FLÁVIO FERNANDES

**Substituição da Eletrotermia por Gases Combustíveis
no Setor Industrial**

Tese apresentada ao Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / Faculdade de Economia e Administração / Instituto de Eletrotécnica e Energia / Instituto de Física) para obtenção do título de Doutor em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Tadeu Werneck Fagá

São Paulo
2008

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Fernandes, Flávio.

Substituição da Eletrotermia por Gases Combustíveis
no Setor Industrial / Flávio Fernandes; orientador Murilo
Tadeu Werneck Fagá. – São Paulo, 2008.

208. : il.; 30 cm.

Tese (Doutorado – Programa Interunidades de Pós-
Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da
Universidade de São Paulo.

1. Substituição da eletrotermia 2. Gases
combustíveis 3. Energia térmica 4. Qualidade de energia I.
Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Flávio Fernandes

Substituição da Eletrotermia por Gases Combustíveis no Setor Industrial

Tese apresentada ao Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Energia

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

À Beatriz, minha esposa querida, pelo seu amor, sua dedicação, compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo desta jornada.

À Emília, minha falecida mãe. Pena que você não pode esperar para viver este momento comigo. Mas tenho certeza que estará vendo lá de cima.

Aos meus filhos, Gabriel e Mateus; pela graça de Deus de poder recebê-los em meu lar e em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Edmilson, por receber-me no doutorado e pelas orientações iniciais.

Ao Prof. Dr. Ziles, por aprovar-me como aluno regular desta Instituição.

Ao Prof. Dr. Ildo, por ter apresentado em sua disciplina os conceitos que nortearam minha atuação profissional.

Ao Prof. Dr. Simões e Prof. Dr. Aquiles, pelos conhecimentos técnicos recebidos, pelos trabalhos e/ou artigos executados.

Ao Prof. Dr. Fagá, por receber-me de braços abertos como orientador, por ter me auxiliado, orientado e viabilizado meu sonho de concluir a subida deste degrau do conhecimento, com a qualidade necessária.

Ao Prof. Dr. Miguel, pelo acompanhamento periódico dos trabalhos que norteavam o caminho a seguir.

À ANP, que financiou a realização deste doutorado.

RESUMO

FERNANDES, F. **Substituição da Eletrotermia por Gases Combustíveis no Setor Industrial**. 2008. 208 f. Tese de Doutorado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo.

Este trabalho analisa a viabilidade técnica, econômica e financeira para substituir a eletrotermia resistiva pela queima direta de gases combustíveis, sendo eles o gás natural (GN) e o gás liquefeito de petróleo (GLP). Para atingir este objetivo, faz-se um levantamento da presença da eletrotermia nos processos produtivos de algumas indústrias localizadas na grande São Paulo; propõe uma metodologia para a escolha das indústrias com maior concentração na região geográfica estudada com o uso do CEP, código CNAE, histórico do setor e número de funcionários; desenvolve uma metodologia para avaliar o impacto da substituição da eletrotermia na qualidade da energia elétrica resultante da mudança, com o foco no fator de potência e harmônicas; elabora um procedimento para se fazer o levantamento de campo, com a identificação da matriz de usos finais da energia, as características dos processos que utilizam a eletrotermia, analisando as limitações desta substituição, os diferentes custos operacionais de acordo com as tarifas da concessionária e formas de contratação da energia. Este trabalho identifica as políticas e programas governamentais existentes para a eficiência energética e faz análise crítica das mesmas, como também sugere alterações para facilitar a mudança do energético utilizado (cerne da substituição da eletrotermia), buscando aumentar a sinergia entre estes programas e as políticas, com o intuito de apresentar a substituição da eletrotermia como um grande potencial para a redução do consumo de energia elétrica no Brasil e no uso mais racional dos gases combustíveis.

Palavras-chaves: substituição da eletrotermia, gases combustíveis, qualidade de energia, energia térmica.

ABSTRACT

FERNANDES, F. **Substitution of Electrotherm by Combustible Gases in the Industrial Sector**. 2008, 208 p. Thesis (Doctoral) – PIPGE / IEE – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

This work analyzes the technical, economical and financial viability to substitute the resistive electrotherm for the direct combustion of fuel gases, such as natural gas (NG) and liquefied gas of petroleum (LGP). In order to do so, a study of the electrotherm presence in the productive process of some industries located in The Great São Paulo has been done; a methodology to choose industries concentrated mainly in the above mentioned geographic region by Zip Code, ISIC Code, historic of the sector and number of employees was proposed; a methodology was developed to evaluate the impact of the electrotherm substitution on the quality of the remaining electric energy, after the change, focusing on power factor and harmonics; a procedure for the field study was also proposed, identifying the final uses of the energy, the characteristics of the processes which use electrotherm, analyzing the limitations of these substitutions, the different operational costs according to the local concessionaries and how the energy has been contracted. This work identifies the existing policies and governmental programs for energetic efficiency and makes a critical analysis of them, as well as suggesting alternatives to the current energy model (core of electrotherm substitution), seeking to improve the synergy between policies and programs, in an attempt to show the electrotherm substitution as a huge potential to reduce the electric energy consumption in Brazil and a more rational use of fuel gases.

Key words: substitution of the electrotherm, fuel gases, energy quality, thermic energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de Fluxo de Energia.....	23
Figura 1.1.1: Curva esquemática característica da carga durante 1 dia comercial no Brasil.....	26
Figura 1.1.2: Gráficos esquemáticos da demanda dos setores residencial, comércio/serviços e indústrias.....	26
Figura 1.1.3: Distribuição da Energia Final e Útil por setor (BEU-2005), em 1000 tep.....	28
Figura 1.1.4: Distribuição dos Usos Finais por setores e formas (BEU-2005) em 1000 tep.....	30
Figura 1.1.5: Extrapolação para cálculo da Eletrotermia no Setor Industrial, com base em BEU (2005).....	40
Figura 1.1.6 Histórico da Importação de GLP no Brasil em m ³	42
Figura 2.1: Banda de onda correspondente à radiação térmica.....	46
Figura 2.2: Intensidade da radiação por comprimento de onda.....	49
Figura 2.3: Capacidade de calor médio de vários gases calculado entre T e 298°K.....	50
Figura 2.3.1: Exemplo do deslocamento da curva senoidal, devido a cargas indutivas.....	53
Figura 2.3.2: Triângulo retângulo das potências: ativa, reativa e aparente.....	54
Figura 2.3.3: Triângulos de potência da Estufa, do Resto e Total.....	55
Figura 3.1: SELO PROCEL junto com Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, de PROCEL (2007).....	67
Figura 3.2: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, de CONPET (2007).....	69
Figura 4.1.1: Resumo da Metodologia para Escolha das Indústrias Pesquisadas.....	80
Figura 4.1.2: Gráfico com custo de operação com energia elétrica A4 e B3, em percentual.....	81
Figura 4.1.3: Gráfico com custo de operação com diferentes classes de GN e GLP, em percentual.....	82
Figura 4.1.4: Gráfico com custo de operação com energia elétrica, GN e GLP, em percentual.....	83
Figura 4.1.5: Mapa com concessionárias de energia elétrica versos quadrilátero escolhido.....	84
Figura 4.2.1: Diagrama com Resumo da Metodologia de Campo.....	86
Figura 4.2.2: Triângulo com metodologia para comparação de custo e viabilidade.....	87
Figura 5.2.1.1: Diagrama do Processo Produtivo do Alumínio.....	98
Figura 5.2.1.2: Proporção de custo de produção da alumina.....	98
Figura 5.2.1.3: Proporção de custo de produção da alumina.....	99
Figura 5.2.1.4: Gráfico de Pizza com as proporções de cada processo da fabricação.....	101
Figura 5.2.2.1: Fluxo dos Processos Produtivos de Filtros Automotivos	105
Figura 5.2.2.2: Gráfico de Consumo de 2007 [kWh].....	106
Figura 5.2.2.3: Histórico de Demanda [kW].....	107
Figura 5.2.2.4: Gráfico do fator de Potência de 2007.....	107
Figura 5.2.2.5: Matriz energética da empresa 2007 (Demanda Contratada de 3.000 kW).....	108
Figura 5.2.2.6: Custo de Operação do Desengraxe com Classes de GN, GLP e tarifas de Energia Elétrica ...	111
Figura 5.2.2.7 – Gráficos das potências [W] x tempo nas três fases [hora].....	115

Figura 5.2.2.8 – Curva de aquecimento da estufa [°C] x o tempo [min].....	116
Figura 5.2.2.9 – Curva de aquecimento da estufa [°C] x o tempo [min] com alteração proposta.....	117
Figura 5.2.2.10 – Gráfico do custo mensal de energia elétrica, GN e GLP.....	119
Figura 5.2.3.1: Processo produtivo do Sabonete Normal (sem glicerina).....	127
Figura 5.2.3.2: Processo produtivo do Sabonete Glicerinado.....	128
Figura 5.2.3.3: Processo produtivo do Shampoo, Creme Hidratante e Sabonete Líquido.....	128
Figura 5.2.3.4: Histórico do Consumo em kWh e valores em R\$ pagos.....	129
Figura 5.2.3.5: Curvas das tensões e correntes das 3 fases e neutro.....	130
Figura 5.2.3.6a: Curvas das potências ativas (preto) e reativas (azul) das 3 fases.....	130
Figura 5.2.3.6b: Curvas das tensões e correntes das 3 fases e neutro.....	131
Figura 5.2.3.7: Curvas das potências ativas (preto) e reativas (azul) das 3 fases.....	131
Figura 5.2.3.8: Curvas das tensões e correntes das 3 fases e neutro.....	132
Figura 5.2.3.9: Curvas das potências ativas (preto) e reativas (azul) das 3 fases.....	132
Figura 5.2.3.10: Curva de kVA médio de um dia da empresa.....	133
Figura 5.2.3.11: Matriz de Demanda.....	135
Figura 5.2.3.12: Matriz de Consumo.....	136
Figura 5.2.3.13: Representação dos circuitos de refrigeração e aquecimento.....	138
Figura 5.2.3.14: Representação da mudança tecnológica.....	138
Figura 5.2.3.15: Diagrama do sistema de refrigeração da água.....	139
Figura 5.2.4.1: Histórico de consumo da Farmacêutica 1.....	142
Figura 5.2.4.2: Histórico de consumo de GLP da Farmacêutica 1.....	144
Figura 5.2.4.3: Matriz Energética.....	144
Figura 5.2.5.1: Análise dos Fluxos Macros dos Processos Produtivos.....	147
Figura 5.2.5.2: Gráfico do Uso Final Energético em percentual de custo.....	149
Figura 5.2.5.3 Divisão da Demanda Final de Energia Elétrica pela Contratada da Fábrica.....	150
Figura 5.2.5.4 Gráfico com histórico de Consumo.....	151
Figura 5.2.5.5 Gráfico com histórico de Demanda.....	151
Figura 5.2.5.6 Gráfico dos Gastos com Energia Elétrica utilizando a tarifa anterior a 03/07/2007	152
Figura 5.2.5.7 Gráfico dos Gastos com Energia Elétrica utilizando a Tarifa Nova.....	152
Figura 5.2.5.8: Diagrama de Mollier.....	154
Figura 5.2.5.9: Diagrama do vapor	154
Figura 5.2.5.10: Curva de Aquecimento das Caldeiras	155
Figura 5.2.5.11: Consumo com Aquecimento Direto.....	155
Figura 5.2.5.12: Projeto Proposto pela Orbitek / Ultragaz	157
Figura 5.2.5.13: Piloto proposto pela Orbitek / Ultragaz – primeiros 6 meses.....	158
Figura 5.2.5.14: Piloto proposto pela Orbitek / Ultragaz – após 6 meses.....	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1.1: Distribuição da Energia Final e Útil por Setor e Rendimentos (BEU-2005).....	27
Tabela 1.1.2: Distribuição da Energia Útil por Setores e Energéticos (BEU-2005).....	29
Tabela 1.1.3: Distribuição da Energia Elétrica Útil por Setores e Energéticos (BEU-2005).....	29
Tabela 1.1.4: Distribuição da Energia Final por Setores e Processos (BEU-2005) em 1000 tep.....	30
Tabela 1.1.5: Distribuição da Energia Final por Energéticos e por Processos (BEU-2005) em 1000 tep.....	31
Tabela 1.1.6: Distribuição da Energia Elétrica Final do Brasil nos Processos (BEU-2005) em 1000 tep.....	31
Tabela 1.1.7: Rendimento e Aplicações na Geração de Calor de Processo.....	35
Tabela 1.1.8: Rendimento e Aplicação de Fornos a Combustíveis Líquidos e Gasosos.....	38
Tabela 1.1.9: Rendimento e Aplicação de Fornos Elétricos (BEU-2005).....	39
Tabela 1.1.10: Energia Final e Útil, no Brasil e no setor Industrial (BEU-2005).....	40
Tabela 1.1.11: Energia Elétrica Final e Útil, no Brasil e no setor Industrial (BEU-2005).....	40
Tabela 1.1.12: Cálculo da Eletrotermia no Setor Industrial, com base em BEU (2005).....	41
Tabela 1.1.13: Cálculo do percentual de Eletrotermia na Indústria.....	41
Tabela 1.2.1 - Energia: Brasil x Mundo.....	44
Tabela 2.1- Calor da combustão e temperatura da chama para combustíveis de hidrocarboneto.....	48
Tabela 2.3.1: Valores de Referência Globais de $THD_{(V)}$ do documento da ANEEL.....	56
Tabela 2.3.2: Valores de Referência Individuais e Totais do $THD(V)$ da norma BS EN	57
Tabela 2.3.3: Valores de Referência Individuais de Corrente da norma IEC 61000-3-2 (2005).....	57
Tabela 2.3.4: Valores de Referência Individuais de Corrente da norma IEC 61000-3-4 (1998).....	57
Tabela 2.3.5: Valores de Ref. de Correntes Monofásica ou Trifásica Desbalanceadas da IEC 61000-3-4 (1998).....	58
Tabela 2.3.6: Valores de Ref. de Correntes Trifásica Balanceadas da IEC 61000-3-4 (1998).....	58
Tabela 3.1: Resultados anuais obtidos pelo PROCEL 1986-2005.....	62
Tabela 3.2: % de distribuição de recursos de acordo com o segmento (distribuição, geração e transmissão).....	72
Tabela 3.3: Totais de recursos do ciclos de 2006/2007, de ANEEL (2008).....	73
Tabela 4.4.1 – FRC x PI para JC de 12%aa.....	94
Tabela 5.1.1 – Seleção CNAE 5 dig.: Com 9 Setores Finais (em azul e negrito).....	95
Tabela 5.2.1.1: Percentuais da Demanda de Energia Elétrica.....	101
Tabela 5.2.1.2: Potenciais de Substituição de eletrotermia por GN.....	103
Tabela 5.2.2.1: Resumo das Medições nos Equipamentos com Eletrotermia.....	109
Tabela 5.2.2.2: Cálculo do Custo de Operação para o Desengraxe.....	110
Tabela 5.2.2.3: Cálculo de Viabilidade para o Desengraxe.....	111
Tabela 5.2.2.4: Especificações Técnicas da Estufa Analisada.....	113
Tabela 5.2.3.1: Potência dos equipamentos.....	134
Tabela 5.2.3.2: Distribuição da Demanda em kW.....	135

Tabela 5.2.3.3: Distribuição de Consumo em kWh.....	136
Tabela 5.2.4.1 Dados gerais da indústria farmacêutica.....	142
Tabela 5.2.4.2: Lista de Equipamentos com potências e %.....	143
Tabela 5.2.5.1: Cálculos com as 3 opções (A, B e C) após os 6 primeiros meses.....	158

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
AGA	American Gas Association
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BEN	Balanço Energético Nacional
BEU	Balanço de Energia Útil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CESP	Companhia Energética de São Paulo
COMGÁS	Companhia de Gás de São Paulo
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
ELETROS	Associação Nacional de Fabricante de Produtos Eletroeletrônicos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCO	Empresas de Serviços de Conservação de Energia
FDTE	Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
GNC	Gás Natural Comprimido
GNL	Gás Natural Liquefeito
IEC	Internacional Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A	ampere
cv	Cavalo Vapor
h	horas
HP	Horse Power
Hz	Hertz
K	Kelvin
kA	quiloampere
kg	quilograma
kV	quilovolt
kVA	quilovoltampere
kVAr	quilovoltampere reativo
kW	quilowatt
m	metros
m ²	metros quadrados
m ³	metros cúbicos
min	minutos
R\$	Reais
s	segundos
tep	Tonelada equivalente de petróleo
THD _(I)	Distorção Harmônica Total de Corrente
THD _(V)	Distorção Harmônica Total de Tensão
V	volts
W	Watt
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
Objetivos e Desafios do Trabalho	18
1. CONCEITOS SOBRE O TEMA PROPOSTO.....	19
1.1 A Relevância do Tema.....	23
1.2 A Matriz Energética Brasileira.....	44
2. LIMITAÇÕES DA SUBSTITUIÇÃO DA ELETROTÉRMIA.....	46
2.1 Radiação Térmica.....	46
2.2 Temperatura de Processo.....	51
2.3 Qualidade da Energia Elétrica.....	52
2.3.1 Fator de Potência (Fp).....	53
2.3.2 Harmônicas (THD).....	55
2.3.3 Convergência entre FP e THD.....	59
2.4 Outros Fatores Limitantes.....	59
3. AS POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	61
3.1 O PROCEL.....	61
3.2 O CONPET.....	67
3.3 A Lei 9991/de 24 de Julho de 2000.....	70
3.4 O PROESCO.....	73
3.5 A Lei 10.295/de 17 de Outubro de 2001	76
3.6 Análise Crítica das Políticas Públicas Existentes.....	76
4. METODOLOGIA.....	79
4.1 A Escolha dos Setores Industriais.....	79
4.2 A Metodologia Utilizada no Trabalho de Campo.....	85
4.3 Qualidade da Energia Elétrica.....	88
4.3.1 Fator de Potência (Fp).....	88
4.3.2 Harmônicas (THD).....	90
4.4 Análise Econômica e Financeira.....	91
4.4.1 Definições que a Empresa tem que fazer.....	92
4.4.2 Análise para o "Custo de Capital"	92

5.	RESULTADOS ENCONTRADOS.....	95
5.1	Resultados da Metodologia de Escolha das Indústrias.....	95
5.2	Estudos de Casos nas Indústrias.....	97
5.2.1	Alumínio.....	97
5.2.2	Autopeças.....	104
5.2.3	Perfumaria e Cosméticos.....	127
5.2.4	Medicamentos de Uso Humano 1.....	140
5.2.5	Medicamentos de Uso Humano 2.....	145
6.	CONCLUSÃO.....	161
7.	SUGESTÕES DE PESQUISAS.....	165
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
	ANEXO 1 - Entrevista com Especialista em GLP	178
	ANEXO 2 - Equipamento Robur: Absorção mais Bomba de Calor	182
	ANEXO 3 - Lista de Equipamentos para Medição Utilizados.....	187
	ANEXO 4 - Informações sobre o Mercado Farmacêutico no Brasil	190
	ANEXO 5 - Metodologia para Escolha de Segmentos Industriais para Substituição da Eletrotermia por Gás.....	200

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento humano está intrinsecamente ligado à disponibilidade da energia final obtida por diferentes fontes de energia primária e, das tecnologias existentes para a transformação desta energia final em energia útil. Desde a descoberta do fogo (domínio da queima de biomassa para a obtenção de calor) até o uso da energia nuclear, para produção de energia elétrica, é possível associar o desenvolvimento tecnológico humano com a energia utilizada ao longo de sua história.

Tem-se na energia elétrica o conceito de energia final mais nobre em relação às demais; com qualidades e versatilidades únicas; além de ser considerada essencial para a vida humana. A forma de obtê-la é que varia segundo os meios disponíveis. Porém, os problemas ocasionados pela sua geração, transporte e distribuição são comuns: falta de recursos financeiros para implantação de grandes empreendimentos, agressão ao meio ambiente, comunidades afetadas, entre outros. Uma energia com tamanha importância para o desenvolvimento humano não pode ser destinada à geração de calor, uso final que todas as outras formas de energéticos conseguem substituir com razoável rendimento térmico e com menores custos.

O uso da energia elétrica cresceu no Brasil com a construção do atual parque hidrelétrico, que gerou, por muitos anos, um excedente de oferta, vendida a preços baixos. Para amortizar os investimentos feitos, o governo fomentou seu uso no setor industrial, por exemplo, com a Energia Garantida por Tempo Determinado (EGTD) e, principalmente, com o uso final na eletrotermia (energia elétrica utilizada na geração de calor, que dentro dos processos produtivos é definida como aquecimento direto e calor de processo, que serão posteriormente explicados), estimada, hoje, em cerca de 30% do consumo de energia elétrica nas indústrias, segundo Poulallion (2004).

A época com energia elétrica de baixo preço acabou. Hoje, além de aumento nos preços, existe a ameaça de um novo “apagão”.

As novas descobertas de petróleo e gás natural (GN) no campo de águas profundas de Tupi, além dos campos na Bacia de Santos, evidenciam que o espaço dos combustíveis fósseis em nossa matriz energética tende a crescer. O uso destes combustíveis fósseis deve ser inteligente. Usá-los na produção de energia elétrica se justifica, somente, em períodos de curta

duração e com baixo fator de carga e de utilização; épocas de escassez de chuva; ou em locais onde não existam as malhas de transmissão elétrica.

