: William T. Marion  
Sales Order Number:

GAS MIXTURE: Air(100%)  
MACHINE SELECTION: Model 2000, 5 stage(s) (5xA4), 3570 RPM

<b>CORRECTED VALUES</b>	<b>ORIGINAL UNITS</b>	<b>ENGLISH UNITS</b>	<b>METRIC UNITS</b>
Inlet Set #1			
Altitude	686.000 Alt. (m)	2250.766 ft	686.000 m
Barometer	0.932 Bars(A)	13.521 PSIA	0.932 Bars (A)
Inlet Pres.	0.000 PSIG	13.521 PSIA	0.932 Bars (A)
Inlet Temp.	30.00 C	86.00 F	30.00 C
Inlet Flow	13475.00 SCFM	15586.77 ICFM	26481.08 m <sup>3</sup> /hr(A)
Dis. Pres.	9.050 PSIG	9.050 PSIG	0.624 Bars (G)
Rel. Humid.	80.0 %	80.0 %	80.0 %
CORRECTED INLET FLOW		15587 ICFM	26481 m <sup>3</sup> /hr(A)
EAP		10.36 PSIG	0.80 Bars (G)

# ANEXO B

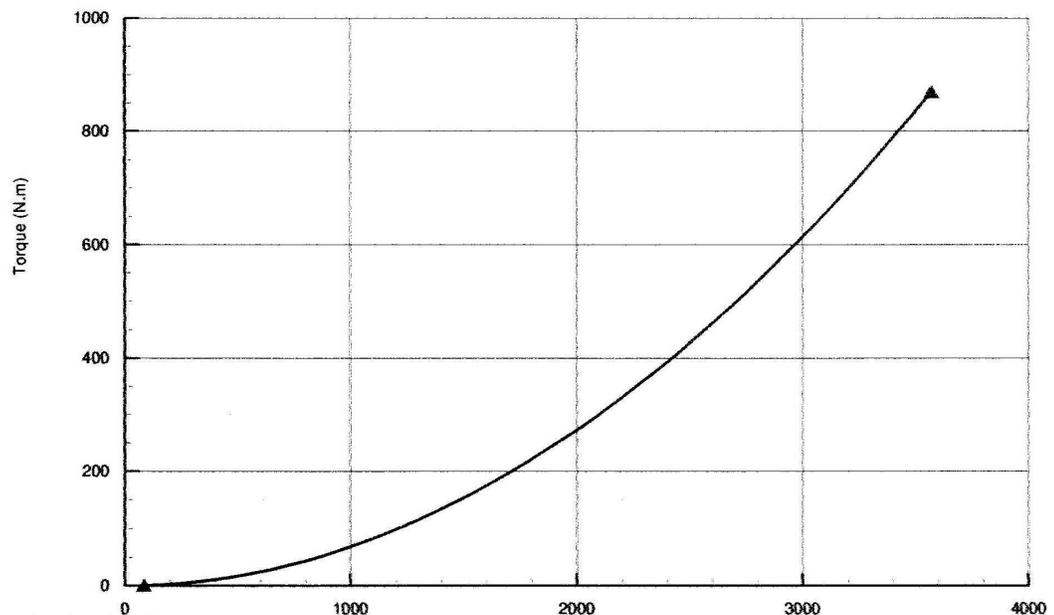
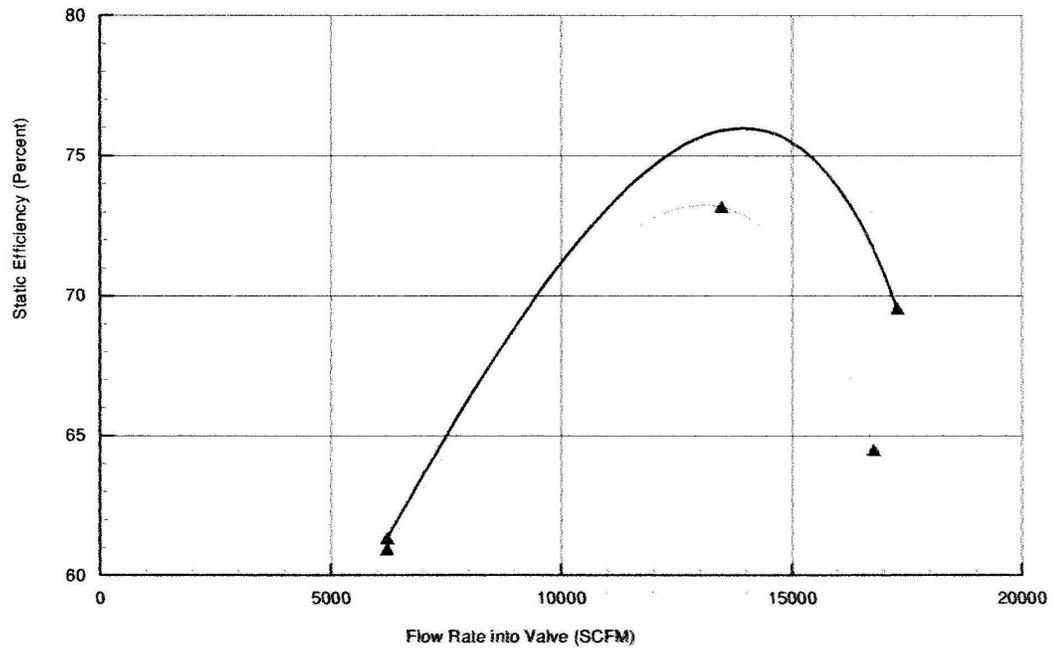
Date: 02-Apr-06

PROJECT: ETE



GAS MIXTURE: Air(100%)

MACHINE SELECTION: Model 2000, 5 stage(s) (5x2A4), 3570 RPM



Legend for Inlet Conditions  
 #1 ▲ #2 ■ #3 ▼ #4 ◆ STD ● Speed (RPM)

## ANEXO C

Tabela A1 - Valores de C por tipo de tubo, idade e qualidade de água.

<b>Tipo de Tubo</b>	<b>25 mm</b>	<b>75 mm</b>	<b>150 mm</b>	<b>300 mm</b>
Ferro fundido novo cimentado	-	129	133	138
Água moderadamente agressiva - 30 anos	-	83	90	97
Água moderadamente agressiva - 60 anos	-	69	79	85
Água moderadamente agressiva - 100 anos	-	61	70	78
Condições severas - 30 anos	-	41	50	58
Condições severas - 60 anos	-	30	39	48
Condições severas - 100 anos	-	21	30	39
Aço galvanizado novo	120	129	133	-
PVC novo	134	142	145	147

Fonte: Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005.

Tabela A2 - Valores de K para diversas peças.

<b>Tipo de Peça</b>	<b>Valor de K</b>
Ampliação gradual	0,3
Bocais	2,75
Comporta aberta	1
Cotovelo de 90 graus	0,9
Cotovelo de 45 graus	0,4
Crivo	0,75
Curva de 90 graus	0,4
Curva de 45 graus	0,2
Entrada normal em canalização	0,5
Registro de Gaveta aberto	0,2
Registro de Globo aberto	10
Tê passagem direta	0,6
Tê saída de lado	1,3
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,5

Fonte: Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento, 2005.