A preocupação ecológica deve ser sempre lembrada em qualquer projeto futuro. Desta forma, o foco deste trabalho se dá no uso dos gases combustíveis nas análises de substituição da eletrotermia.

Através de medidas elétricas de consumo, calculou-se a eletrotermia em algumas indústrias paulistas, para se determinar sua presença. Foi proposta uma metodologia para a escolha de segmentos potenciais para a substituição da eletrotermia por GN e/ou gás liquefeito de petróleo (GLP) para orientar quais os setores industriais a serem analisados, respeitando-se as limitações da pesquisa de campo realizada.

Um ponto forte deste trabalho é a preocupação em garantir que uma eventual substituição de tecnologia ocasionasse problemas que não fossem levantados anteriormente. Desta forma, a substituição tecnológica foi analisada de forma técnica e prática; onde uma metodologia foi desenvolvida para avaliar o impacto da substituição tecnológica na qualidade da energia elétrica que continuará a ser utilizada pela indústria que substituir a eletrotermia. Se este impacto ultrapassar os limites propostos (como exemplo o 0,92 no fator de potência), deve-se levar em conta o acréscimo nos custos de capital nos projetos de substituição para se manter a qualidade da energia elétrica, quer seja em relação ao fator de potência, quer seja em relação a perturbações oriundas de harmônicas.

Para viabilizar tecnicamente a substituição da eletrotermia, é feita a busca de tecnologias existentes ou, na ausência destas, a avaliação da viabilidade técnica de serem criadas estas tecnologias. Em alguns casos, as tecnologias levantadas extrapolaram o objetivo de substituição da eletrotermia, pois também produzem outras formas de energia (frio) junto com a produção de calor.

A viabilidade econômica e financeira da substituição é analisada em cada caso onde foi possível a substituição da eletrotermia, respeitando-se os parâmetros particulares de cada empresa analisada. Também foram levantadas as políticas existentes para auxiliarem estes projetos de substituição, além de sugestões de melhorias para que elas auxiliem, cada vez mais, tanto na substituição da eletrotermia, quanto na mudança da cultura do gás no Brasil.

Ao definir um mercado incremental de GN/GLP (que hoje não existe, ou não é considerado) a pesquisa contribui para a ampliação do uso do GN/GLP, diversificando a matriz energética brasileira.

Objetivos e Desafios do Trabalho

Os objetivos deste trabalho são:

- 1) Propor utilizações inteligentes dos combustíveis fósseis na substituição da energia elétrica nas indústrias, em particular com o uso de gases combustíveis na substituição da eletrotermia resistiva, tema ainda pouco explorado e pesquisado.
- 2) Fazer o levantamento de campo em algumas indústrias para entender o processo produtivo e os usos finais da energia, identificando a presença de eletrotermia.
- 3) Desenvolver uma metodologia que verifique a qualidade da energia elétrica resultante após a substituição, antes que a mesma aconteça, para identificar a necessidade de acréscimo de capital nos investimentos necessários.
- 4) Levantar as políticas e programas de eficiência energética existentes, com a análise crítica das mesmas.
- 5) Levantar as tecnologias existentes que utilizam a combustão e que podem substituir a eletrotermia.

O trabalho tem por objetivo o estudo do setor industrial, por ser o setor mais relevante em termos de consumo de energia e por ter a maior presença da eletrotermia no Brasil, de acordo com BEU (2005). Além de ser um setor penalizado pelo seu uso, devido ao maior preço cobrado pelo uso de energia elétrica no horário de ponta. Uma redução no consumo e demanda de energia elétrica no setor industrial reduz tanto no horário de ponta, quanto no horário fora de ponta.

Os desafios a serem vencidos são: quantificar o real potencial de uso do GN/GLP na substituição da eletrotermia nos casos pesquisados; analisar todos os fatores de entrave para esta substituição; proposição de políticas factíveis de serem empregadas que proporcionem a substituição de forma racional e mudem a cultura existente.

1. CONCEITOS SOBRE O TEMA PROPOSTO

A história da matriz energética brasileira, pesquisada por Martin (1966), mostra que a introdução da energia elétrica no Brasil ocorreu no final do século XIX. O objetivo principal foi seu uso na iluminação pública, quando deslocou o gás manufaturado, utilizado até então para este fim. A seguir seu uso final foi ampliado para a força motriz, onde começou a ser utilizado no transporte público (bondes elétricos) e depois nas indústrias, ainda como uma mera coadjuvante, pois, até a primeira guerra mundial era possível identificar e quantificar a industrialização de um país analisando seu consumo de carvão mineral; energético responsável pela revolução industrial - quando o Homem começa a utilizar o vapor para força motriz estacionária e para o transporte. Depois da primeira guerra, com o desenvolvimento da indústria do petróleo, houve um deslocamento do carvão mineral pelos derivados de petróleo devido à logística da produção, transporte e distribuição; além de ter produtos energéticos com maior poder calorífico e preço mais competitivo. Em paralelo, crescia de importância a energia elétrica. A importância da energia elétrica foi aumentando, não só devido à demanda, mas por suas características peculiares de se converter em outras formas de energia com perdas reduzidas.

Com o ciclo do café e, principalmente após a crise da bolsa de Nova York e do início do governo Vargas, o Brasil iniciou sua industrialização de forma acelerada. A cidade que mais refletiu esta mudança foi a de São Paulo. A disponibilidade de energia elétrica propiciou a construção destas indústrias na capital paulista.

De acordo com Bermann (1991), a partir da década de 1940 no Brasil, várias empresas estatais para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica foram criadas, sendo duas na década de 1940, nove na de 1950, dez nos anos de 1960 (em 1966 tivemos a criação da Companhia Energética de São Paulo – CESP, a qual absorveu várias empresas estatais), duas nos anos de 1970 - uma delas, a Itaipu, binacional (Brasil/Paraguai), com 96% da energia destinada ao Brasil.

Nos anos de 1950, três fatores marcaram a participação do Estado no setor elétrico: a criação da Eletrobrás, a instituição do “Plano Nacional de Eletrificação” e a criação do “Fundo Federal de Eletrificação”.

No mesmo período, o sentimento nacionalista estava aflorado na população brasileira. A pressão popular e de políticos auxiliou a criação da Petrobrás. Na década de 1960 o Brasil se tornou auto-suficiente no refino de petróleo.

Constata-se o vigor e a amplitude com que a estatização ocorreu no setor elétrico brasileiro no período “desenvolvimentista” que é definido entre 1930 (com a subida de Vargas ao poder) até a década de 1980, quando o dinheiro do Estado acabou para novos investimentos.

Em 1973, com a primeira crise do petróleo, o Brasil importava cerca de 80% de sua necessidade de petróleo. O impacto na balança comercial foi muito grande. O governo intensificou os investimentos em hidrelétricas, além de criar o “Pro - álcool” e fomentar as pesquisas em águas profundas para prospecção de petróleo; fazendo, inclusive, a quebra do monopólio para prospecção em 1974 - onde começaram as primeiras trocas tecnológicas com outros países que já haviam iniciado prospecções similares.

O governo fomentou o uso de energia elétrica, principalmente, no setor industrial e inibiu o uso de GLP. De acordo com Fernando Cörner (vide Anexo 1), “... quando a hidrelétrica de Itaipu começou a funcionar, o governo fomentou o uso da energia elétrica para fins térmicos. Foi instituída naquela ocasião a EGTD (Energia Garantida por Tempo Determinado), que era a venda de energia elétrica por um preço muito baixo”.

Em contrapartida, para fomentar a mudança tecnológica para a energia elétrica, o governo baixou normas restringindo o uso do GLP para fins automotivos, exceto empilhadeiras, caldeiras, saunas e aquecimento de piscina. A Portaria DNC em questão é a nº 4, de 7/2/1. 992 que saiu no DOU (Diário Oficial da União) em 13/2/1992 e continua vigente até momento.

O GLP recebia subsídios do governo, que direcionava parte do preço pago pela gasolina para o álcool combustível e o GLP - exclusivo para uso residencial. Havia uma proibição do uso dos P13 (específicos para cozinha) e os P20 (dedicados para a indústria e comércio). O cenário mudou, não existem mais subsídios no GLP, mas a lei permanece vigente. Atualmente, tal premissa e tal lei não mais se justificam por duplo motivo: em primeiro lugar a tendência é que a geração de energia elétrica se torne crítica em um futuro próximo (ameaça de um novo apagão) - quando as termelétricas serão a alternativa para atendimento das novas demandas, as quais apresentam eficiências relativamente baixas (como se pode ver na Figura 1.1); em segundo lugar, a opção do uso do gás em substituição à eletrotermia na queima direta apresenta eficiências muito mais elevadas, se comparado com o seu uso na geração de energia elétrica, principalmente, em processos de baixas temperaturas como caldeiras e aquecedores.

De acordo com o Banco Mundial (1993), o setor elétrico é um requisito para o crescimento e modernização de muitos países em desenvolvimento, portanto, o Banco Mundial contribuiu para um rápido desenvolvimento do setor. Apesar disso, a performance do setor piorou desde a metade da década de 70, devido a três fatores: fatores externos e/ou fora do controle destas nações, como preço do petróleo, taxa de juros, inflação; políticas nacionais inapropriadas no preço da energia, investimentos do governo, desenvolvimento institucional e método de governar; fatores das empresas relacionadas, incluindo conflitos de objetivos e descuido no gerenciamento contábil, resultando em problemas técnicos, operacionais e financeiros.

O uso da eletricidade teve que enfrentar a subida do preço do petróleo e a alta inflação, onde foram retardados os aumentos, ou, os mesmos não foram aplicados, ou ainda, foi utilizado o subsídio nas tarifas de alguns setores. Em paralelo a estas distorções de tarifas, a fraqueza institucional de muitos países cresceu porque o setor elétrico é tratado como uma extensão do governo. Enquanto o treinamento do pessoal continuava, havia o conflito entre as regras dos governos, como proprietário e operador. Em muitos casos as fraquezas surgiram: da má gestão destas estatais, da falta de objetivos claros, da interferência do governo no dia a dia da empresa, da falta de autonomia financeira, etc.

De acordo com Santos (2004), a crise do petróleo se agravou em 1979, com o aumento do preço do petróleo, e continuou nos anos de 1980. Um terço dos investimentos governamentais brasileiros estava no setor elétrico, trazendo um déficit público significativo, o que dificultou novos investimentos.

Isso fez com que o Banco Mundial (1993) alterasse suas políticas, o que ocasionou a falta de recebimento por parte de muitos países, devido ao não cumprimento de uma política de tarifas realistas, bem como dos acordos. O Brasil deixou de receber dinheiro desde 1986. Desde esta época, os investimentos do Estado em energia elétrica diminuíram.

No governo de Fernando Henrique se deu a privatização de várias estatais. No Estado de São Paulo todas as distribuidoras de energia elétrica e de gás canalizado foram privatizadas. Mas, as privatizações se deram sem haver um marco regulatório bem definido, além de objetivar o maior retorno para o caixa do governo. A falta de regras claras e de definição das responsabilidades dos atores ocasionou a crise de energia elétrica de 2001. Houve uma queda de cerca de 20% no crescimento esperado da economia, em uma época onde se aguardava a retomada de um crescimento sustentável da economia brasileira. Hoje, ainda não existe um marco regulatório forte, que percorra toda a cadeia produtiva da energia. Existem lacunas sem definições claras, e, havendo incertezas o risco econômico aumenta.

Nos atuais leilões de energia elétrica o que se vê é pouco investimento privado e muito investimento estatal, principalmente da Petrobrás, que entrou no setor elétrico com as termoeletricas (principalmente as movidas a gás natural).

Hoje a energia elétrica, além do profundo impacto na vida econômica de um país, tem também um caráter social, ou seja, de inserção social do indivíduo. Não é possível imaginar a vida do ser humano sem o uso da energia elétrica.

Têm-se várias incertezas na realidade brasileira atual que dificultam o crescimento do parque de geração elétrica de forma sustentável e na velocidade necessária (para evitar outro futuro apagão).

Fala-se, por exemplo, em energia nuclear. Em reportagem do Estado de São Paulo realizada por Pereira (2007), com o título “Angra 3 marca o fim do ciclo de energia barata”, o governo brasileiro irá investir em termonucleares (em Angra 3 serão R\$ 7,2 bilhões), com um custo muito maior da potência instalada em relação às hidrelétricas, devido a ameaças de um novo apagão em 2009. Neste mesmo artigo, em entrevista com Maurício T. Tomasquim, presidente da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o preço inicial estimado da energia deste empreendimento é de R\$ 138,00 o MWh. Este valor é muito superior aos preços praticados nos leilões de energia velha (hidrelétricas já amortizadas) e nos leilões de energia elétrica de termoeletricas.

Existe uma unanimidade na comunidade científica de que é necessária a diversificação da matriz energética brasileira para aproveitar os vários recursos disponíveis (ricas jazidas de urânio; reservas de petróleo e gás natural; potencial hídrico a ser explorado; áreas com grande quantidade e velocidade dos ventos para as usinas eólicas; grande quantidade de biomassa, gerada pela ampliação do agronegócio; grande quantidade de insolação em quase todo o território ao longo de todo o ano). Entretanto, esta diversificação deve ser feita de forma inteligente e agredindo o mínimo possível o meio ambiente.

A equação termodinâmica de eficiência térmica (η) é apresentada a seguir:

$$\eta = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Consumida}}$$

O uso da energia química dos energéticos fósseis, através da combustão para gerarem energia elétrica com fins eletrotérmicos, não é tão eficiente quanto o uso da mesma combustão na queima direta para a obtenção da mesma energia térmica.

Energias ordenadas, como a potencial e cinética, se realizadas reversivelmente, podem se converter completamente em outra forma de energia. Não há fluxo de entropia associada a

transformações reversíveis, bastando apenas a primeira lei da termodinâmica para a análise dos fenômenos. Este é o caso da energia elétrica.

Energias desordenadas, como a interna, radiação térmica, energia química, movimento turbulento de um fluido, etc, não podem ser convertidas totalmente em outra forma. A análise deve necessariamente utilizar a segunda lei da termodinâmica, pois há fluxo de entropia e o ambiente deve ser considerado na análise.

Na Figura 1.1 tem-se a diagramação do fluxo de energia sobre o exposto acima, conforme abordado por Strapasson (2004). Os valores de rendimento térmico foram coletados pela bibliografia analisada e experiências do autor.

Figura 1.1: Diagrama de Fluxo de Energia

A substituição da eletrotermia, além de ser uma forma inteligente (mais eficiente) de se utilizar combustíveis fósseis, pode ser uma saída do governo para se evitar um novo apagão.

1.1 A Relevância do Tema

O trabalho optou pelo estudo da substituição da eletrotermia, pois este foi um dos primeiros usos da energia elétrica, através do efeito Joule, continuando presente nos dias de hoje.

A eletrotermia não se restringe ao aquecimento por efeito Joule, mas esta forma foi a primeira a ser modelada. A produção de calor por efeito Joule tem uma simplicidade tecnológica, alta eficiência na conversão da energia elétrica para a energia térmica, e, baixo custo nos itens utilizados. A eletrotermia cresceu em nossa civilização, desde pequenos circuitos até grandes máquinas industriais que a utilizam para o aquecimento de suas partes, ou do processo em operação.

O estudo da eletrotermia por efeito Joule foi intenso desde seu início até sua modelagem. Entretanto, pouco se estudou e pesquisou sobre o impacto desta alternativa de aquecimento na matriz energética de um país como o Brasil. Existem poucos trabalhos científicos a respeito deste tema tão importante e impactante para um país que necessita, cada vez mais, da energia elétrica para garantir o crescimento e o desenvolvimento desejado de sua economia.

Eletrotermia: Eletro = Eletricidade, Termia = unidade de medida de calor que corresponde ao calor necessário para elevar, de 14,5°C a 15,5°C, uma tonelada de água - de acordo com Melhoramentos (1992) - ou ainda, sufixo grego que significa calor. Em outras palavras, eletrotermia significa a utilização da energia elétrica para a produção de calor.

Processos eletrotérmicos são caracterizados pela ação da corrente elétrica unicamente para a produção de calor. Tal geração se dá pela relação entre corrente elétrica e potência elétrica dissipada em uma carga térmica (material ou substância a ser aquecida).

$$\text{Tem-se: } P = Z \times I^2$$

Onde P é a potência aparente dissipada, Z é a impedância do equipamento e I é a corrente elétrica.

Em equipamentos puramente resistivos, podemos substituir Z por R, que é uma resistência pura, sem componentes complexos (potência reativa).

As vantagens do aquecimento elétrico são: não existem problemas ambientais locais; os controles são simples, fáceis e precisos; a energia pode ser limitada para somente aquela necessária ao processo; o custo de capital é geralmente baixo; se for adequadamente projetado e instalado, o sistema tem baixos requisitos de manutenção e a eletricidade é universalmente consagrada e conhecida.

As desvantagens do aquecimento elétrico são: o custo unitário da energia elétrica pode ser alto (dependendo da tarifação e/ou forma de contratação); o projeto e a instalação necessitam respeitar as limitações dos componentes; uma quantidade limitada de energia está disponível e a

uniformidade das temperaturas depende do número, localização e tipo de elementos de aquecimento utilizados.

A comunidade científica é unânime em escolher a eficiência energética como a forma mais racional de utilizar os investimentos públicos para obtenção de mais energia elétrica, principalmente no Brasil, que ainda tem um grande caminho a percorrer neste sentido; além de ser o de menor custo para os cofres públicos. Porém, todas as análises feitas até então levam em consideração a melhoria dos processos de utilização dos mesmos energéticos, sem levar em conta a substituição de um energético por outro.

A escolha pela análise da viabilidade técnica da substituição da eletrotermia pela combustão de gases combustíveis foi feita por ser uma alternativa de fácil acesso para a mudança de nossa matriz energética, com o objetivo de dar um fim mais nobre para a energia elétrica.

Que a energia elétrica é fundamental para o crescimento e desenvolvimento da humanidade não se questiona. O fato de ser nobre e apresentar menores perdas na conversão para outras formas de energia também não se questiona. Infelizmente, ninguém se questiona como uma forma de energia tão nobre, que faz funcionar computadores, máquinas e a economia de um país, é utilizada em um processo tão simples e universal como a geração de calor, os quais outros energéticos poderiam substituir, com ganhos em custo (já considerado o fato de ser termicamente menos eficientes). O cenário de escassez de oferta de energia elétrica, tecnologias já existentes para a substituição da eletrotermia e, a existência de energéticos que estão disponíveis, tudo isto somado reforça a necessidade de se trabalhar com este potencial de racionalização e redução do consumo de energia elétrica, como se propõem neste trabalho.

O tema já foi tratado por outras nações, por uma questão de necessidade ou cultura. Na década de 1990 na Califórnia, concessionárias de energia elétrica doavam aquecedores de água a gás em substituição de aquecedores elétricos, por que havia uma crise entre oferta e demanda de energia elétrica. Contrasta-se com este exemplo a cultura no Brasil, que é um dos poucos países do mundo que possuem chuveiros elétricos, no formato compacto e dentro do banheiro. Seu impacto na sociedade brasileira é imenso, a ponto de ser um dos principais responsáveis pelo horário de ponta em nosso país. Fazendo um paralelo com outros países, o horário de ponta na Alemanha é das 8:00h as 18:00h (informação pessoal) ¹. Na Alemanha o horário de ponta é o horário comercial (quando a maioria das atividades produtivas acontece), o que mostra o grau de industrialização do país. No Brasil, de acordo com ANEEL (2008) ocorre durante três horas, a

¹ Informação pessoal de Kohn, D. Gerente de Manutenção de empresa alemã. quando em visita técnica a empresa na Alemanha, junho de 2006.

critério da concessionária, entre as 17:00h e 21:00h - horário que coincide com a maior utilização residencial, devido a maior parte da população tomar banho neste período e devido ao sistema de aquecimento ser baseado em chuveiros elétricos (com efeito Joule), o que mostra que, além do brasileiro ser asseado (pois existem países em que o banho não é um hábito diário), existe uma situação cultural, onde o energético utilizado para o banho é a energia elétrica. Definiram-se regras e mecanismos que penalizam a produção industrial e o comércio neste horário de ponta, com preços maiores da energia elétrica durante este período, em detrimento da manutenção da cultura do uso da eletrotermia nos lares brasileiros.

Na Figura 1.1.1 pode-se ver uma representação da curva esquemática (sem escala) de demanda durante um dia de semana comercial da nação brasileira. Esta curva mostra o perfil médio da demanda e está sem escala, pois varia de forma crescente.

Figura 1.1.1: Curva esquemática característica da carga durante 1 dia comercial no Brasil

Fonte: material da aula de “Usos Finais de Energia” ministrada pelo prof. Dr. Ildo Sauer (2004)

Tem-se a diferenciação dos tipos de setores na carga elétrica durante o dia comercial na Figura 1.1.2, onde são apresentados os gráficos esquemáticos típicos da demanda utilizada no setor residencial, comércio/serviços e nas indústrias.

Figura 1.1.2: Gráficos esquemáticos da demanda dos setores residencial, comércio/serviços e indústrias
 Fonte: material da aula de “Usos Finais de Energia” ministrada pelo prof. Dr. Ildo Sauer (2004)

Ao se comparar o gráfico residencial da Figura 1.1.2 com o gráfico da Figura 1.1.1 nota-se a coincidência dos picos de consumo no horário de ponta.

De acordo com BEU (2005), considerando todos os energéticos, o setor industrial é o que mais consome energia no Brasil, como se constata na Tabela 1.1.1, onde é mostrado que o percentual da energia útil utilizado na indústria é de 50,73% e o percentual da energia final é de 40,54%.

Tabela 1.1.1: Distribuição da Energia Final e Útil por Setor e Rendimentos (BEU-2005)

Setor \ Energia	1000 tep		Distribuição (%)		Rendimento (%)
	E. Final	E. Útil	E. Final	E. Útil	E.Útil/E.Final
Energético	16.409,2	12.332,9	9,21%	12,03%	75,2%
Residencial	21.357,3	10.133,6	11,99%	9,89%	47,4%
Púb./Com./Agrop.	16.737,2	8.767,4	9,39%	8,55%	52,4%
Industrial	72.216,9	52.005,2	40,54%	50,73%	72,0%
Transportes	51.432,3	19.272,0	28,87%	18,80%	37,5%
Total	178.152,8	102.511,1	100,00%	100,00%	57,5%

Quando se analisa a última coluna, com o cálculo da eficiência, verifica-se que a indústria é o setor com o segundo maior percentual de eficiência, ou seja, 72,0%, perdendo, somente, para o energético com 75,2%. O que mostra que é um setor que já tem desenvolvido o conceito de eficiência energética, na sua busca constante pela redução de custo.

Na Figura 1.1.3 é visualizada a importância do consumo industrial (em amarelo claro) na energia final e útil consumida no Brasil.

Figura 1.1.3: Distribuição da Energia Final e Útil por setor (BEU-2005), em 1.000 tep

Esta análise da eficiência no uso da energia final pode também ser correlacionada com a quantidade de energia elétrica utilizada em cada setor, sendo que os setores de maior eficiência são aqueles que mais utilizam energia elétrica.

Na Tabela 1.1.2 é apresentado que o setor industrial é o maior consumidor de todos os energéticos (inclusive a energia elétrica), perdendo apenas para o setor de transporte no consumo (somado de gasolina, querosene, diesel e álcool combustível). Mostra-se a diversificação da matriz energética neste setor, o que facilita a substituição da eletrotermia.

Tabela 1.1.2: Distribuição da Energia Útil por Setores e Energéticos (BEU-2005)

Milhares de tep

Energético / Setores	Residencial	C / A / P	Energético	Transporte	Industrial	Total	Percentual
Gás Natural / Gás / GLP	3.185,09	573,33	2.917,75	472,74	6.028,74	13.177,64	12,85%
C.Veg. / Len. / P.daCana	2.744,60	1.014,56	5.744,82	0,00	17.254,94	26.758,92	26,10%
Eletricidade	4.203,92	4.783,27	943,58	80,42	11.251,29	21.262,46	20,74%
Óleo Combustível	0,00	201,85	627,89	322,03	3.170,06	4.321,84	4,22%
Gas/Quer /Diesel/ Álc.	0,03	2.194,43	73,78	18.396,78	369,39	21.034,40	20,52%
Outros	0,00	0,00	2.025,09	0,00	13.930,79	15.955,88	15,57%
Total em milhares de tep	10.133,64	8.767,44	12.332,90	19.271,97	52.005,20	102.511,13	100,00%
Total em Percentual	9,89%	8,55%	12,03%	18,80%	50,73%		

Obs.: C = Setor Comercial, A = Setor Agropecuário e P = Setor Público

Além de ser o maior consumidor de energéticos, o setor industrial é também o maior consumidor de energia elétrica. Na Tabela 1.1.3, verifica-se a relevância da energia elétrica para este setor, que consome 52,92% do total de energia elétrica útil do Brasil.

Tabela 1.1.3: Distribuição da Energia Elétrica Útil por Setores e Energéticos (BEU-2005)

Milhares de tep

Energ. / Setores	Residencial	C / A / P	Energético	Transporte	Industrial	Total
Eletricidade	4.203,92	4.783,27	943,58	80,42	11.251,29	21.262,46
Total em Percentual	19,77%	22,50%	4,44%	0,38%	52,92%	100,00%

Ao se analisar um valor mais atualizado, em BEN (2007), se encontra que o consumo de energia elétrica pela indústria é de 46,7% do total brasileiro.

O trabalho se concentra no estudo do calor de processo (C.P.) e aquecimento direto (A.D.) porque a eletrotermia ocorre exatamente nestes dois processos. Ao analisar a distribuição da energia final no Brasil pelos setores e tipos de processos, constata-se que os processos denominados Calor de Processo (C.P²) e Aquecimento Direto (A.D³), juntos, representam 52,15% de toda a energia final consumida no Brasil e 82,17% de toda energia consumida pelo setor industrial. Ao se analisar somente o consumo destes dois processos em todo o Brasil, constata-se que o setor industrial responde por 63,86% de todo consumo brasileiro em C.P. e A.D., como se verifica na Tabela 1.1.4 a seguir:

² C.P. significa Calor de Processo, de acordo com BEU (2005), ou seja, aquecimento indireto através de um fluido, como por ex.: energia utilizada para a geração de vapor, aquecimento de óleo térmico, etc.

³ A.D. significa Aquecimento Direto, de acordo com BEU (2005), ou seja aquecimento direto de produto, ou matéria-prima, através do uso de um energético, no caso de combustíveis fósseis, com o uso direto da energia química de sua combustão.

Tabela 1.1.4: Distribuição da Energia Final por Setores e Processos (BEU-2005) em 1000 tep

Setor \ Uso Final	F.M.	C.P.	A.D.	Refrig.	Ilu+EQ+Out	Total	% C.P. e A.D.
Energético	3.813,77	9.036,02	3.471,04	0,00	88,35	16.409,17	76,22%
Residencial	202,73	2.357,94	14.526,13	2.162,44	2.108,01	21.357,26	79,06%
Púb./ Com./ Agrop.	7.250,55	1.495,26	2.689,99	2.028,56	3.272,80	16.737,16	25,01%
Industrial	9.872,17	31.056,85	28.282,23	918,95	2.087,31	72.217,51	82,17%
Transportes	51.432,34	0,00	0,00	0,00	0,00	51.432,34	0,00%
Total	72.571,55	43.946,07	48.969,39	5.109,95	7.556,47	178.153,44	52,15%
		92.915,47					
		63,86%					

Obs.: F.M. = Força Motriz.

Estes dois processos existem em quase todos os setores, mas se destacam no setor industrial, como pode-se verificar no gráfico da Figura 1.1.4, nas cores verde (diagonais iguais ascendentes) e azul (verticais).

Obs.: F.M. = Força Motriz, Refrig. = Refrigeração, Ilum. = Iluminação e EQ = Eletroquímica

Figura 1.1.4: Distribuição dos Usos Finais por setores e formas (BEU-2005) em 1.000 tep

A energia final consumida pelos processos A.D. e C.P. em todo o Brasil (em todos os setores), representam 52,15% do total da energia final do país, como se verifica na Tabela 1.1.5 a seguir, onde se detalham os resultados já apresentados anteriormente na Tabela 1.1.4:

Tabela 1.1.5: Distribuição da Energia Final por Energéticos e por Processos (BEU-2005) em 1000 tep

Energéticos / Usos Finais	F.M.	C.P.	A.D.	Refrig.	Ilu+EQ+Out	Total
GN/Gás/GLP	1.580,09	4.670,28	13.722,09	0,00	0,00	19.972,45
C Veg/Len/P Cana	0,00	23.967,50	18.410,40	0,00	0,00	42.377,90
Eletricidade	12.898,68	2.071,48	3.320,27	5.099,34	7.533,16	30.922,93
Óleo Combustível	1.328,16	3.008,81	2.083,47	10,61	0,00	6.431,05
G/Quer/Dies/Alcool	54.758,22	251,24	100,86	0,00	13,23	55.123,56
Outros	2.006,40	9.976,76	11.332,30	0,00	10,08	23.325,54
Total	72.571,55	43.946,07	48.969,39	5.109,95	7.556,47	178.153,44
Total em Percentual	40,74%	24,67%	27,49%	2,87%	4,24%	100,00%
		52,15%				

Ao analisar a parcela de energia elétrica utilizada nestes processos em todos os setores do Brasil, encontra-se o percentual de 17,44%, como pode ser constatado na Tabela 1.1.6.

Tabela 1.1.6: Distribuição da Energia Elétrica Final do Brasil nos Processos (BEU-2005) em 1000 tep

Formas de Energ. /Usos Finais	F.M.	C.P.	A.D.	Refrig.	Ilu+EQ+Out	Total
Eletricidade	12.898,68	2.071,48	3.320,27	5.099,34	7.533,16	30.922,93
Total em Percentual	41,71%	6,70%	10,74%	16,49%	24,36%	100,00%
		17,44%				

A seguir, analisa-se em detalhes os conceitos de A.D. e C.P., por serem os processos que serão foco de atenção deste trabalho.

Aquecimento Direto (A.D.): de acordo com Martins e Toledo (1980) e Erickson (1995), a conversão da eletricidade em calor se dá: através do aquecimento de resistência elétrica; aquecimento por indução; arco elétrico; aquecimento dielétrico; aquecimento por microondas e aquecimento por plasma.

Aquecimento por Resistência: existem duas classes distintas de aquecimento por resistência. Na primeira, a resistência é aquecida pela passagem da corrente elétrica e o calor é transferido para o material trabalhado por condução, irradiação ou convecção, ou combinação destas. Na segunda, o próprio material a ser aquecido é atravessado pela corrente elétrica e se aquece. Podem-se conseguir temperaturas da ordem de 1.050°C a 1.850°C, dependendo do tipo de material utilizado na resistência elétrica.

Aquecimento Dielétrico: material não condutor colocado num campo elétrico produzido por dois eletrodos ligados à fonte de alta voltagem e alta frequência se aquece. A montagem forma uma espécie de capacitor. A corrente, através do material isolante, aquece o mesmo. Existem perdas, pois a energia perdida é que produzirá calor. Apesar de ser de baixo rendimento é insubstituível na indústria do plástico e outros não condutores, como secagem e cola de madeira, descongelamento de carnes, aceleração da fermentação de massas. É utilizada a frequência entre 3 e 30 MHz.

Aquecimento por Arco Elétrico: o calor é gerado pela passagem de uma corrente elétrica através do ar ionizado que separa os dois pontos entre os quais o arco é formado. O arco salta de um eletrodo para outro ou para o material a ser aquecido. Se for entre eletrodos o aquecimento se dá por radiação. Podem-se conseguir temperaturas da ordem de 3.500°C.

Aquecimento por Indução: emprega o princípio da indução eletromagnética. O material é disposto de forma a constituir o condutor da corrente induzida (circuito secundário). Podem-se conseguir temperaturas da ordem de 2.500°C. Fornos de indução podem ser com núcleos magnéticos (baixa frequência) ou sem núcleo magnético (alta frequência – de 10.000 Hz a 5 MHz).

Aquecimento por Microondas: consiste na colocação da substância a ser aquecida numa cavidade multiressonante na qual se possa excitar um complexo campo de microondas. Tal como no dielétrico, o calor provém das perdas por atrito molecular.

Aquecimento por Plasma: o aquecimento do plasma envolve a ionização dos gases (hidrogênio, hélio, argônio ou nitrogênio) e desenvolve temperaturas extremamente altas. Pode-se dar por dois tipos: plasma a arco (primeiramente destinado para fundir pequenas quantidades de materiais de forma rápida; geralmente obtido por corrente contínua) ou plasma a indução (obtido geralmente a frequência de 4 MHz). A ionização promove a criação de partículas ionizadas e radicais livres no gás, que são instáveis - desta forma o plasma é altamente reativo, criando calor quando em contato com outro material. Podem-se conseguir temperaturas da ordem de 11.000°C.

De acordo com Erickson (1995), as vantagens do aquecimento à combustão são: vários tipos de combustíveis podem ser utilizados; altas temperaturas podem ser obtidas e o custo energético tende a ser baixo.

As desvantagens são: alto custo de capital para queimadores (equipamentos de controle necessários para assegurar uma operação segura); restrições em algumas áreas, devido à presença da chama aberta; o combustível pode alterar a periculosidade de algumas áreas; os produtos da combustão geram poluição atmosférica; a perda de energia é maior e a temperatura ambiente local irá aumentar; a aplicação da energia térmica para uma determinada área pode ser de difícil execução.

As vantagens do aquecimento através de fluidos aquecidos e vapor são: o vapor é geralmente de fácil obtenção para as indústrias; conseguem transferir grandes quantidades de calor nos processos de condensação e resfriamento; quando combinado com sistema de encamisamento (construção onde o vapor ou fluido caminham ao redor do vaso a ser aquecido,

de forma a transferir calor para este e com isolamento térmica na parte externa), no aquecimento de equipamentos, conseguem-se temperaturas uniformes.

As desvantagens do aquecimento através de fluidos aquecidos e vapor são: o suprimento incessante do fluido ou vapor para se manter constante a temperatura; o controle é difícil na maioria dos sistemas e, onde é colocado o encamisamento, o custo de capital é alto; onde existe dificuldade de controle ocorrem maiores perdas e aumento do consumo de energético; o custo de manutenção é alto; os vazamentos trazem perdas financeiras e ambientais; as temperaturas são limitadas pelo fluido ou características do vapor e alguns fluidos mudam as áreas classificadas por critérios de segurança do trabalho.

Cabem as seguintes considerações:

- 1) A energia elétrica é a forma de energia mais versátil que existe. Ela pode ser convertida em quase todas as outras formas de energia e com perdas reduzidas. Esta versatilidade é medida através do conceito de exergia⁴. Destinar esta energia tão nobre para o aquecimento não é uma alternativa inteligente, pois, esta forma de uso final pode ser facilmente substituída por outros energéticos, com um custo de operação menor (apesar de uma eficiência térmica menor), fator que mais importa no meio empresarial, de acordo com Gurovitz e Blecher (2005).
- 2) A produção de energia elétrica em larga escala utiliza, cada vez mais, a combustão de combustíveis fósseis, com uma eficiência térmica de no máximo 50%, além de também lançar CO₂ na atmosfera e agravar o efeito estufa; ou através da energia potencial e/ou cinética da água dos rios, obtida pela inundação de grandes áreas para a construção dos lagos para as hidrelétricas - lagos que substituem a mata nativa (produz CO₂ na decomposição desta mata, se a mesma não foi retirada na construção) e, geralmente, reduzem a umidade ambiente local (pois o lago evapora menor quantidade de água do que uma floresta); ou ainda, através da energia nuclear, onde os rejeitos do material radioativo é um problema deixado para as gerações futuras. Não se trata apenas de analisar o uso final, onde a combustão perde em eficiência térmica para a eletricidade, mas da eficiência da cadeia necessária para se chegar ao uso final. Decisões e políticas de governo, objeto deste trabalho, devem ser pensadas sempre na cadeia.

⁴ Do grego ex = para fora e ergon = trabalho. Exergia é a parte nobre da energia, ou em outras palavras, é a parcela que pode ser convertida em calor e ou trabalho. Ou ainda: exergia é a parte da energia que pode ser completamente convertida em qualquer outra forma de energia, definido originalmente por Rant em 1956.

- 3) A economia mundial cresce e o seu crescimento demanda uma quantidade maior de energia, principalmente a elétrica, pois em determinados usos finais ela é insubstituível. E o mundo já começou a sofrer as limitações na produção deste tipo de energia.
- 4) Existe uma unanimidade entre os pesquisadores de que é necessário diversificar a matriz energética do Brasil, ampliando a participação do GN, nuclear e renováveis (biomassa, eólica, solar, etc.).
- 5) O uso racional da energia, abordado por Horta (2007), aplicado em toda a sociedade, pode significar uma fonte energética que está aparentemente oculta, por um custo infinitamente menor do que o utilizado na ampliação da oferta de energia.

Este cenário nos traz a reflexão de que a escolha no curto, médio e longo prazo é aumentar a produção de energia elétrica sempre de forma a nunca deixar que a oferta se aproxime muito da demanda (para evitar um futuro apagão, como o de 2001), escolhendo a cadeia de menor impacto global. E, como objeto deste trabalho, por uma razão de lógica e de um cenário de escassez, utilizar a energia elétrica onde ela é necessária e insubstituível e substituí-la onde outros energéticos forem economicamente viáveis. Dentro deste conceito é que se propõe a substituição da eletrotermia por gases combustíveis.

Calor de Processo (C.P.): é o calor que se utiliza para aquecer, de forma indireta, um produto ou matéria prima. Para este aquecimento é utilizado o vapor ou óleo térmico. Desta forma, é o calor destinado a caldeiras, geradores de vapor e aquecedores de fluido térmico - de acordo com BEU (2005). O uso de energia final em Calor de Processo é uma das aplicações mais genéricas da energia. Os tipos de equipamentos usados são, porém, relativamente, padronizados o que simplifica muito o trabalho de levantamento de dados.

Setores com pequeno uso de Calor de Processo, como o Residencial, Comercial, Público e Agropecuário usam, basicamente, aquecedores de água. Estes podem ser elétricos (chuveiros, torneiras e aquecedores de acumulação - sendo que este último, por sua baixa eficiência, está sendo cada vez menos utilizado) e a GN ou GLP (aquecedores de passagem e de acumulação). Há alguns poucos casos de centrais de aquecimento de água em residências e no setor comercial, que têm pouco significado estatístico.

Os grandes usuários de Calor de Processo são as indústrias de transformação, e os equipamentos usados são: caldeiras ou aquecedores de fluidos. Grandes usuários usam, em geral, equipamentos de grande porte e vice-versa. Podemos identificar os setores de utilização com o porte dos equipamentos, que tem uma forte influência sobre o Rendimento Energético. Os

setores de Transporte Hidroviário e Ferroviário também são contemplados, devido ao uso, atualmente pequeno, de máquinas a vapor. Nos estudos realizados por BEU (2005), foram definidas três faixas de utilização, tomando como referência a capacidade de geração de vapor:

equipamentos pequenos: $C \leq 5$ toneladas de vapor / hora (Setores B)

equipamentos médios: $5 < C \leq 40$ toneladas de vapor / hora (Setores C)

equipamentos grandes: $C > 40$ toneladas de vapor / hora (Setores D)

A Tabela 1.1.7 que se segue, apresenta um sumário dos rendimentos energéticos para Calor de Processo, usando os diversos insumos energéticos nos diferentes setores de atividade. Na Tabela 1.1.7 de BEU (2005) têm-se os rendimentos dos diferentes energéticos (combustíveis).

Tabela 1.1.7: Rendimento e Aplicações na Geração de Calor de Processo

Energéticos	Setores de Aplicação	Rendimentos Energéticos / Ano			
		1984	1994	2004	Referência
Eletricidade	A	1,000	1,000	1,000	1,000
Comb. líquidos e gasosos	A	0,600	0,750	0,800	0,870
Combustíveis sólidos	A	0,400	0,430	0,460	0,500
Eletricidade	B	0,900	0,930	0,940	0,950
Comb. líquidos e gasosos	B	0,600	0,680	0,720	0,750
Combustíveis sólidos	B	0,550	0,600	0,620	0,650
Eletricidade	C	0,930	0,940	0,950	0,960
Comb. líquidos e gasosos	C	0,700	0,750	0,780	0,800
Combustíveis sólidos	C	0,600	0,650	0,680	0,700
Eletricidade	D	0,950	0,960	0,970	0,980
Comb. líquidos e gasosos	D	0,850	0,870	0,880	0,900
Combustíveis sólidos	D	0,650	0,720	0,770	0,820

Fonte: Processamento FDTE para BEU (2005)

Sendo que a nomenclatura utilizada por BEU (2005) significa os setores:

A: Residencial, Comercial e Público.

B: Transporte Ferroviário, Agropecuário, de Ferro Ligas, Cerâmica, Cimento e Outros Setores Industriais.

C: Transporte Hidroviário, Ferro Gusa e Aço, Mineração e Pelotização e Alumínio e Outros Metais Não Ferrosos.

D: Energético, Química, Alimentos e Bebidas, Têxtil, Papel e Celulose.

Apesar de alguns inconvenientes, como a geração de grandes picos de corrente, o Rendimento Energético de chuveiros e torneiras elétricas é muito próximo de 1,000. Foi adotado o valor unitário em BEU (2005).

Para evitar problemas de processamento, a Tabela 1.1.7 inclui alguns combustíveis que, comumente, não são muito usados em caldeiras, como o carvão metalúrgico, o coque de carvão mineral e o alcatrão, embora possam ser usados. Nesses casos a eficiência foi estimada com base em combustíveis similares e inserida na tabela apenas para casos de usos eventuais.

De acordo com Erickson (1995), existem três classificações para a temperatura dos diversos processos:

- Baixa temperatura: até 100°C;
- Temperatura intermediária: de 101°C a 650°C;
- Alta temperatura: acima de 651°C.

Este trabalho irá se concentrar nos potenciais de baixa temperatura e temperatura intermediária, pois para as altas temperaturas é necessária a adição de oxigênio na combustão dos gases combustíveis, o que encarece o processo de queima e inviabiliza, economicamente, a substituição tecnológica.

Aquecimento Direto (A.D.) é o uso do energético no aquecimento direto de um produto acabado, em processo ou matéria prima, de forma direta, ou seja: através da transferência de calor da combustão ou energia elétrica, através da condução, convecção e/ou radiação, para o material a ser aquecido. De acordo com BEU (2005), embora encontre uso disseminado em quase todos os setores de atividades, o aquecimento direto usando combustíveis líquidos e gasosos (gás natural, óleo combustível, óleos pesados, óleo Diesel, GLP e, eventualmente, querosene e alcatrão) tem um uso muito importante nos setores:

Metais não Ferrosos e outros Produtos Metálicos: nos processos de fundição, laminação e trefilação (fornos tipo túnel e cadinho),

Ferro gusa e Aço: nos processos de redução, lingotamento contínuo, laminação, forjaria, fundição e tratamento térmico (alto-fornos, fornos tipo túnel, cadinho e reverbero),

Cimento: no processo de clínquerização (forno tipo túnel rotativo com temperaturas que podem chegar a 1.400 °C),

Ferro Ligas: nos processos de fundição (fornos tipo cadinho),

Química: em processos de secagem, cura e em reatores (reatores, estufas, fornos tipo túnel, tambor rotativo e câmara),

Mineração e Pelotização: em processos de calcinação e secagem de minérios e queima de pelotas (fornos tipo túnel ou tambor rotativo)

Alimentos e Bebidas: em processos de secagem e cozimento (fornos tipo câmara, túnel, tambor rotativo, spray dryers e estufas),

Cerâmica: em processos de secagem e queima ou cura (fornos tipo câmara e túnel e estufas para secagem),

Têxtil: em processos de secagem e chamuscagem (estufas para secagem),

Papel e Celulose: no processo de recuperação da cal (forno tipo câmara),

Residencial: para processamento de alimentos, secagem e aquecimento ambiental (fornos domésticos, secadoras de roupa e estufas para aquecimento de ambiente).

Em BEU (2005), foi utilizado o rendimento típico de fornos ou estufas tipo câmara para evitar problemas de processamento em setores que tem pouco ou eventual uso de fornos. Esse tipo de forno ou estufa é o mais usado e mais adequado a usos genéricos. Nesse caso estão os Setores: Energético, Comercial, Agropecuário, Transportes, Papel e Celulose e Outros Setores Industriais na Tabela 1.1.8.

Tabela 1.1.8: Rendimento e Aplicação de Fornos a Combustíveis Líquidos e Gasosos

Setores de Aplicação	Rendimentos Energéticos / Ano			
	1984	1994	2004	Referência
Residencial	0,450	0,500	0,580	0,620
Cimento	0,370	0,430	0,460	0,510
Ferro Gusa e Aço	0,700	0,730	0,760	0,800
Ferro Ligas	0,500	0,540	0,560	0,600
Mineração e Pelotização	0,450	0,500	0,550	0,600
Não Ferr. E Outros Metálicos	0,520	0,550	0,600	0,650
Química	0,450	0,500	0,520	0,550
Têxtil	0,450	0,500	0,520	0,550
Papel e Celulose	0,400	0,430	0,460	0,450
Alimentos e Bebidas	0,450	0,500	0,520	0,550
Cerâmica	0,450	0,500	0,550	0,750
Outros	0,450	0,500	0,520	0,550

Fonte: Processamento FDTE

Os principais setores que usam fornos elétricos são:

Metais não Ferrosos e outros Produtos Metálicos: nos processos de fundição, laminação e trefilação (fornos a arco direto e a indução);

Ferro gusa e Aço: nos processos de redução, laminação, forjaria, fundição e tratamento térmico (fornos a arco direto, fornos a indução, fornos de redução direta e fornos a resistência);

Ferro Ligas: nos processos de redução e fundição (fornos a arco e arco submerso);

Química e em alguns outros setores: em processos de secagem, cura e em reatores (fornos e estufas à resistência - infravermelho / ultravioleta);

Alimentos e Bebidas: em processos de secagem e cozimento (fornos e estufas com resistências);

Cerâmica: em processos de secagem e queima ou cura (fornos e estufas com resistências);

Têxtil: em processos de secagem (estufas a resistência);

Residencial: para processamento de alimentos, secagem e aquecimento ambiental (fornos a resistência, ferro de passar roupa, secadora de roupa, estufa para aquecimento de ambiente e forno de microndas).

Em BEU (2005), nos casos em que se usa mais de um tipo de forno em um dado setor, os rendimentos apontados indicam a média entre esses diferentes tipos de fornos. Há setores que podem ter uso eventual de fornos. Para evitar problemas de processamento, atribui-se a esses o rendimento típico de fornos ou estufas a resistência, que seria o tipo de forno elétrico mais versátil e mais adequado a usos genéricos. Esse é o caso do Setor Energético, Comercial, Agropecuário, de Transportes, de Cimento, de Mineração e Pelotização, de Papel e Celulose e de outros Setores Industriais.

A Tabela 1.1.9 que se segue apresenta um sumário dos rendimentos energéticos típicos de fornos elétricos em diversos setores de atividade.

Tabela 1.1.9: Rendimento e Aplicação de Fornos Elétricos (BEU-2005)

Setores de Aplicação	Rendimentos Energéticos / Ano			
	1984	1994	2004	Referência
Residencial	0,600	0,650	0,700	0,800
Ferro Gusa e Aço	0,500	0,550	0,600	0,700
Ferro Ligas	0,500	0,550	0,600	0,680
Não Ferr. e Outros Metálicos	0,520	0,550	0,600	0,700
Química	0,650	0,680	0,690	0,750
Alimentos e Bebidas	0,500	0,60	0,65	0,70
Cerâmica	0,500	0,550	0,580	0,620
Outros	0,450	0,500	0,550	0,550

Não existe um trabalho sistemático para avaliar o percentual de eletrotermia nas indústrias. O BEU (2005) não faz o levantamento deste potencial. Mas das Tabelas 1.1.5 e 1.1.6 apresentadas anteriormente e de outras do BEU (2005) criamos as Tabelas 1.1.10 e 1.1.11 a seguir:

Tabela 1.1.10: Energia Final e Útil, no Brasil e no setor Industrial (BEU-2005)

em Minhares de tep	No Setor Industrial				Em Todo o Brasil			
	C.P.	A.D.	C.P. + A.D.	Total	C.P.	A.D.	C.P. + A.D.	Total
Energia Final	31.056,9	28.282,2	59.339,1	72.217,5	43.946,1	48.969,4	92.915,5	178.153,4
Energia Útil	24.298,8	17.765,2	42.064,0	52.005,2	34.688,3	27.667,1	62.355,4	102.511,1
Rendimento (%)	78,2%	62,8%	70,9%	72,0%	78,9%	56,5%	67,1%	57,5%

Tabela 1.1.11: Energia Elétrica Final e Útil, no Brasil e no setor Industrial (BEU-2005)

em Minhares de tep	No Setor Industrial				Em Todo o Brasil			
	C.P.	A.D.	C.P. + A.D.	Total	C.P.	A.D.	C.P. + A.D.	Total
Energia Elétrica Final				14.797,2	2.071,5	3.320,3	5.391,8	30.923,1
Energia Elétrica Útil				11.251,3	2.060,5	1.960,5	4.021,0	21.262,5
Rendimento (%)				76,0%	99,5%	59,0%	74,6%	68,8%

Com as Tabelas 1.1.10 e 1.1.11 acima, pode-se interpolar para saber qual é a eletrotermia no setor industrial no Brasil, uma vez que o BEU (2005) não fornece esta informação. Na Figura 1.1.5 podemos ver a representação da interpolação das somatórias de C.P. e A.D. considerando a Energia Elétrica Final destes processos em todo o Brasil (triângulo azul escuro) e no setor industrial (no triângulo amarelo), denominado por: X (no eixo horizontal) e de Energia Final destes processos em todo Brasil e no setor industrial (no eixo vertical).

Figura 1.1.5: Extrapolação para cálculo da Eletrotermia no Setor Industrial, com base em BEU (2005)

Os cálculos das extrapolações podem ser vistos na Tabela 1.1.12 a seguir:

Tabela 1.1.12: Cálculo da Eletrotermia no Setor Industrial, com base em BEU (2005)

Eletrotermia	No Setor Industrial		
Em Milhares de tep	C.P.	A.D.	C.P. + A.D.
Energia Elétrica Final	1.463,9	1.917,6	3.443,4
Energia Elétrica Útil	1.443,4	1.258,8	2.712,5
Rendimento (%)	98,6%	65,6%	78,8%

Vide a seguir, na Tabela 1.1.13, os percentuais de eletrotermia no setor industrial, calculados a partir dos valores das Tabelas 1.1.10 e 1.1.11.

Tabela 1.1.13: Cálculo do percentual de Eletrotermia na Indústria

Eletrotermia	No Setor Industrial		
Em percentual	C.P.	A.D.	C.P. + A.D.
Energia Elétrica Final	9,89%	12,96%	23,27%
Energia Elétrica Útil	12,83%	11,19%	24,11%
(%) Médio	11,36%	12,07%	23,69%

O BEU (2005) não fornece o percentual de eletrotermia no setor industrial. Na Tabela 1.1.13 é apresentado uma noção do potencial de eletrotermia no setor industrial, da ordem de 23% a 24%. Entretanto, nem toda eletrotermia pode ser substituída. Existem limitações, como a radiação térmica, a miniaturização dos equipamentos elétricos, etc., que serão detalhados no item 1.2.

Os valores encontrados estão abaixo do previsto pelos pesquisadores como Poulallion (2004) e Strapasson (2004). Enfatiza-se que esta metodologia é uma mera aproximação e que foi feita por não haver pesquisa sistemática a respeito do tema. Enfatiza-se também que os valores encontrados são médios, sendo que existem indústrias onde a eletrotermia tem uma presença muito maior e outras que sua presença quase não existe, como poderá ser constatado na parte de resultados da pesquisa de campo realizada.

O estudo leva em consideração os gases combustíveis pelo cenário futuro positivo em relação a estes dois energéticos quanto a reservas (no caso de GN) e quanto ao aumento da produção de refino (no caso do GLP) de petróleo e nas Unidades de Processamento de GN (UPGN).

Desde a década de 1960 o Brasil é auto-suficiente no refino de petróleo e hoje, na produção do mesmo. Mas o Brasil ainda não é auto-suficiente em todos os seus derivados, dentre eles o diesel e o gás liquefeito de petróleo (GLP).

O Brasil caminhava para a auto-suficiência em 2006, como pode ser visto no gráfico da Figura 1.1.6 de ANP (2007), mas a entrada da produção da empresa Rio Polímeros, em junho de 2005 - de acordo com Riopol (2007) -, postergou a auto-suficiência para um futuro próximo, pois, canalizou o consumo de etano e propano do GN da Bacia de Campos para produção de propeno e polietilenos.

Figura 1.1.6 Histórico da Importação de GLP no Brasil em m³

* até novembro de 2007. Fonte: ANP (2007) de Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) – Ministério do Desenvolvimento,

Com o aumento do refino (devido à necessidade de produção de diesel), e da produção de GN, o Brasil também será auto-suficiente em GLP em um futuro próximo.

O GN (gás natural) terá um espaço cada vez maior em nossa matriz energética, pois, cada dia se descobre novas reservas. A tendência é do Brasil se tornar auto-suficiente também em GN, sem ter que depender de vizinhos com políticas instáveis. O gás natural é descrito por Santos (2002) como o combustível da transição entre um mundo com uma cultura do petróleo, para outro mundo com uma cultura com usos de energéticos alternativos e sustentáveis. Existe o exemplo do uso do GN em células combustíveis, na produção de metanol e hidrogênio. Além de ser possível se gerar GN através da biomassa e lixo.

Ambos os gases (GN e GLP) apresentam melhores características de queima, como abordado em Santos e outros (2007), em relação a outros combustíveis fósseis. E também menor impacto ambiental, a ponto de ser considerado crédito de carbono quando existe a substituição do óleo combustível e diesel, de acordo com Brancacci (2007).

Além do futuro excesso de oferta destes gases, os preços dos mesmos viabilizam a substituição, dependendo do preço pago pela energia elétrica. Para completar, já existem tecnologias desenvolvidas que permitem a queima com grande eficiência térmica, como pode ser visto no Anexo 2.

O trabalho leva em consideração a substituição da eletrotermia pelos gases combustíveis fósseis (e não outro energético), porque considera ser a opção menos prejudicial, quer seja por ser mais simples de se queimar - quando se analisa as reações químicas que ocorrem durante a combustão-; quer seja por ser o que resulta em uma produção menor de tipos e quantidades de poluentes na atmosfera. Outra razão pela opção por gases combustíveis, e caracterizando os mesmos como sendo o gás natural (GN) e o gás liquefeito de petróleo (GLP), é que no Brasil o GLP tende, futuramente, a auto-suficiência e o GN a ocupar uma fatia cada vez maior na matriz energética. O Brasil possui reservas de GN que ainda não foram exploradas e, ao fazer a exploração, uma quantidade maior de GLP será gerada nas UPGNs (Unidade de Processamento de Gás Natural), onde elementos pesados são retirados do GN, sendo estes propano e butano (que compõem o GLP) e o pentano (misturado à gasolina produzida nas refinarias). Com a ampliação da oferta nacional de GN os dois gases (GN e GLP) ficarão cada vez mais interligados, como já foi abordado em Fernandes (2006).

Outro fator importante hoje (e para os próximos anos) é o protocolo de Kyoto, que começa a surtir seus efeitos no Brasil. Em 27 de setembro de 2007 ocorreu o primeiro leilão de créditos de carbono na BM&F, onde a prefeitura de São Paulo vendeu por R\$34.000.000,00 os créditos de carbono produzidos pelo aterro Bandeirantes - que utiliza o lixo para geração de metano e, com o metano, produz energia elétrica através de turbinas a gás. A substituição da eletrotermia (oriunda de termoelétricas) e de outros combustíveis fósseis geram créditos de carbono.

O GLP (devido a sua capilaridade na distribuição) e o GN (gás que faz a ponte entre o uso fóssil e o uso sustentável) contribuirão, de forma significativa, para as mudanças que irão ocorrer no mundo devido à escassez de energia.

1.2 A Matriz Energética Brasileira

Se compararmos a matriz energética mundial de 2004 com a brasileira de 2006 pode-se notar tendências para o futuro, como pode ser visto na Tabela 1.2.1 a seguir, de BEN (2007):

Tabela 1.2.1 - Energia: Brasil x Mundo

Energia (fonte primária)	Brasil (%) 2006	Mundo (%) 2004
Petróleo e Derivados	37,9	34,3
Biomassa ou Renováveis	30,1	11,0
Eletricidade Hidráulica	14,8	2,2
Gás Natural	9,6	20,9
Carvão Mineral	6,0	25,1
Urânio	1,6	6,5

A Tabela 1.2.1 apresenta significativas diferenças do Brasil em relação ao mundo:

Utiliza-se mais petróleo e derivados: o que demonstra que o país tem um grande potencial de redução do consumo quando intensificar o transporte de cargas de trens, navios e transporte coletivo de pessoas.

Utiliza-se muito mais biomassa e renováveis: esta tendência irá aumentar com a combinação do Brasil produzir mais álcool e energia elétrica com a queima do bagaço da cana de açúcar.

Utiliza-se muito mais eletricidade hidráulica: esta tendência irá aumentar com a combinação do Brasil ampliar seu parque de hidrelétricas de pequeno, médio e grande porte e com a substituição da eletrotermia, potencial pouco explorado no Brasil.

Utiliza-se menos gás natural: a tendência é a ampliação do uso do GN, seja em termoeletricas; ou nas indústrias, comércio e residências.

Utiliza-se pouco o carvão mineral: o Brasil não possui grandes reservas e as existentes não apresentam um carvão de qualidade. A tendência é manter esta diferença.

Utiliza-se pouco o urânio: a tendência é a ampliação do uso de termonucleares, pois o Brasil possui uma grande reserva de urânio e desenvolveu tecnologia para seu enriquecimento. Futuramente o Brasil será auto-suficiente no enriquecimento.

Existe uma barreira cultural para a expansão do gás natural no Brasil, de acordo com Fernandes; Guagliardi e Gerosa (2006), os esforços do governo devem ser canalizados na regulamentação federal do GNL e GNC; além de fazer parcerias com todas as organizações e instituições formadoras de opinião entre outras, para introduzir a cultura do gás nas faculdades,

escolas e prefeituras. Esta influência deve chegar ao código de obras dos municípios; nas exigências do MEC de inclusão das instalações de gás nos cursos de Engenharia de todo o país; na forma de propostas de leis para de fato o Marco Regulatório do GN em toda sua extensão, cadeia e diferentes formas de transporte.

Ainda de acordo com a referência descrita, um projeto de Marketing Social para os gases combustíveis seria dividido em dois focos distintos, um específico para o GLP e para a população de baixa renda, aproveitando a capilaridade de distribuição deste e, principalmente, o rótulo de ser um combustível para fogões a gás. Este projeto seria de comunicação em massa, revisando o produto de forma a atender a todos os consumidores potenciais e, com isto, obtendo um grande impacto ambiental se for deslocada a lenha obtida da coleta predatória. O segundo foco seria nos formadores de opinião, especificamente, os universitários, os quais poderiam auxiliar o MME e ANP na criação de normas, do marco regulatório, de políticas governamentais e, assim, iniciar a mudança cultural para que o brasileiro passe a ter uma cultura do gás. Em particular, destacamos a necessidade de atualizar a estrutura curricular do curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica dada à importância destes profissionais nesta mudança cultural.

Outros passos, além de envolver outros ministérios, seriam utilizar, de forma sinérgica, todos os esforços feitos por esta indústria do gás que se inicia - de forma a facilitar a comunicação entre as áreas afins, buscando com isso somar esforços na concretização deste tipo de indústria no Brasil. O potencial gerado pela sinergia entre a indústria de distribuição do GLP e GN pode ser muito grande, como foi descrito no texto. Podem ser excelentes parceiros e não somente concorrentes, como é a visão que se tem hoje.

2. LIMITAÇÕES DA SUBSTITUIÇÃO DA ELETROTÉRMIA

Nem toda eletrotérmia utilizada no aquecimento direto pode ser substituída pela energia química gerada pela combustão. Existem processos produtivos que necessitam de altas temperaturas e/ou transferência de calor por radiação, dois fatores que podem ser limitantes na mudança tecnológica de energia elétrica para queima de gases combustíveis.

2.1. Radiação Térmica

A radiação térmica é uma onda eletromagnética que possui a seguinte banda de comprimento de onda, como visto na Figura 2.1:

Figura 2.1: Banda de onda correspondente à radiação térmica.

De acordo com Siegel-Howell (1972), toda substância emite continuamente radiação eletromagnética em virtude da agitação molecular e atômica associada com a energia interna da substância. No estado de equilíbrio, a energia interna é diretamente proporcional à temperatura da substância. A emissão da energia radiante pode ter uma faixa bem ampla, como podemos ver na Figura 2.1, de ondas de rádio, com comprimento de milhas, até raios cósmicos, com menos de 10^{-10} cm. A definição de radiação térmica é aquela que pode ser detectada como calor ou luz.

A teoria da propagação da energia radiante pode ser considerada de dois pontos de vista: a teoria clássica da onda eletromagnética e mecanismo quântico. Na maioria dos casos elas são similares em resultados. Com raríssimas exceções, a radiação térmica pode ser vista como um fenômeno baseado no clássico conceito de transporte de energia por ondas eletromagnéticas. Infelizmente, dentro destas exceções, se inclui um dos mais importantes efeitos comum ao estudo de transferência radioativa, como é a distribuição espectral da energia emitida de um corpo e as

propriedades radioativas dos gases. Eles só podem ser explicados e derivados na base do efeito quântico onde a energia é transportada por partículas discretas (fótons). A verdadeira natureza da energia eletromagnética (que pode ser onda ou quanta) não é conhecida.

Em capítulo específico sobre chamas, chamas luminosas e radiação de partículas, Siegel-Howell (1972) ressalta que, sob certas condições, gases emitem muito mais radiação no espectro visível do que seria esperado. Um exemplo disto é a chama azul de um bico de Bunsen poder se tornar amarelo-laranja com a restrição do ar primário, produzindo muito mais radiação, principalmente, pela presença de partículas de carbono aquecido, formado pela combustão incompleta de hidrocarbonetos. Existem estudos experimentais que comprovam uma teoria de que a emissão luminosa de algumas chamas é, na verdade, a emissão de bandas vibracional-rotacionais de algumas espécies químicas que aparecem durante o processo de combustão, principalmente na formação de partículas de fuligem (Carbono).

A combustão é um processo químico muito complexo, em que ocorrem reações químicas secundárias às reações clássicas principais. O processo envolve a variedade de espécies químicas intermediárias. A composição e concentração destas espécies intermediárias não podem ser previstas muito bem, a menos que estejam totalmente conhecidas as reações cinéticas da chama e, este conhecimento é muito difícil de ter a mão. Por causa das propriedades da radiação de chamas dependerem das distribuições das espécies e da variação de temperatura na chama, uma previsão detalhada da sua radiação não é geralmente possível quando se conhece apenas os combustíveis originais e a sua geometria. Por causa destas dificuldades é necessário o uso de métodos empíricos para predizer a radiação de sistemas envolvendo combustão.

Para facilitar a compreensão, examinam-se dois fatos em separado: 1) o cálculo da temperatura teórica da chama, sem contar com perdas pela radiação e 2) a radiação de um gás contendo partículas sólidas que irão alterar a temperatura da chama.

Na Tabela 2.1 a seguir, pode-se ver as temperaturas de chamas de diversos combustíveis, de British Gas (1992).

Tabela 2.1: Calor da combustão e temperatura da chama para combustíveis de hidrocarboneto de British Gas (1992)

Combustível	Calor da combustão J/kg	Temperatura máxima da chama, K (Combustão com ar seco a 298K)		
		Estequiométrica (Combustão Completa)	Estequiométrica (com dissociação e ionização)	Experimental
Monóxido de carbono (CO)	$4,83 \times 10^7$	2615		
Hidrogênio (H ₂)	$12,0 \times 10^7$	2419		
Metano (CH ₄)	$5,0 \times 10^7$	2285	2191	2158
Etano (C ₂ H ₆)	$4,74 \times 10^7$	2338	2222	2173
Propano (C ₃ H ₈)	$4,64 \times 10^7$	2629	2240	2203
n-Butano (C ₄ H ₁₀)	$4,56 \times 10^7$	2357	2246	2178
n-Pentano (C ₅ H ₁₂)	$4,53 \times 10^7$	2360		
Etileno (C ₂ H ₄)	$4,72 \times 10^7$	2523	2345	2253
Propileno (C ₃ H ₆)	$4,57 \times 10^7$	2453	2323	2213
Butileno (C ₄ H ₈)	$4,53 \times 10^7$	2431	2306	2208
Amileno (C ₅ H ₁₀)	$4,50 \times 10^7$	2477		
Acetileno (C ₂ H ₂)	$4,82 \times 10^7$	2859		
Benzeno (C ₆ H ₆)	$4,06 \times 10^7$	2484		
Tolueno (C ₆ H ₅ CH ₃)	$4,09 \times 10^7$	2460		

Nota-se da Tabela 2.1 que as temperaturas estequiométricas das chamas possuem a mesma ordem de grandeza; que os valores experimentais estão muito aquém dos valores estequiométricos; que o calor gerado pela combustão do Hidrogênio é muito superior aos demais hidrocarbonetos, que têm valores com mesma ordem de grandeza.

O fenômeno envolvendo a radiação não visível é pouco entendido. Em muitos casos, a chama pode ser tratada como a emissão de um corpo negro. Em British Gas (1992) é enfatizado que muitos gases, como o hidrogênio, oxigênio e nitrogênio não emitem ou absorvem radiação térmica e, desta forma, não contribuem para a transferência de calor por radiação.

A radiação é originada pelo CO₂ e H₂O, na banda do infravermelho. São importantes emissores e absorvedores de radiação. Assim, desde que a chama contenha concentração significativa destes gases, eles desempenham uma parte importante na transferência de calor por radiação em fornos industriais.

A fuligem (carbono) emite em um espectro contínuo na banda visível e infravermelho. A fuligem é extremamente importante e pode dobrar ou triplicar o calor que será radiado pelos produtos gasosos sozinhos.

Figura 2.2: Intensidade da radiação por comprimento de onda de British Gas (1992)

Na Figura 2.2 fica evidente que uma chama luminosa (do carvão) cobre uma faixa bastante ampla de comprimento de onda, ao passo que uma não luminosa tem comprimentos irregulares.

Em British Gas (1992), mostram-se a fuligem como partículas de carbono finamente divididas, que não foram consumidas na chama. As partículas são ligeiramente esféricas, muito pequenas em diâmetro e se juntam em grandes cadeias. Cada partícula encontrada é geralmente feita de cerca de 1.000 pequenos cristais de grafite com cerca de 2 nanômetros de tamanho, tendo uma razão de átomos de carbono e hidrogênio de 8:1 a 25:1, dependendo do combustível. Chamas difusas e chamas de queima retardada e com pré-mistura produzem grandes partículas. Chamas rápidas pré-misturadas produzem partículas pequenas.

A taxa de formação de fuligem depende do histórico de mistura da chama e também da razão carbono/hidrogênio do combustível, assim como a estrutura da molécula do combustível.

Em um forno industrial, o calor de uma chama aberta é transferido, principalmente, pelo processo de radiação. Em fornos com altas temperaturas, a radiação chega a ser responsável por 95% da transferência de calor.

Como a radiação é proporcional à quarta potência da temperatura do gás, a taxa de transferência é muito sensível à temperatura. Por exemplo, se os produtos da combustão estão a 1.600°C e caem 100 °C, ocorrerá uma redução de 25% na transferência de calor. Ou ainda, um acréscimo de 20°C em uma temperatura inicial de 1.200°C irá aumentar em 5,5% a radiação.

Figura 2.3: Capacidade de calor médio de vários gases calculado entre T e 298°K de British Gas (1992)

Na Figura 2.3 é possível perceber a influência da temperatura dos produtos da combustão em seu c_p = calor específico = l.

Como depende dos elétrons, é dependente do tipo de molécula e dos átomos que a compõem, por exemplo, a chama que vemos nada mais é do que a radiação visível dos produtos da combustão aquecidos. Uma característica interessante é a queima de hidrogênio, que produz uma chama invisível aos olhos humanos. Em geral, quanto mais carbono possui o hidrocarboneto queimado, mais intensa e radiante é a chama, inclusive a olho nu.

Mesmo quando o queimador é cerâmico poroso radiante, a radiação significativa não é a produzida pela cerâmica, mas sim pela própria chama, segundo AGA (1967).

Esta característica faz com que em algumas aplicações comparativas entre gás natural, rico em metano, com uma molécula contendo um átomo de carbono, apresente uma radiação muito menor do que a queima de um óleo diesel ou óleo combustível, que possuem um número de carbonos muito maior em suas moléculas.

No caso da energia elétrica, novamente é importante observar que tipo de material está sendo aquecido para produzir a radiação. O condutor é geralmente metálico, substâncias que contêm vários elétrons e níveis atômicos. Aliada a esta característica dos metais, as temperaturas que conseguimos trabalhar com a energia elétrica são mais altas. Desta forma, em geral,

equipamentos de radiação térmica elétricos podem produzir mais radiação do que os que funcionam com gás natural, por exemplo.

2.2. Temperatura de Processo

A temperatura de processo é outro ponto crucial para se analisar a viabilidade de se substituir a energia elétrica por GN ou GLP.

Além da radiação, a própria eficiência do processo é dependente da temperatura. No caso da queima do gás, o comburente é o ar atmosférico, que contém uma parte de oxigênio e 3,76 partes de nitrogênio. O nitrogênio passa pela reação química e é apenas aquecido, roubando energia da própria combustão. Se o excesso de ar é grande, a temperatura da chama será menor, pois mais nitrogênio será aquecido. Se o excesso de ar é negativo (em relação ao necessário para uma queima estequiométrica), a temperatura será menor, pois a combustão é incompleta, gerando monóxido de carbono, partículas de carbono. Se o excesso de ar é ligeiramente superior ao estequiométrico, a temperatura da chama atingirá seu maior valor na prática. Pelo fato da temperatura ser mais alta, parte do nitrogênio reage formando NOx, que irá resultar em chuva ácida.

Alterar esta condição é possível aumentando o percentual de oxigênio no ar, porém, fazer isso significa elevar os custos e não elimina a formação de NOx.

Com a energia elétrica, a temperatura que conseguimos atingir pode ser muito superior se comparada com as obtidas com a combustão de gases hidrocarbonetos, além de serem fontes com maior intensidade. Desta forma, os equipamentos podem ser mais compactos e apresentar uma maior produtividade nos processos produtivos.

Outro fator importante relacionado com as temperaturas de processos é no que diz respeito aos ajustes para obtenção das temperaturas exigidas. Os controles com energia elétrica são mais precisos e necessitam de uma quantidade menor de itens.

A consequência destas diferenças é custo de capital menor para equipamentos elétricos, maior produtividade e controles mais precisos destes. Tudo isto tem que ser pesado nos cálculos econômico-financeiros.

Existem aplicações que necessitam de temperaturas muito altas, maiores do que a temperatura estequiométrica da chama.

Segundo AGA (1967), a temperatura da chama é de pequena importância para chamas abertas, desde que estas operem entre temperaturas de processo de 160 °F (71,1 °C) até 550 °F

(287,7°C). Este é o caso de vários fornos. Com relação às chamas abertas, onde existe o contato com a superfície a ser aquecida, as temperaturas são acima desta faixa considerada.

De acordo com AGA (1967), as diferenças entre as temperaturas da chama real e calculada são causadas pelos seguintes fatores:

- a) Diminuição de radiação; por exemplo, a perda de radiação de um bico de Bunsen pode ser de 12 a 18 % do total de calor;
- b) Toda a energia do combustível não é instantaneamente liberada;
- c) Perda por convecção;
- d) Perda por condução; uma parte do calor é perdido por condução direta do queimador e da fornalha;
- e) Excesso de ar dissipa o calor. Uma moderada mistura de gás-rica usualmente resulta em temperaturas mais altas na prática; a reação incompleta final resulta em aldeídos;
- f) Um objeto na chama diminui a temperatura da chama;
- g) Dissociação de gases diatômicos em altas temperaturas.

Na prática, as temperaturas da chama podem ser aumentadas por:

- a) Liberação de calor da combustão tão rápido quanto possível; por exemplo, por superfície de catálise;
- b) Usando a menor quantidade de ar possível para a queima completa;
- c) Aumentando a temperatura do gás e do ar antes da combustão;
- d) Usando oxigênio do ar enriquecido com oxigênio;
- e) Selecionando gases combustíveis com altas temperaturas de chama ou aumentando suas proporções na mistura;
- f) Sobrepondo energia elétrica em uma chama natural de gás-ar; isto pode aumentar a temperatura da chama para aproximadamente 1000°F.

2.3 Qualidade da Energia Elétrica

A energia elétrica é universalmente distribuída através de ondas senoidais. Quando pensamos em corrente elétrica é a corrente alternada. Sua magnitude e direção variam ciclicamente. O ciclo em que ocorre esta alternância é de 60 Hz, ou de 50 Hz.

Qualquer distorção provocada nesta curva senoidal, que representa a distribuição de potência elétrica, é denominada como um distúrbio, ou poluição na rede de distribuição, que afetam a qualidade da energia.

Os dois principais fatores que afetam a qualidade da energia são: fator de potência e harmônicas, baseados em Albadó (2001).

O fator de potência é o deslocamento entre as curvas senoidais de corrente e tensão, atrasando a corrente em relação à tensão (devido a cargas indutivas) ou antecipando a mesma (devido a cargas capacitivas), como pode-se ver na Figura 2.3.1 a seguir:

Figura 2.3.1: Exemplo do deslocamento da curva senoidal, devido a cargas indutivas

Na Figura 2.3.1, a curva que passa pelo cruzamento dos dois eixos (em vermelho) representa a tensão e, a que sofre o deslocamento (em azul), a corrente que recebeu influência cargas resistivas-indutivas, neste caso em específico.

As harmônicas de corrente são ocasionadas, na maioria dos casos, por cargas não lineares.

A seguir, tem-se a descrição das duas principais distorções.

2.3.1. Fator de Potência (F_p):

A energia elétrica consumida numa instalação é composta, basicamente, por duas parcelas distintas: a energia ativa (E_a) e a energia reativa (E_r).

A energia ativa (E_a) é aquela que efetivamente produz trabalho útil. A energia ativa (P) é aquela obtida com a integração da potência ativa no tempo, que é medida em kWh.

A energia reativa (E_r) é aquela necessária para o funcionamento dos motores e transformadores. A energia reativa é também denominada energia magnetizante. A energia reativa é aquela obtida com a integração da potência reativa (Q) no tempo, que é medida em kVArh.

A relação entre elas é dada por:

$$Es^2 = Ea^2 + Er^2 \text{ ou em forma de potência } S^2 = P^2 + Q^2 \quad (1)$$

A representação do FP é bi-dimensional, ou seja, podemos representar em um plano reto, onde **P**, **Q** e **S** podem ser representados geometricamente como um triângulo retângulo de catetos **P** e **Q**, e hipotenusa **S**, conforme visto na Figura 2.3.2.

Figura 2.3.2: Triângulo retângulo das potências: ativa, reativa e aparente.

Define-se como Fator de Potência (**Fp**) de uma instalação, o quociente entre a energia ativa e a energia aparente, ou seja: **Fp = Ea / Es** ou **Fp = P/S**.

A regulamentação brasileira para Fp, de acordo com ANEEL (2000), estabelece para unidades consumidoras alimentadas em baixa tensão o valor limite mínimo de 0,92 em sua resolução número 456. Deve sempre ser feito por média horária, sendo 0,92 indutivo no período indutivo do dia (em geral das 6 às 24 horas, exceto horário de ponta de 3 horas, variando de concessionária e horário de verão) e 0,92 capacitivo no período capacitivo (6 horas seguidas entre 23:30h e 6:30h, a ser definido pela concessionária local).

Pode-se também simplificar a análise da parte restante, se for admitido que as correntes e tensões estejam no mesmo plano e sejam senoidais. A Figura 2.3.3 mostra a composição das potências para este caso:

Figura 2.3.3: Triângulos de potência da Estufa, do Resto e Total

A análise do fator de potência resultante da futura substituição é feita com o cálculo do triângulo intermediário (Resto), pois os triângulos menor (estufa) e maior (total da empresa) foram medidos.

2.3.2. Harmônicas (THD):

Dado um padrão de onda senoidal, como o adotado na rede elétrica, pode-se designar as harmônicas do sistema como desvios em relação a esse padrão, que no caso brasileiro tem uma frequência de 60 Hz. Um sinal qualquer pode ser descrito através da série de Fourier, nas seguintes formas:

a) Trigonométrica.

$$s(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \cdot \cos(k\omega_0 t) + b_k \cdot \sin(k\omega_0 t)], \text{ com } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (2)$$

Onde os a_k e b_k são constantes reais, T_0 é o período da onda e ω_0 é a frequência.

b) Trigonométrica Polar.

$$s(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_0 t + \theta_k), \text{ com } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (3)$$

Onde os A_k são constantes reais, os θ_k são defasagens, T_0 é o período da onda e ω_0 é a frequência.

c) Forma complexa

$$s(t) = \sum c_k \cdot e^{jk\omega_0 t}, \text{ com } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (4)$$

Onde os c_k são frequências complexas, T_0 é o período da onda e ω_0 é a frequência.

Nos sistemas de potência é utilizada a Trigonometria Polar.

Existe uma frequência no sinal que é chamada frequência fundamental, que no caso da rede elétrica no Brasil é 60Hz. Tal frequência é a componente desejada de tensão e corrente, para a qual os equipamentos elétricos foram projetados para funcionar.

Devido à presença de cargas não lineares na rede, podem surgir componentes com frequências múltiplas inteiras da fundamental de 60 Hz. Tais componentes são chamadas de harmônicas. O fator multiplicativo (k na equação) é chamado ordem da harmônica. Na rede elétrica brasileira, tais frequências são 120Hz (denominada de ordem 2, pois $k = 2$, onde $2 \times 60 \text{ Hz} = 120 \text{ Hz}$), 180Hz (ordem 3), 240Hz (ordem 4), 300Hz (ordem 5) e assim sucessivamente.

Tais componentes podem provocar danos aos equipamentos ou mau funcionamento dos mesmos. Por isso, é conveniente a medida do conteúdo energético de tais componentes. A medida usada para tal é o THD (Distorção Harmônica Total), onde o conteúdo das harmônicas, diferentes da fundamental, é comparado com o da fundamental. A expressão do THD é:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum (U_h)^2}}{U_1} \times 100\% \quad (5)$$

Onde U_1 é o valor eficaz da fundamental e U_h é o valor eficaz da h -ésima harmônica, sendo h diferente de 1, ou seja, não inclui a fundamental. A letra U aqui utilizada pode representar a tensão ou a corrente. Desta forma, têm-se o $THD_{(V)}$ e o $THD_{(I)}$.

O $THD_{(I)}$ é produzido por cargas não lineares e pode criar tensões harmônicas na rede. Já o $THD_{(V)}$ pode ser gerado por geradores de energia mal projetados.

Para a rede básica de energia, a ONS (Operador Nacional do Sistema) estabelece desde 2002 parâmetros de qualidade para tensão suprida. Entretanto, para o consumidor final, não existe norma brasileira para determinar limites ao THD, como existe no caso do fator de potência. Em ANEEL (2005), existe a proposta dos seguintes valores para a distorção harmônica da tensão no sistema de distribuição da Tabela 2.3.1., apesar de ainda não ter sido definida como norma no Brasil, apresenta valores limites para as distorções na tensão de alimentação:

Tabela 2.3.1: Valores de Referência Globais de $THD_{(V)}$ do documento da ANEEL

Tensão Nominal do barramento - VN	Distorção Harmônica Total de Tensão – $THD_{(V)}$
$VN < 1 \text{ kV}$	10%
$1 \text{ kV} < VN < 13,8 \text{ kV}$	8%
$13,8 \text{ kV} < VN < 69 \text{ kV}$	6%
$69 \text{ kV} < VN < 138 \text{ kV}$	3%

A norma BS EN 50160 (2007) especifica um $THD_{(V)}$ de 8%, para a distribuição do sistema e o IEEE-519 (1991) especifica os seguintes valores da Tabela 2.3.2:

Tabela 2.3.2: Valores de Referência Individuais e Totais do $THD_{(V)}$ da norma BS EN

Tensão Nominal do barramento - VN	Limite de Harmônica Individual de Tensão	$THD_{(V)}$
VN < 69 kV	3,0%	5,0%
69001 V < VN < 161 kV	1,5%	2,5%
161 kV < VN	1,0%	1,5%

Não existe sequer uma referência para a distorção da corrente, e isto é um problema importante para a identificação do responsável em gerá-la, pois, para muitas cargas eletrônicas, o $THD_{(I)}$ é dependente do $THD_{(V)}$, ou seja, pode ser originado pela própria concessionária e não pelo consumidor final.

A norma IEC 61000-3-2 (2005), que trata de $THD_{(I)}$ para correntes até 16 A por fase, especifica limites conforme a Tabela 2.3.3 a seguir:

Tabela 2.3.3: Valores de Referência Individuais de Corrente da norma IEC 61000-3-2 (2005)

Ordem do Harmônico n	Classe A – Máxima corrente [A]	Classe B – Máxima corrente [A]	Classe C – % da fundamental	Classe D – [mA/W]
3	2,30	3,45	30 x Fp	3,4
5	1,14	1,71	10	1,9
7	0,77	1,115	7	1
9	0,40	0,6	5	0,5
11	0,33	0,495	3	0,35
13	0,21	0,315	3	0,296
15 < n < 39	0,15 = 15/n	0,225 = 15/n	3	3,85/n
2	1,08	1,62	2	
4	0,43	0,645		
6	0,30	0,45		
8 < n < 40	0,23 = 8/n	0,35 = 8/n		

Obs.: Fp = Fator de Potência.

Onde os equipamentos são classificados em 4 grupos, sendo o “A” trifásico.

A norma IEC 61000-3-4 (1998), que trata de $THD_{(I)}$ para correntes acima de 16 A por fase e com potência aparente menor ou igual a 33 vezes a potência de curto-circuito da instalação, especifica limites conforme a Tabela 2.3.4 a seguir:

Tabela 2.3.4: Valores de Referência Individuais de Corrente da norma IEC 61000-3-4 (1998)

Ordem do Harmônico n	Harmônico Admissível $I_n/I_{\text{fundamental}} \%$	Ordem do Harmônico n	Harmônico Admissível $I_n/I_{\text{fundamental}} \%$
3	21,6	21	<0,6
5	10,7	23	0,9
7	7,2	25	0,8
9	3,8	27	<0,6
11	3,1	29	0,7
13	2	31	0,7
15	0,7	≤33	≤0,6
17	1,2		
19	1,1	Sempre	<8/n ou ≤0,6

Obs.: onde n é a ordem da harmônica.

Define-se a potência de curto-circuito (R_{sce}) do ponto onde está ligado o equipamento como a relação entre a tensão nominal ao quadrado e a impedância de curto-circuito. Se o equipamento a ser analisado exceder os limites da Tabela 2.3.4 e a potência de curto-circuito permitir, outros limites podem ser aplicados. Se este for monofásico ou trifásico desbalanceado, utilizam-se os limites da Tabela 2.3.5, sem exceder a relação $16/n$ % (onde n é a ordem da harmônica):

Tabela 2.3.5: Valores de Ref. de Correntes Monofásica ou Trifásica Desbalanceadas da IEC 61000-3-4 (1998)

Mínimo R_{sce}	$THD_{(I)}$ %	PWHD %	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 3$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 5$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 7$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 9$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 11$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 13$
66	25	25	23	11	8	6	5	4
120	29	29	25	12	10	7	6	5
175	33	33	29	14	11	8	7	6
250	39	39	34	18	12	10	8	7
350	46	46	40	24	15	12	9	8
450	51	51	40	30	20	14	12	10
600	57	57	40	30	20	14	12	10

Caso o equipamento seja trifásico equilibrado, respeitando-se o limite de $16/n$ %, os limites são descritos na Tabela 2.3.6 a seguir:

Tabela 2.3.6: Valores de Ref. de Correntes Trifásica Balanceadas da IEC 61000-3-4 (1998)

Mínimo R_{sce}	$THD_{(I)}$ %	PWHD %	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 5$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 7$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 11$	$I_n/I_{fundamental}$ % - $n = 13$
66	16	25	14	11	10	8
120	18	29	16	12	11	8
175	25	33	20	14	12	8
250	35	39	30	18	13	8
350	48	46	40	25	15	10
450	58	51	50	35	20	15
600	70	57	60	40	25	18

Como não existe consenso a respeito dos valores, o autor toma como referência o limite indicado em SCHNEIDER (2005), onde para o $THD_{(V)}$ e $THD_{(I)}$ se adota:

Situação normal ou ótima:

$THD_{(V)}$ de 0% a menos de 5% e $THD_{(I)}$ de 0% a menos de 10%.

Situação onde os efeitos das harmônicas são possíveis de ocorrer e requerem precaução e análise:

$THD_{(V)}$ de 5% a 8% e $THD_{(I)}$ de 10% a 50%.

Situação crítica:

$THD_{(V)}$ acima de 8% e $THD_{(I)}$ acima de 50%.

2.3.3 Convergência entre F_p e THD:

De acordo com Pomilio (2006), os dois fatores se encontram na seguinte equação:

$$F_p = \frac{\cos\phi}{(1 + THD_{(I)}^2)^{1/2}} \quad (6)$$

Cabe a observação de que o $THD_{(I)}$ está na base centesimal.

Em IEEE (1991) são apresentados alguns efeitos colaterais de um baixo fator de potência e elevada distorção harmônica, dentre eles:

- A máxima potência ativa absorvível da rede é limitada pelo F_p e como a corrente com distorção apresenta valores maiores ainda maiores, a limitação é ainda maior;
- O achatamento da onda de tensão, devido ao pico da corrente, além da distorção da forma de onda, pode causar funcionamento inadequado de outros equipamentos conectados à mesma rede;
- As componentes harmônicas podem excitar ressonâncias no sistema de potência, resultando em picos de tensão e de corrente, podendo danificar dispositivos conectados à linha;
- As perdas de transmissão de energia elétrica são proporcionais ao quadrado da corrente eficaz que circula pelos condutores, ou seja, quanto menor o F_p , mais potencia reativa, maior a perda; entre outros.

2.4. Outros Fatores Limitantes

Existem processos produtivos que não podem receber vapor de água, ou seja, devem ser secos. A combustão de qualquer hidrocarboneto gera vapor de água, dióxido de carbono e nitrogênio. Eliminar a presença deste vapor significa inserir um trocador de calor entre a combustão e o material a ser aquecido, ou seja, um obstáculo para a transferência de calor, que resulta em maior quantidade de hidrocarboneto para se obter o aquecimento necessário. Este aumento de consumo pode inviabilizar a substituição da eletrotermia.

Outro fator importante é a compactação dos equipamentos elétricos, ou seja, os equipamentos elétricos são compactos e seus itens são pequenos; o que permite até serem portáteis, ou simplesmente, ocuparem menor volume e pesarem menos. Utilizam menos

materiais e itens e, portanto, tendem a necessitar de menor custo de capital. Já os equipamentos que utilizam a combustão, são maiores, pois necessitam de vários outros itens, como: entrada de ar para a combustão, espaço para ocorrer à combustão, saídas para os produtos da combustão, entre outros; e seus itens são de maior porte.

O fator limitante são as restrições de umidade e qualidade do ar no interior de alguns recintos de produção. A combustão em ambientes climatizados pode exigir captação externa de ar para a combustão, do contrário irá ocorrer um maior consumo energético devido ao aumento da reposição de ar externo em todo o sistema, para compensar o ar direcionado para a combustão. Em geral, este ar externo encontra-se com uma maior entalpia e umidade, ou seja, necessita de maior energia para ser resfriado e colocado nas condições de umidade necessárias. Haverá um aumento da carga térmica do sistema de refrigeração, por aumentar a captação de ar externo em detrimento do ar a uma temperatura resfriada que já estava no ambiente climatizado e que poderia retornar ao sistema.

Ainda sobre os recintos climatizados, se for possível o aumento de captação de ar externo, deverá ser considerado o aumento na carga térmica, pois, o equipamento à combustão tende a aquecer muito mais o ambiente por trabalhar com a temperatura da chama. Para exemplificar este fato, faz-se o seguinte comparativo: para se aquecer um produto a uma temperatura de 200°C, as resistências elétricas de um equipamento elétrico têm que atingir e trabalhar a 220°C, ao passo que um equipamento à combustão atinge na sua combustão de 600°C a 1.000°C. A carga térmica gerada pelo equipamento à combustão é maior e deve ser considerada nos cálculos da viabilidade econômica. O acréscimo de custo do energético utilizado no sistema de refrigeração pode inviabilizar a substituição.

Outro fator complicador é em relação à precisão dos controles de temperatura, pois, os controles elétricos são mais simples e precisos, ao passo que os controles de temperatura para a combustão requerem, em muitos casos, a mudança de um aquecimento direto para um calor de processo. A eletrotermia das resistências elétricas que envolvem um reator, onde é processado um determinado produto em uma faixa de temperatura bastante restrita, somente poderá ser substituída pelo uso do vapor ou óleo térmico. O resultado será um maior consumo de gases combustíveis, o que poderá inviabilizar a mesma.

3. AS POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O governo brasileiro criou mecanismos de atuação para fomentar a eficiência energética. São eles: o PROCEL, o CONPET, a Lei 9.991/2000 (e alterações), o PROESCO (linha de crédito do BNDES) e a Lei 10.295/2001.

3.1 O PROCEL

De acordo com PROCEL (2007), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi criado em dezembro de 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia (MME) e da Indústria e Comércio (MIC). Em 18 de julho de 1991, foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangências e responsabilidades ampliadas. É gerido pela Secretaria Executiva, que está subordinada à Eletrobrás.

Seu objetivo é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais.

Os Objetivos do PROCEL e o Meio Ambiente: o PROCEL tem como principais objetivos diminuir o desperdício de energia elétrica no país e buscar a eficiência energética no setor elétrico, que visam à realização de algumas metas essenciais: o desenvolvimento tecnológico; segurança energética; eficiência econômica, novos parâmetros incorporados à Cidadania e a redução de impactos ambientais.

Desenvolvimento tecnológico implica pesquisa científica, capacitação de laboratórios e de pessoal técnico, para a melhoria da qualidade de vida. Segurança energética visa garantir energia na quantidade e no tempo necessário. Eficiência econômica significa produzir e distribuir os bens e serviços da economia com o melhor uso possível dos insumos necessários à produção e distribuição dos produtos. A energia é um dos insumos básicos das atividades econômicas, assim a eficiência econômica passa pela eficiência energética. Por meio da atuação em todos os níveis do ensino formal do país, utilizando como canal de comunicação a “Educação Ambiental”, é

possível incorporar parâmetros novos à Cidadania, como a associação definitiva da “Totalidade”, princípio fundamental da educação ambiental que não permite a dissociação do homem do ambiente onde ele vive.

O PROCEL realiza um poderoso papel de redução dos impactos ambientais no Brasil: as várias linhas de ação de cada um dos Projetos de Mudança de Hábitos e de Eficiência Energética do PROCEL permitem atender ao crescimento da demanda de energia elétrica sem que a oferta seja ampliada na mesma proporção. Uma parte da demanda por eletricidade passa a ser atendida pelo que poderíamos chamar de energia "virtual", obtida através de ações de conservação de energia.

Isto porque estas ações permitem realizar mais atividades produtivas com a mesma quantidade de energia; aumentando a eficiência energética de lâmpadas, motores, eletrodomésticos e também reduzindo o consumo de prédios públicos e das residências.

Há ainda projetos para gerenciar a demanda de energia e diminuir as perdas na transmissão e na distribuição aumentando a efetividade da oferta.

Utiliza recursos da Eletrobrás e da RGR (Reserva Global de Reversão), fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma. Utiliza, também, recursos de entidades internacionais. Na Tabela 3.1 encontram-se sumarizados os resultados obtidos nos últimos anos.

Tabela 3.1: Resultados anuais obtidos pelo PROCEL 1986-2005

	1986/ 2001(b)	2002	2003	2004	2005	Acumulado
Investimentos Eletrobrás/Procel (R\$ milhões) (a)	231,9	5,95	14,16	27,18	37,17	
Investimentos RGR (R\$ milhões) (c)	350,9	36	25,1	54	44,6	
Investimentos GEF (R\$ milhões)	-	0,35	1,74	12,97	16,23	
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	582,8	42,3	41	94,15	98	858,25
Energia Economizada (GWh/ano)	14.135	1.270	1.817	2.373	2.158	21.753
Usina Equivalente (MW) (d)	3.292	305	436	569	518	5.124
Redução de Demanda na Ponta (MW)	3.871	309	453	622	585	5.839
Investimentos Postergados (R\$ milhões)	7.307	1.339	2.007	2.492	1.786	14,93

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

^(b) Para o ano 2000 foi considerado o investimento orçado, tendo em vista a indisponibilidade de dados.

^(c) Refere-se somente aos recursos liberados em cada ano.

^(d) 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 Transmissão e Distribuição para a parcela de conservação de energia.

O PROCEL estabelece metas de redução de conservação de energia que são consideradas no planejamento do setor elétrico, dimensionando as necessidades de expansão da oferta de energia e da transmissão. Dentre elas, destacam-se:

- Redução nas perdas técnicas das concessionárias;
- Racionalização do uso da energia elétrica;
- Aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos.

Se for mantida a estrutura atual de uso da energia, projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 TWh/ano. Diminuindo-se os desperdícios, estima-se uma redução anual de até 130 TWh - produção aproximada de duas usinas de Itaipu. Uma das metas do PROCEL tem sido a redução das perdas técnicas na transmissão e distribuição das concessionárias para um valor próximo aos 10%. Com a adoção do Selo PROCEL de eficiência energética nos eletrodomésticos, espera-se um aumento médio de 10% no desempenho dos equipamentos que participem do programa.

Existem programas específicos dentro do PROCEL:

- PROCEL SANEAR: ou Programa Nacional de Eficiência Energética no Saneamento Ambiental, que atua de forma conjunta com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). Os principais objetivos do PROCEL SANEAR são: promover ações que visem o 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 e 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.

- PROCEL Indústria: sistemas motrizes compreendem, predominantemente, acionamento eletro-eletrônico, motor elétrico, acoplamento motor-carga, cargas mecânicas acionadas (bombas, compressores, ventiladores, exaustores e correias transportadoras) e instalações (transporte e consumo dos fluidos). São responsáveis por quase 50% do consumo do setor industrial e correspondem ao maior potencial de redução de perdas nas instalações industriais. Para estimular o setor industrial a reduzir o desperdício de energia elétrica, a ELETROBRÁS/PROCEL no âmbito do PROCEL Indústria – Programa de Eficiência Energética Industrial, vêm celebrando convênios com as Federações das Indústrias estaduais, visando

desenvolver, junto às indústrias, o programa, tendo como foco a redução de perdas nos sistemas motrizes. A dinâmica consiste no comprometimento das indústrias com a implantação das medidas de eficiência energética identificadas pelos seus próprios técnicos e engenheiros, que são treinados, gratuitamente, por multiplicadores devidamente capacitados pela ELETROBRÁS/PROCEL, através de curso multidisciplinar, denominado: “Otimização de Sistemas Motrizes”, com 176 horas de duração. Esses convênios visam à cooperação técnica e financeira entre a ELETROBRÁS e a federação de indústria local. A finalidade é promover a eficiência energética em empresas do setor industrial, treinar e capacitar seus profissionais, para que atuem como multiplicadores, disseminando os conceitos de eficiência energética em sistemas motrizes, além de contemplar a monitoração, verificação e a divulgação dos resultados. Cada convênio é subdividido em quatro etapas: identificar os maiores potenciais para aplicação do projeto de eficiência energética em sistemas motrizes dentro dos subsetores industriais de cada Estado, através da aplicação de estudo setorial; sensibilizar e buscar o comprometimento das indústrias para participar do projeto; selecionar e capacitar os multiplicadores responsáveis por treinar os agentes (técnicos e engenheiros das indústrias) que realizarão os diagnósticos energéticos; capacitar os agentes das indústrias que serão responsáveis pelas implantações das medidas economicamente atraentes; elaborar diagnósticos energéticos detalhados em três unidades industriais e implantar as medidas economicamente viáveis identificadas nos diagnósticos e avaliar e acompanhar a implantação das medidas identificadas pelos agentes e multiplicadores, além de divulgar os resultados do projeto em workshops, com enfoque nos vários setores industriais dos Estados.

- PROCEL-Edifica: por sua abrangência, a área de edificações está presente em todos os setores da atividade econômica do país, levando à necessidade de uma articulação entre diversas entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, para, através de um enfoque multi-setorial, promover as condições para o uso eficiente da energia elétrica, reduzindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente. O Plano de Ações do PROCEL-Edifica, lançado em 2003, contou com a contribuição de diversos agentes ligados à construção civil e universidades, reunidos em Workshop, que marcou, desde sua criação, a forma participativa de atuação do Programa e identificou as principais vertentes de atuação: Subsídio à Regulamentação da Lei de Eficiência Energética; Educação; Tecnologia; Disseminação. Para garantir a transparência e a participação dos diversos segmentos envolvidos, decidiu-se convidar instituições de comprovada competência para exercer a coordenação destas vertentes, compartilhando com a ELETROBRÁS/PROCEL as decisões quanto à forma de implementação

das ações. Desta forma, foram convidadas a Universidade Federal de Santa Catarina e a Universidade Federal de Alagoas, para a coordenação das duas primeiras vertentes de atuação. O Programa tem como metas o desenvolvimento de um conjunto de projetos visando: investir em capacitação tecnológica, estimulando a pesquisa e desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade brasileira, visando à redução do consumo de energia elétrica nas edificações; atrair um número cada vez maior de parceiros, ligados aos diversos segmentos da construção civil, visando aumentar a qualidade e eficiência das edificações brasileiras; divulgar os conceitos e práticas de eficiência energética em edificações, inserindo os temas “Conforto ambiental” e “Eficiência energética” nos cursos de Arquitetura e Engenharia, formando uma nova geração de profissionais comprometidos com o desenvolvimento sustentável do país; disseminar os conceitos e práticas de EEE entre os profissionais de arquitetura e engenharia, além daqueles envolvidos em planejamento urbano, e, apoiar a implantação da Regulamentação das Edificações Brasileiras, quanto à Eficiência Energética, atendendo à Lei 10.295/2001. Estão previstos investimentos na ordem de R\$ 3 milhões para o biênio 2007/2008.

- PROCEL EPP: Eficiência Energética nos Prédios Públicos previu investimentos de, aproximadamente, R\$ 2 milhões para o ano de 2006, em prédios que tenham a administração pública como gestora da unidade consumidora. Essas unidades devem promover a economia de energia, a melhoria na qualidade dos sistemas de iluminação, refrigeração, força-motriz e demais sistemas relevantes. A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, através da Resolução 176/2005, estabelece que as concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica devem aplicar, no mínimo, 0,25 % do seu faturamento anual em programas de eficiência energética no uso-final da energia elétrica. Assim, os administradores que têm interesse em iniciar Programas de Eficiência Energética em seus prédios podem procurar suas concessionárias e negociar sua inclusão neste programa. As concessionárias também têm acesso a um fundo do setor elétrico, chamado Reserva Global de Reversão – RGR, que empresta recursos em condições bastante favoráveis. Desse modo, o administrador pode propor uma parceria à concessionária e executar seu projeto. O BNDES possui linha de crédito específica, que permite a realização deste tipo de projeto. A Eletrobrás/Procel também dispõe de recursos para realização de projetos de eficiência energética, através de recursos próprios ou utilizando a RGR.

- PROCEL GEM: Núcleo de Gestão Energética Municipal, atua como colaborador do administrador público municipal, na gestão e uso eficiente de energia elétrica, nos centros

consumidores pertencentes à Prefeitura. Assim, identifica oportunidades de economia e geração de energia, que reduzam desperdícios - elevando ganhos, obtendo, conseqüentemente, maiores recursos para serem utilizados em setores considerados prioritários para a comunidade. Objetivando sensibilizar os municípios brasileiros sobre a importância da eficiência no uso da energia elétrica nos serviços públicos, o PROCEL, desde 1996, vem incentivando o desenvolvimento de projetos nesta área. A implantação de ações revelou, entretanto, um ponto-chave importante a ser trabalhado: a maioria dos municípios não realiza acompanhamento adequado dos gastos com energia. Com isto, não acompanha as oportunidades de redução de desperdícios. A GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL – GEM vem aperfeiçoando a estrutura de atendimento às demandas municipais, para questões relacionadas à boa gestão energética. As ações do PROCEL GEM se destinam à Administração Pública Municipal, mais diretamente aos técnicos municipais, ligados à área de energia elétrica, que serão os responsáveis pela gestão e controle do consumo; e, aos Prefeitos e Secretários, que serão os responsáveis pelas decisões e pela implantação da cultura de eficiência energética na Prefeitura. Além destes, há os técnicos de concessionárias de energia elétrica, Empresas de Serviços de Conservação de Energia – ESCOs, consultores, e especialistas em assuntos relacionados à energia elétrica, que podem atuar como multiplicadores das metodologias e dos conceitos de GEM.

- O Selo PROCEL: o Selo Procel de Economia de Energia é um instrumento promocional do PROCEL, concedido anualmente, desde 1993, aos equipamentos elétricos que apresentam os melhores índices de eficiência energética dentro das suas categorias. Sua finalidade é estimular a fabricação nacional de produtos eletroeletrônicos mais eficientes no item economia de energia, e orientar o consumidor, no ato da compra, a adquirir equipamentos que apresentam melhores níveis de eficiência energética. O Selo PROCEL, como pode ser visto na Figura 3.1, foi instituído através do Decreto Presidencial de 08 de dezembro de 1993, é um produto desenvolvido e concedido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. Os equipamentos que atualmente recebem o Selo são: Refrigerador de uma porta compacto; Refrigerador de uma porta; Refrigerador combinado; Refrigerador combinado frost-free; Freezer vertical; Freezer vertical frost-free; Freezer horizontal; Ar-condicionado de janela; Ar-condicionado do tipo Split; Máquina de lavar roupas; Motor elétrico de indução trifásico padrão; Motor elétrico de indução trifásico de alto rendimento; Coletor solar plano – aplicação banho; Coletor solar plano – aplicação piscina; Reservatórios térmicos para coletores solares – Alta e baixa Pressão; Reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio; Reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes tubulares; Lâmpadas fluorescentes compactas;

Lâmpadas fluorescentes circulares. Já foram iniciados os trabalhos para estender a concessão do SELO PROCEL a mais equipamentos, tais como: painéis fotovoltaicos, bombas centrífugas, equipamento de geração eólica, fornos de microondas, lâmpadas à vapor de sódio, televisores, aquecedor de acumulação elétrico (boiler), ventiladores de teto, bombas de calor e outros. O melhor índice de eficiência energética é caracterizado pela faixa A da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – (ENCE), como pode ser vista na Figura 3.1.

Figura 3.1: SELO PROCEL junto com Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, de PROCEL (2007)

- Programa Qualisol: Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar - é resultado de um Protocolo firmado entre o INMETRO, o PROCEL e ABRAVA. Visa aumentar o conhecimento de fornecedores em relação ao aquecimento solar, à qualidade das instalações e a satisfação do consumidor-final. No âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o Qualisol agrega ainda mais segurança às instalações dos sistemas de aquecimento solar, produto já etiquetado pelo PBE.

- Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia: concedido pelo Ministério de Minas e Energia com base em diretrizes do Governo Federal, foi instituído por decreto presidencial em dezembro de 1993, como forma de reconhecimento público ao empenho e aos resultados obtidos pelos diversos agentes que atuam no combate ao desperdício de energia. O Prêmio é concedido anualmente a várias Categorias, como Transportes, Setor Energético, Edificações, Imprensa, Micro e Pequenas Empresas e Indústria, premiando as ações que se destacaram pelo uso racional de energia e o combate ao seu desperdício. Cada categoria é coordenada por sua entidade representativa. O objetivo do Prêmio é estimular segmentos da sociedade a implantar ações que, efetivamente, reduzam o consumo de energia elétrica, derivados do petróleo ou gás natural, assim como a sua substituição eficiente por fontes renováveis.

3.2 O CONPET

De acordo com CONPET (2007), o CONPET é um Programa do Ministério de Minas e Energia coordenado por representantes de órgãos do Governo Federal e da iniciativa privada (Grupo Coordenador do CONPET). Cabe à Petrobrás fornecer recursos técnicos, administrativos e financeiros ao Programa. A Gerência Executiva de Desenvolvimento Energético / Suporte ao CONPET é o órgão da Companhia que exerce a função de Secretaria Executiva do CONPET, sendo responsável por elaborar projetos, operacionalizar as estratégias, promover a articulação institucional e divulgar as ações do Programa. Esta Gerência é ligada ao diretor da área de Gás e Energia que é, conforme decreto presidencial, o Secretário-Executivo do CONPET.

O CONPET foi instituído por decreto federal em 1991, como Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. Seu principal objetivo é incentivar o uso eficiente destas fontes de energia não renováveis no transporte, nas residências, no comércio, na indústria e na agropecuária. Para ser implementado, seguiu as mesmas diretrizes do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e, assim como este, é conduzido pelo Ministério de Minas e Energia.

O programa, com o apoio da Petrobrás, estabelece convênios de cooperação técnica e parcerias com órgãos governamentais, não-governamentais, representantes de entidades ligadas ao tema e, também, organiza e promove projetos. As ações do programa para racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural contribuem na articulação de estratégias econômicas, ambientais e institucionais.

O CONPET realiza ações pontuais e estratégicas tendo como principais objetivos: reduzir o consumo de óleo diesel e diminuir a emissão de fumaça preta, difundir o uso do gás natural como combustível, estimular novas tecnologias no setor de eletrodomésticos, estimular empresas do setor a racionalizar energia e educar as novas gerações com os conceitos de racionalização, economia sustentável e qualidade de vida. Nossos projetos, de abrangência nacional, dependem de parcerias com: governo, escolas, empresas, sociedade civil e consumidor final. Os programas existentes são:

- Programa Economizar: criado em 1996, oferece gratuitamente apoio técnico ao setor de transporte rodoviário – cargas e passageiros –, visando racionalizar o consumo de óleo diesel e promover a melhoria da qualidade do ar, reduzindo a emissão de fumaça preta de ônibus e caminhões. O Economizar é fruto de uma articulação entre os setores público e privado, estruturada por intermédio de um Convênio de Cooperação Técnica entre a Petrobrás, por meio do CONPET, o Ministério de Minas e Energia, o Ministério dos Transportes e a Confederação

Nacional do Transporte (CNT), por meio do Instituto de Desenvolvimento, Assistência Técnica e Qualidade em Transporte (IDT). Objetivos do Programa: em um prazo de dois a cinco anos, reduzir em 13% o consumo específico de óleo diesel, obtendo uma redução de, aproximadamente, 50.000 barris/dia; minimizar as emissões veiculares, proporcionando melhoria na qualidade do ar e gerando reflexos positivos para a imagem do setor; promover os cuidados necessários no armazenamento do óleo diesel; consolidar o mercado de transporte, abrindo para os usuários a perspectiva de um serviço com maior nível de segurança e qualidade; proporcionar para as empresas do setor a redução dos custos de combustível e de manutenção dos veículos, melhorando seus resultados; conscientizar e motivar o setor de transportes para a necessidade de racionalização do uso do diesel e não fiscalizar empresas.

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): é um programa de conservação de energia que, através de etiquetas informativas, visa orientar o consumidor quanto à eficiência energética de alguns produtos comercializados no País. Estimular a racionalização do consumo de energia através da utilização de produtos mais eficientes. A etiquetagem permite que o consumidor avalie os diversos produtos quanto ao seu rendimento energético e selecione os que lhe trarão maior economia durante sua utilização. A etiqueta do PBE, conforme mostra a Figura 3.2, contém, além da classificação do produto quanto à eficiência energética, outras informações como: marca e modelo, valor do consumo de energia (eletricidade ou gás) ou do rendimento energético (%), e algumas especificações técnicas.

Figura 3.2: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, de CONPET (2007)

- Projeto Transportar: é uma iniciativa pioneira criada para fornecer apoio técnico especializado a frotas de caminhões-tanque que se abastecem da Petrobrás visando a aspectos ambientais, economia de consumo e segurança no transporte de combustíveis. O projeto tem

características de orientação e educação. Utiliza opacímetros certificados pelo INMETRO aliado a processos metodológicos aprovados pela Petrobrás em projetos no setor de transportes. O atendimento é gratuito e não requer tempo adicional na rotina de carregamento. Tem o objetivo de auxiliar os transportadores de combustíveis a reduzir a emissão de fumaça preta, economizar óleo diesel e manter os caminhões-tanque sempre em boas condições, tendo como público-alvo os transportadores de combustíveis que utilizam o terminal de abastecimento das refinarias. Com o projeto pretende-se: reduzir a emissão de fumaça preta; melhorar a qualidade do ar; economizar óleo diesel; contribuir para a segurança do transporte de combustível; difundir uma cultura de responsabilidade social.

- Projeto Ônibus a Gás: é desenvolvido pela Petrobrás, CONPET e CENPES, para estimular o uso do gás natural no transporte coletivo urbano e metropolitano. O projeto concretiza uma parceria com o Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros do Município do Rio de Janeiro (Rio Ônibus), por intermédio da Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (Fetranspor).

- Projeto CONPET na Escola: é voltado para alunos de 5ª a 8ª série do ensino fundamental e das escolas técnicas da rede pública e particular. O projeto apresenta a importância do uso racional da energia. Foi desenvolvido com a perspectiva de criar uma geração futura consciente da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. No ensino fundamental, as ações do CONPET na Escola são direcionadas para os professores, naturais multiplicadores da informação. Para passar a informação às crianças, eles recebem cursos de capacitação em assuntos como petróleo e gás natural, conservação de energia e meio ambiente e material didático de apoio distribuído para as escolas em que trabalham. No ensino técnico, além dos professores, o projeto é direcionado para os alunos. Os dois trabalham juntos e refletem sobre os conceitos apresentados. O projeto, de abrangência nacional, foi criado em 1992, em parceria com os Ministérios de Minas e Energia e da Educação, com o apoio de Governos Estaduais e/ou Municipais. Para sua implantação, o CONPET estabelece convênios de cooperação técnica com Secretarias de Educação, encarregadas de mobilizar os diretores das escolas em sua área de atuação para participar da iniciativa.

3.3 A Lei 9991/de 24 de julho de 2000

A Lei 9.991 estabelece os critérios para a aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética.

As concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, setenta e cinco centésimos por cento de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo, vinte e cinco centésimos por cento em programas de eficiência energética no uso final, observado o seguinte:

I – até 31 de dezembro de 2005, os percentuais mínimos definidos no caput deste artigo serão de cinquenta centésimos por cento, tanto para pesquisa e desenvolvimento, como para programas de eficiência energética na oferta e no uso final da energia;

II – os montantes originados da aplicação do disposto neste artigo serão deduzidos daquele destinado aos programas de conservação e combate ao desperdício de energia, bem como, de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico, estabelecidos nos contratos de concessão e permissão de distribuição de energia elétrica celebrados até a data de publicação desta Lei;

III – a partir de 1º de janeiro de 2006, para as concessionárias e permissionárias cuja energia vendida seja inferior a 1.000 GWh por ano, o percentual mínimo a ser aplicado em programas de eficiência energética no uso final poderá ser ampliado de vinte e cinco centésimos por cento para até cinquenta centésimos;

O Decreto 5.879/ 22 de agosto de 2.006, regulamenta o inciso III do art. 4º da Lei 9.991. Os recursos de que trata o inciso III serão recolhidos à conta única do Tesouro Nacional e utilizados para custear os estudos e pesquisas de planejamento da expansão do sistema energético, bem como os de inventário e de viabilidade necessários ao aproveitamento dos potenciais hidrelétricos.

A Lei 11.465/ 28 de março de 2.007, altera os incisos I e III do caput do art. 1º da Lei 9.991, prorrogando até 31 de dezembro de 2.010, a obrigação das concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica, de aplicarem, no mínimo, 0,50% de sua receita operacional líquida em programas de eficiência energética no uso final.

A ANEEL (2008) estabelece as diretrizes e orientações que regulamentam a elaboração de projetos de P&D por meio do Manual de Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica.

Estão isentos da obrigatoriedade de investir em P&D aqueles que geram, exclusivamente, a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), biomassa, cogeração qualificada, usinas eólicas ou solares.

Distribuição dos percentuais vigentes pode-se ver na Tabela 3.2 a seguir:

Tabela 3.2: Percentual de distribuição de recursos de acordo com o segmento (distribuição, geração e transmissão)

Segmento	Lei 11.465 (alterou incisos I e III do art. 1º da 9.991/2000)					
	Vigência: 28/03/2007 a 31/12/2010				A partir de	
	P&D	PEE	FNDCT	MME	P&D	PEE
D	0,20	0,5	0,2	0,1	0,3	0,25
G	0,40		0,4	0,2	0,4	
T	0,40		0,4	0,2	0,4	

Diferentemente da pesquisa acadêmica pura, que caracteriza-se pela liberdade de investigação, os programas de P&D no setor de energia elétrica deverão ter cronogramas e metas bem definidas.

Os programas são divididos em ciclos e podem ser constituídos por um ou mais projetos. Cada ciclo anual é iniciado em setembro e finalizado em agosto do ano seguinte. Neste período as empresas enviam seus programas à Agência, devendo observar as datas estabelecidas nos contratos de concessão ou aquelas determinadas pela ANEEL. Após a aprovação, inicia-se a execução dos projetos.

As pendências e/ou compensações financeiras provenientes de ciclos passados, por não cumprimento de investimentos mínimos obrigatórios, deverão ser acrescidas ou compensadas aos montantes mínimos quando da apresentação do próximo Programa Anual. Para o ciclo 2006/2007, de acordo com ANEEL (2008), tem-se a seguinte arrecadação, conforme descrito na Tabela 3.3 a seguir:

Tabela 3.3: Totais de recursos do ciclo de 2006/2007, de ANEEL (2008)

Concessionária	R\$ para Eficiência
AES - SUL	4.106.134,27
Brasympe	0
UTE	0
CBA	
CEEE	6.269.330,64
Cemig	14.389.642,05
Cemig Central	
COELBA	6.132.948,77
COELCE	3.616.077,64
COSERN	1.541.478,48
CPFL	11.910.242,61
DEMEI	50.844,04
ELETROCAR	83.484,37
ELETROPAULO	18.124.104,63
ENERGIPE	1.221.255,57
ENERSUL	1.827.964,90
Guascor	0,00
HIDROPAN	43.588,44
MUXFELDT	18.907,91
NOVA	33.824,77
RGE	3.590.248,52
Sá	0,00
SULGIPE	117.410,69
TSN	0,00
TOTAL	73.077.488,30

3.4 O PROESCO

De acordo com BNDES (2007), o PROESCO é uma linha de crédito específica para projeto em eficiência energética criada pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

O objetivo desta linha específica de crédito é apoiar projetos de eficiência energética. Os clientes são:

- As ESCOs (Energy Save Companies, ou Empresas de Serviços de Conservação de Energia);
- Os usuários finais de energia (indústrias, comércio, etc).

Os tipos de projetos que poderão ser financiados são aqueles que, comprovadamente, contribuam para a economia de energia. Destacam-se abaixo projetos que utilizam equipamentos com tecnologia mais eficiente, tais como: lâmpadas; motores elétricos; controladores de velocidade variável; bombas; ventiladores; refrigeradores; sistemas de ar condicionado; fornos e fornalhas; caldeiras e sistemas de vapor; sistemas de cogeração; e sistemas automatizados de gerenciamento de energia.

Itens que são financiáveis por esta linha de crédito: estudos e projetos; obras e instalações; máquinas e equipamentos; serviços técnicos especializados; sistemas de informação, monitoramento, controle e fiscalização.

Itens que não são financiáveis pelo PROESCO: aquisição ou arrendamento de bens imóveis e benfeitorias; aquisição de máquinas e equipamentos usados.

Para obter esta linha de crédito, o solicitante deverá apresentar o projeto que permita identificar, analisar e acompanhar detalhadamente o conjunto de ações e metas, através do qual pretenda contribuir para a economia de energia.

Os investimentos já realizados até o sexto mês anterior à data da apresentação do pedido de financiamento poderão ser considerados para efeito de contrapartida ao projeto.

As modalidades operacionais diferem de acordo com o tipo de cliente:

Para projetos de apoio às ESCOs: risco compartilhado entre o BNDES e as instituições financeiras credenciadas ou operação indireta, onde o agente financeiro assume integralmente o valor financiado e os riscos de crédito.

Para projetos de usuários finais de energia: operação direta (realizada diretamente com o BNDES) ou operação indireta (realizada através de instituição financeira credenciada).

Os projetos na modalidade com risco compartilhado serão apresentados ao BNDES junto com a análise do agente financeiro mandatário, após ter sido realizada a certificação da viabilidade técnica por instituição capacitada.

Operações com risco compartilhado entre o BNDES (Participação do BNDES limitada a 80%) e o agente financeiro mandatário

- Sobre a parcela com risco do BNDES:

Taxa de Juros = Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES + Remuneração do Agente Financeiro Mandatário + Remuneração por Assunção de Risco do BNDES, sendo:

Custo financeiro do financiamento:

TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) + remuneração básica do BNDES (1% ao ano) + remuneração do agente financeiro mandatário (1% ao ano) + remuneração por assunção de risco do BNDES (3% ao ano).

- Sobre a parcela com risco do Agente Financeiro:

Taxa de Juros = Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES + Remuneração do Agente Financeiro, sendo:

Custo financeiro do financiamento:

TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) + remuneração básica do BNDES (1% ao ano) + remuneração do agente financeiro mandatário (até 4% ao ano).

Operações com Risco do Agente Financeiro (Indireta)

Taxa de Juros = Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES + Remuneração do Agente Financeiro, sendo:

Custo financeiro do financiamento:

TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) + remuneração básica do BNDES (1% ao ano) + remuneração do agente financeiro mandatário (a ser negociada pelo Agente Financeiro, limitada a 4% ao ano, obedecendo-se as normas do BNDES sobre o assunto).

Operações Diretas com o BNDES (acima de R\$ 10.000.000,00)

Taxa de Juros = Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES + Taxa de Risco de Crédito, sendo:

Custo financeiro do financiamento:

TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) + remuneração básica do BNDES (1% ao ano) + taxa de risco de crédito (de 0,46% até 3,57% ao ano, conforme o risco do beneficiário).

O prazo total do financiamento é de até 72 meses, incluído o prazo máximo de carência de até 24 meses.

Nível de Participação: o financiamento é de até 90% do total do projeto, cabendo uma contrapartida de 10% para o tomador do mesmo.

Garantias para o financiamento:

a) Nas operações de financiamento às ESCOs, com risco compartilhado entre o agente financeiro e o BNDES, este poderá se responsabilizar por até 80% do risco da operação, devendo os agentes financeiros assumir, no mínimo, 20%. Neste caso, será cobrada do Beneficiário uma remuneração especial por assunção de risco e os agentes financeiros deverão, obrigatoriamente, exigir como garantia dos financiamentos a fiança dos controladores da ESCO e o penhor dos direitos creditórios decorrentes do contrato de prestação de serviços da ESCO com seu cliente.

b) Nas operações em que o agente financeiro assuma integralmente os riscos de crédito, o estabelecimento das garantias será negociado livremente entre as partes, respeitando-se as normas do BNDES sobre o assunto.

3.5 A Lei 10.295/de 17 de Outubro de 2001

A Lei em questão visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. O poder executivo estabelece níveis máximos de consumo específico de energia (ou mínimos de eficiência energética), para máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, tendo como base em indicadores técnicos pertinentes.

Os fabricantes e os importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia são obrigados a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidos os níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética, constantes da regulamentação específica estabelecida para cada tipo de máquina e aparelho.

A primeira portaria interministerial foi a 553 de 12 de dezembro de 2005, que especificou eficiência mínima para os motores elétricos trifásicos, onde foi dado o prazo de 4 anos para a adequação dos fabricantes e importadores aos limites mínimos especificados.

A segunda portaria interministerial foi a 132, de junho de 2006 especificou limites mínimos de eficiência e produção de lúmen para lâmpadas fluorescentes compactas, onde foi dado 18 meses (540 dias) para as devidas adequações nos produtos comercializados.

A terceira, 362, de 24 de dezembro de 2007 especificou limites mínimos de eficiência para refrigeradores e congeladores, onde foi dado 9 meses (270 dias) para as devidas adequações.

A quarta, 363, de 26 de dezembro de 2007 especificou limites mínimos de eficiência para fogões e fornos a gás, onde foi dado 90 dias para as adequações e 360 dias para a proibição da comercialização.

A quinta, 364, também de 26 de dezembro de 2007 especificou limites mínimos para condicionadores de ar, com prazos de 90 dias e 270 dias como a anterior.

3.6 Análise Crítica das Políticas Públicas Existentes

Os programas PROCEL e CONPET, por terem secretarias em estatais distintas e diferentes ramos (Eletrobrás e Petrobrás) acabam privilegiando seus nichos energéticos, ou seja, o PROCEL tem um foco em energia elétrica e o CONPET em derivados de petróleo e gás natural. Não se questiona, ou melhor, não se analisam possibilidades de substituição de energético, como é proposto neste trabalho.

O governo deveria centralizar os dois programas em uma mesma secretaria, que poderia ficar sob a responsabilidade da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), por exemplo.

A Lei que direciona parte do faturamento das concessionárias de energia elétrica para a eficiência energética falha ao deixar a coordenação dos projetos na mão das próprias concessionárias. As concessionárias lucram vendendo energia elétrica, desta forma este recurso é utilizado para a fidelização de cliente (que pensa em ir para o mercado livre), para a redução de perdas, como por exemplo: as escolas públicas que muitas vezes não pagam sua conta de energia elétrica. Neste caso das escolas, é preferível negociar o pagamento dos atrasados com um projeto e saber que, depois deste, o que a escola deixa de pagar é um valor menor do que antes do projeto.

O governo deveria também centralizar este recurso e, mais uma vez, a EPE poderia gerenciar o mesmo.

Com relação ao PROESCO - este sim é um programa de incentivo eficiente. É uma linha de crédito, o que evitava a cobrança da CPMF, pois o dinheiro não caía na conta da empresa interessada. Infelizmente, com o fim da CPMF e a cobrança de IOF (que antes não era cobrado) acarretou um acréscimo de 0,38% na taxa de juros.

O que ocorre é que poucos projetos são grandes o suficiente (mais de R\$ 10.000.000,00) para tratarem diretamente com o BNDES. Hoje, somente o Banco do Brasil detém convênio com o BNDES para ser mandatário, o que significa que o benefício do BNDES - assumir até 80% do financiamento (o que reduz o spread cobrado pelo banco intermediário) está restrito ao Banco do Brasil. Outros bancos, como Itaú e ABN Real já atuaram como bancos intermediadores, mas o risco é 100% dos bancos, o que aumenta o spread. Outra consideração é quanto à falta de conhecimento desta linha de crédito por parte das agências dos próprios bancos, inclusive o Banco do Brasil. Existe um desconhecimento desta linha de crédito, tanto dos bancos quanto das empresas, que poderiam ser beneficiárias deste.

O financiamento através das ESCOs esbarra no fato destas serem de pequeno porte, em sua maioria, o que reduz o valor possível de ser financiado, além de aumentar o spread cobrado pelos bancos intermediários.

Como política de governo, os programas de etiquetagem devem ser ampliados, metas devem ser estabelecidas ao longo do tempo, para fomentar o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos (tanto elétricos como a combustíveis fósseis). Já existem esforços oriundos da Lei 10.295 como os motores elétricos, lâmpadas fluorescentes compactas, refrigeradores e congeladores, fogões e fornos a gás e condicionadores de ar. Porém, o governo, através do Ministério das Minas e Energia deveria agilizar o processo de especificações de limites e ampliar o leque dos produtos a controlados.

4. METODOLOGIA

As metodologias utilizadas tiveram como base: I) a metodologia desenvolvida para escolha do setor industrial, como pode ser visto no Anexo 5.; II) uma metodologia para levantamento de dados de campo; III) uma metodologia para análise da qualidade da energia elétrica após a mudança tecnológica; e, IV) ferramentas para a análise econômica e financeira dos projetos de substituição tecnológica. Porém, nesta última, a empresa é quem define os parâmetros e critérios para a aprovação de seus projetos.

Antes mesmo de ser desenvolvida qualquer metodologia, o autor visitou uma indústria eletro-intensiva, pois acreditou ser o tipo de indústria com maior presença da eletrotermia. De fato, foram identificados diversos processos que utilizam a eletrotermia, mas um fator fundamental, que inviabiliza a mudança tecnológica, é o baixo preço da energia elétrica pago por este tipo de indústria. Será apresentada cada metodologia desenvolvida e, também, os resultados dessa primeira visita.

4.1 A Escolha dos Setores Industriais

A metodologia proposta utilizou os levantamentos feitos por Strapasson (2004) que teve uma abordagem macro dos setores industriais. Mas não se limitou a este. O resumo da metodologia proposta pode ser visto no diagrama da Figura 4.1.1 a seguir, onde aparecem as etapas para se obter os setores industriais pesquisados.

Figura 4.1.1: Resumo da Metodologia para Escolha das Indústrias Pesquisadas.

Seleção das Indústrias: no início deste trabalho, o autor acreditava que indústrias eletro-intensivas seriam as ideais para a pesquisa de campo. A primeira indústria visitada (como pode ser visto no item 5.2.1) foi um fabricante de alumínio. O que se constatou é que grandes consumidores de energia elétrica pagam um preço muito baixo pelo MWh. Existe eletrotermia, mas, na simulação feita, ficou claro que o preço praticado pelo metro cúbico do gás natural (nem foi feito comparativo com GLP) em contraste com o preço pago pelo MWh inviabiliza qualquer tipo de substituição tecnológica. Desta forma, evidenciou-se que, quem possuía um grande potencial de substituição eram indústrias com tarifação B3 e A4 (verde, azul ou convencional). Como se vê na Figura 4.1.2 a seguir, o custo de operação de uma máquina com potência de 46,7 kW, que funcione por 16 horas diárias e 22 dias por mês. Dentro da região pesquisada, encontram-se cinco concessionárias de distribuição de energia elétrica. A Figura 4.1.2 mostra as variações de custo de operação da máquina, de acordo com as tarifas B3 e as variações de A4 verde, azul e convencional - todas sem impostos. Para construir este gráfico, foi fixado o maior custo com energia elétrica como sendo 100% (tarifa B3 de uma concessionária da região). Uma faixa foi criada com os extremos das tarifas.

Figura 4.1.2: Gráfico com custo de operação com energia elétrica A4 e B3, em percentual

O gráfico acima foi construído com as tarifas obtidas dos sites das concessionárias da região abrangida pelo quadrilátero pesquisado. A primeira coluna corresponde aos valores da tarifação B3, depois A4 verde, A4 azul e A4 convencional. Entre as colunas foram feitas interpolação dos pontos para a construção de curvas de cada concessionária. A figura formada compreende os extremos do conjunto de curvas. Nota-se a grande variação de custo de acordo com o tipo de tarifação e concessionária. O gráfico tem como objetivo mostrar a ordem de grandeza da variação tarifária no quadrilátero pesquisado.

O mesmo foi feito para o GN, considerando a classe tarifária da concessionária da região. No caso em específico, havia informações de apenas uma das duas concessionárias da região. O consumo de GN é definido tendo como base o consumo do aparelho elétrico em kWh e considerando uma eficiência comparativa igual ao elétrico ($n = 1,0$). Na primeira e segunda coluna de valores, foi considerado que a eficiência comparativa do equipamento a gás era idêntico ao elétrico. Na terceira coluna em diante, foi considerada uma redução da eficiência comparativa, ou seja, $n = \eta_{\text{gás}} / \eta_{\text{elétrico}}$, sendo n = rendimento relativo. Foram considerados 0,9 na terceira coluna, 0,8 na quarta e assim sucessivamente, até 0,5 de valor de n . No primeiro agrupamento de valores (primeira coluna à esquerda), foi utilizado o valor do PCS informados pelo site da concessionária, segundo COMGÁS (2008), no caso 9.400 kcal/Nm³. No segundo agrupamento (segunda coluna) de valores e os demais agrupamentos em diante, foram utilizados

o valor de 8.400 kcal/Nm³ de PCS, de acordo com Oliveira (2003) - conhecedor deste valor prático, por ser utilizado por especialistas em projetos de equipamentos à GN.

Constata-se que este equipamento recai na classe 5 (cinco), por isto inicia-se a partir da classe 5. Constrói-se uma curva a partir dos pontos formados. Simula-se a maior classe “11 (onze)”. A partir destas duas curvas é construída a figura quadriculada. Porém, com a diluição do preço da parcela fixa, ou seja, a parcela foi dividida pelo valor limite superior da faixa e depois multiplicado pelo consumo do equipamento.

No mesmo gráfico da Figura 4.1.3, foi considerado o GLP, com 11.000 kcal/kg de PCI, com um $n = 0,8$ de eficiência comparativa ao elétrico mantida constante, onde foi feita a variação do preço do kg - de acordo com preços encontrados no mercado.

Figura 4.1.3: Gráfico com custo de operação com diferentes classes de GN e GLP, em percentual

A seguir, combinam-se os gráficos das Figuras 4.1.2 e 4.1.3 na Figura 4.1.4, para se avaliar a situação com todos os energéticos envolvidos.

Figura 4.1.4: Gráfico com custo de operação com energia elétrica, GN e GLP, em percentual

Considerando as tarifas praticadas por algumas concessionárias de energia elétrica, versus o custo do GN de diversas classes de consumo de uma concessionária de GN (considerado eficiências relativas que variaram de 1,0 a 0,5 em relação à eficiência térmica com energia elétrica) e ainda o GLP com eficiência térmica relativa de 0,8 e com variações de preços praticadas no mercado, fica evidente que a tarifação B3 e A4 são as que viabilizam, economicamente, uma substituição da eletrotermia. A tarifação A3, A2, A1 e o mercado livre, seriam pontos que diminuiriam a distância de custo em relação aos gases combustíveis, ou, em alguns casos, teriam um custo operacional menor.

Localização Geográfica: Foi definido um quadrilátero para as pesquisas de campo composto pelos vértices: Campinas, Sorocaba, Santos e São José dos Campos. Este quadrilátero está a cerca de 100 km da cidade de São Paulo, o que viabiliza as visitas e levantamentos nas indústrias pesquisadas. O quadrilátero proposto é, na verdade, um limite físico para concentrar os esforços e para viabilizar este trabalho. Na Figura 4.1.5 pode-se ver o quadrilátero escolhido.

levantamento do percentual de eletrotermia existente, substituível e viável economicamente e financeiramente, define o real potencial de substituição do setor estudado.

Viabilidade Técnica: é feita a análise da viabilidade técnica de se dar a mudança tecnológica, através da constatação dos tipos de eletrotermia existentes, conforme apresentado no capítulo 1, onde são considerados fatores como: a temperatura do processo produtivo; fenômenos físicos atuantes na transmissão de calor da eletrotermia presente e limitantes para a substituição tecnológica.

Viabilidade Econômica e Financeira: é feita a análise, levando-se em conta as ferramentas de análise econômica e financeira (vide item 4.4) e os critérios de aprovação de projeto que variam conforme cada empresa.

Para maiores detalhes desta metodologia, vide Anexo 5. Entretanto, a metodologia foi adotada apenas como uma ferramenta norteadora, pois, a acessibilidade às indústrias foi que determinou aquelas que foram de fato analisadas.

4.2 A Metodologia Utilizada no Trabalho de Campo

A metodologia apresentada foi construída ao longo do trabalho de campo. Na primeira visita técnica (indústria eletro-intensiva), antes mesmo de se ter uma metodologia desenvolvida, foram utilizados levantamentos e medições já realizada pela própria indústria. Depois de se analisar estes levantamentos e medições é que se definiu uma metodologia que é resumida na Figura 4.2.1 a seguir.

Figura 4.2.1: Diagrama com Resumo da Metodologia de Campo

Viabilidade Técnica: o primeiro ponto a ser levantado na indústria é o histórico de consumo e de demanda. Este ponto é importante, pois temos que construir um fluxo de caixa que se baseia no consumo mensal e, se este varia, afeta diretamente os resultados de viabilidade econômica. Além disto, através do histórico, é possível levantar sazonalidades, a frequência das operações da indústria estudada e o efeito do mesmo no horário de trabalho da jornada diária. Este levantamento é feito, tendo como base, as contas de energia elétrica da indústria. Dados como: tarifação, demanda e consumo - sejam no horário de ponta ou fora de ponta - sendo levantados por, pelo menos, 12 meses.

Análise do Processo Produtivo: é feita a análise do processo produtivo para identificar o uso final da energia elétrica e a presença da eletrotermia. Com isto, identificar potenciais de substituição, combinando com a melhor tecnológica disponível.

Matriz Energética: é feita a análise da matriz energética da indústria, através de medições e levantamentos da própria indústria. A análise leva em conta os processos produtivos,

departamentos ou divisões de trabalho existentes e vai além, quantificando a utilização da energia elétrica e seu percentual em relação a outros energéticos utilizados pela indústria.

Quantificação e Análise da Eletrotermia: é feita a análise da presença da eletrotermia e do quanto desta eletrotermia presente pode ser substituída por gases combustíveis.

Qualidade de Energia Elétrica: é feito o ensaio de qualidade de energia de um equipamento, ou parte de um equipamento, que apresenta eletrotermia substituível, além do mesmo ensaio no fornecimento geral da indústria analisada. Desta forma, através de uma metodologia proposta (que é descrita no item 4.3 a seguir), é possível avaliar se haverá ou não, perturbação na rede de energia elétrica, caso ocorra a substituição tecnológica; para, então, se levar em conta o acréscimo no custo de capital devido ao acréscimo de dispositivos para manter a qualidade de energia elétrica residual, tais como: banco de capacitores ou indutores e/ou filtros de harmônicas.

Levantamento das Tecnologias Disponíveis: ao longo do trabalho foram feitas consultas às próprias indústrias pesquisadas, concessionárias, sites, fabricantes e representantes de equipamentos de tecnologia nacional ou importada, para substituir a eletrotermia de forma eficiente. Dados de placa informados pelos fabricantes foram utilizados para o comparativo com os sistemas elétricos existentes.

Gases e Eletricidade: um dos pontos sugeridos na qualificação deste trabalho de pesquisa foi adicionar, na análise, a comparação entre as tecnologias disponíveis a gás combustível e tecnologias que utilizam energia elétrica, mas de forma mais eficiente. Na Figura 4.2.2 é apresentado o triângulo comparativo entre a tecnologia atual encontrada na indústria, a tecnologia elétrica nova (se for mais eficiente) e a versão que utiliza gases combustíveis.

Figura 4.2.2: Triângulo com metodologia para comparação de custo e viabilidade

Viabilidade Econômica e Financeira: é feita a análise, levando-se em conta as ferramentas de análise econômica e financeira descritas em detalhes no item 4.4 a seguir e os critérios de aprovação dos projetos que são definidos por cada indústria.

4.3 Qualidade da Energia Elétrica

A metodologia proposta visa a realização do menor número de testes em campo para se definir se o impacto da substituição da eletrotermia na energia elétrica que restará na indústria analisada.

Os testes necessários de qualidade de energia são feitos na entrada da energia elétrica da concessionária e no equipamento com total ou parcial utilização de eletrotermia.

4.3.1 Fator de Potência (FP):

Conforme já apresentado no item 2.3, o Fator de Potência de uma instalação, independente das formas que as ondas de tensão e corrente se apresentem, é o quociente entre a energia ativa e a energia aparente, ou seja : $FP = E_a / E_s$ ou P/S . Num circuito puramente resistivo, temos $S = P$, teremos $FP = 1$, ou seja, os circuitos resistivos possuem fator de potência unitário. Nos circuitos resistivos, ou seja, naqueles que só possuem resistores (resistências), não existe energia reativa ($Q = zero$). Neste caso particular, $S = P$.

Podemos afirmar de uma forma genérica, que todos os equipamentos que possuem enrolamentos - a exemplo de transformadores, motores, reatores, etc.-, necessitam de energia reativa, a qual será suprida através do sistema da concessionária de energia elétrica.

Das definições anteriores, podemos escrever a seguinte equação geral para o cálculo do Fator de Potência - **FP** - de uma instalação:

$$FP = \frac{E_a}{(E_a^2 + E_r^2)^{1/2}} \quad (7)$$

A forma geral de cálculo do fator de potência (FP), válida para qualquer tipo de onda, é a fórmula a seguir:

$$FP = \frac{\text{Potência ativa}}{V_{true\ RMS} \times I_{true\ RMS}} \quad (8)$$

Onde V e I são true RMS, que pode ser entendido na equação 9 a seguir:

$$I_{true\ RMS} = [(I_{fundamental})^2 + \sum (I_{outras})^2]^{1/2} \quad (9)$$

Com ondas senoidais de tensão e corrente a Potência ativa = $V_{\text{true RMS}} \times I_{\text{true RMS}} \times \cos\Phi$, substituindo na equação 8, tem-se:

$$Fp = \cos\Phi \quad (10)$$

Esta definição é particular e vale somente quando as duas ondas são senoidais, sem a presença de harmônicas (para THD = 0 , conforme equação 6).

Quando se tem uma indústria, onde existe uma (ou mais) máquina(s) que utiliza energia elétrica com o uso final térmico (eletrotermia), podemos estudar o impacto no fator de potência através:

$$P_{\text{total}} = V_{\text{total}} \times I_{\text{total}} \times \cos\Phi_{\text{total}} = \Sigma [(V_1 \times I_1 \times \cos\Phi_1) + (V_2 \times I_2 \times \cos\Phi_2) + \dots + (V_n \times I_n \times \cos\Phi_n)] \quad (11)$$

Onde n é o enésimo equipamento ou fonte de uso final de energia elétrica de uma fábrica.

Os valores totais são obtidos da conta de energia elétrica da concessionária e/ou através de medição específica. Imaginando que a máquina com eletrotermia a ser substituída é representada pelo número 1, todas as outras que compõem o total podem ser representadas pela letra R. Desta forma, tem-se:

$$P_{\text{total}} = \Sigma (P_I + P_R) \quad (12)$$

No caso em questão, têm-se que utilizar instrumento de medição somente para a máquina 1. Uma vez que se obtiverem os valores de tensão, corrente e $\cos\Phi$ existentes no ponto de uso final da máquina 1 e utilizando o conceito de que, para uma instalação elétrica feita corretamente o valor da tensão varia no máximo 5%, pode-se considerar que o módulo da tensão é igual em qualquer ponto, ou seja, $V_{\text{total}} = V_I = V_R$.

Calculam-se as potências ativa, reativa e aparente em comparação com as medidas pelo equipamento.

Com base nas equações 8, 9 e 11 é feito o cálculo do $\cos\Phi_R$. Compara-se os dois valores e utiliza-se sempre o de menor valor para a análise do impacto do FP.

Se 100% da energia elétrica da máquina 1 for utilizada em eletrotermia, obtida por resistores, $\cos\Phi_R = \cos\Phi_{\text{total}}$.

Se não for 100%, a parcela da eletrotermia pode ser considerada como sendo a máquina 1 e a outra parcela como sendo parte da parcela R.

Desta forma, é possível analisar o impacto da substituição da eletrotermia obtida por resistores em uma única máquina, parte de uma máquina, grupo de máquinas ou partes de um

grupo de máquinas. É possível analisar seu impacto no fator de potencia total da indústria, ou seja, no fator de potência que pode incidir multa, caso este seja menor que 0,92.

4.3.2 Harmônicas (THD):

A metodologia aqui proposta visa verificar se a corrente ou tensão que restará após a substituição da eletrotermia irá afetar muito ou pouco. Desta forma, iremos considerar o pior caso para a geração de harmônicas, ou seja, onde cada ordem das harmônicas de cada equipamento coincide fasorialmente com o restante e, conseqüentemente, com o total da empresa. Esta coincidência se refere a estar cada parcela de cada determinada ordem de harmônicas alinhadas (com o mesmo fasor) e em um mesmo plano.

Como foi descrito acima, a alteração na tensão encontrada em uma fábrica é muito inferior se comparada à alteração na corrente.

Desta forma, a análise se concentra no $THD(I)$.

Podem-se simplificar todas as correntes fundamentais estão no mesmo plano e, portanto, tem-se:

$$I_{(fundamental) total} \times \cos \Phi_{total} = \Sigma [(I_{(fundamental) 1} \times \cos \Phi_1) + (I_{(fundamental) 2} \times \cos \Phi_2) + \dots + (I_{(fundamental) n} \times \cos \Phi_n)] \quad (13)$$

Onde n é o enésimo equipamento ou fonte de uso final de energia elétrica de uma fábrica.

Enfatiza-se que esta equação somente é verdadeira se houver uma coincidência fasorial entre cada ordem de harmônica com seu respectivo par gerado em outro equipamento e estes com o total da empresa, de tal forma que a soma de harmônicas não contribua para a corrente fundamental. Esta situação é praticamente impossível de ocorrer, mas nesta condição temos a situação mais crítica.

A definição da corrente true RMS é dada pela equação 14:

$$I_{true RMS} = [(I_{fundamental})^2 + \Sigma (I_{outras})^2]^{1/2} \quad (14)$$

A definição do THD(I) pode ser dada pela equação 15:

$$THD(I) = \frac{\sqrt{\Sigma (I_{outras})^2}}{I_{fundamental}} \times 100\% \quad (15)$$

Se substituirmos o $I_{fundamental}$ da equação 15 na equação 14, tem-se finalmente:

$$I_{true RMSI} = [\Sigma (I_{outras})^2 \times (1 + 1/THD(I)^2)]^{1/2} \quad (16)$$

Tem-se os valores medidos de $I_{\text{true RMS total}}$, $\text{THD}(I_{\text{total}})$, $I_{\text{true RMS 1}}$, $\text{THD}(I_1)$. Pela equação 15, calculam-se os valores de ΣI_{outras} e substitui-se na equação 14, onde acha-se o valor de $I_{\text{fundamental}}$.

Desta forma, obtêm-se as informações básicas para calcular os valores restantes.

Para o cálculo do valor restante, o caminho é inverso, ou seja, não se tem o valor $I_{\text{true RMS}}$. Desta forma, utiliza-se a equação 12 e 11 e a simplificação de que todas as tensões são iguais. Desta forma, calcula-se o que seria o $I_{\text{true RMS R}}$. Depois, utiliza-se a equação 13, 14, 15 e 16 para calcular o $\text{THD}(I_{\text{Resto}})$. Se este valor estiver igual ou abaixo de 10% definidos pelo autor, com base em SCHNEIDER (2005), a mudança tecnológica pode ser feita sem o acréscimo de filtros.

Se, por outro lado, este valor ficar igual, ou acima de 10%, mas abaixo de 50%, a recomendação é ter que repetir novamente o ensaio de qualidade de energia após a mudança tecnológica.

Ou ainda, se ficar acima de 50%, neste caso, deve-se considerar os custos de filtros para o projeto, necessariamente.

4.4 Análise Econômica e Financeira

Segundo Jardim (2002), hoje em dia uma empresa se destaca de outra devido a sua “competitividade”, ou seja, segundo sua capacidade de ganhar dinheiro. Já Slack (2002), destaca que entre os cinco objetivos de desempenho da produção (custo, qualidade, rapidez, flexibilidade, confiabilidade) de qualquer produto ou serviço, o custo é o mais importante e para onde todos os demais convergem.

Se um produto vende pelo preço menor, o custo é diretamente relacionado ao sucesso da empresa. Se o produto não vende pelo preço e sim pela qualidade ou marca, o menor custo também é diretamente relacionado ao sucesso da empresa, porque ambos trazem a maior lucratividade. Para reforçar esta colocação, temos a pesquisa realizada pela Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP) com 102 grandes empresários, apresentada pelo artigo de Gurovitz e Blecher (2005), mostrando que a missão das empresas, em primeiro lugar, para 82% dos empresários, é “dar lucro aos acionistas” (o segundo lugar era “ser ética nos relacionamentos” com 63%).

4.4.1. Definições que a empresa tem que fazer

Abaixo seguem as definições que a empresa deve fazer para que sejam utilizadas nos cálculos para definir viabilidade dos projetos propostos:

Quantidades de meses a serem considerados no Fluxo de Caixa dos Projetos;

Custos do dinheiro para a empresa, ou seja, a taxa de juros líquida que a empresa recebe do mercado financeiro caso ela aplique a mesma importância utilizada no projeto;

Valor mínimo de taxa interna de retorno (TIR);

Valor máximo de “Pay Back”, ou tempo que se dará o retorno sobre o capital investido.

Na sequência, seguem algumas explicações das equações utilizadas e as recomendações de alguns valores a serem definidos.

4.4.2. Análise para o “Custo de Capital”

Para o “custo de capital”, considerado aqui como todo o dinheiro necessário para pagar qualquer tipo de projeto ou alteração proposta, a base para a análise econômica e financeira é a construção de um fluxo de caixa para o projeto / alteração. O horizonte futuro sugerido é de no mínimo 24 meses.

Para a construção do fluxo de caixa, são considerados mensalmente:

$R - D - I$

Ou seja: Receita (menos) Despesas (menos) Impostos.

Como Receita UM, considera-se:

$DAP - DDP$

Ou seja, Dinheiro gasto com energia Antes do Projeto (DAP), menos Dinheiro gasto com energia Depois de implantado o Projeto (DDP).

Como Despesa (D) considera-se o gasto feito com o custo de capital necessário. Se gasto for feito em várias parcelas, traremos o valor de cada uma das parcelas para o valor presente.

Cada parcela mensal do fluxo de caixa é trazida ao valor presente líquido (VPL) pela equação:

$$VPL = \frac{Valor}{(1+i)^n}$$

Onde n é o número de meses onde se situa a parcela no fluxo de caixa e i a taxa de desconto utilizada.

O VPL traz o valor da parcela futura para o valor presente, considerando a correção do valor i . É sugerido pelo autor um valor de i de 0,7% a 1,2% ao mês, mas na prática, cada empresa define seu valor.

A fórmula de correção leva em consideração juros compostos.

A TIR é calculada considerando qual o valor de i quando se obtém um valor de VPL (para todo o fluxo de caixa) total do projeto igual a zero. A TIR é o valor do i (em percentual) que quando é calculado o VPL, este tem valor igual à zero.

Nas análises feitas considera-se que todos os investimentos são feitos no início, desta forma, pode-se utilizar a TIR como um fator de comparação para a tomada de decisão. Se houver investimentos intermediários, onde o fluxo de caixa ficasse negativo durante o período de análise, a TIR não poderia ser utilizada, pois seu cálculo apresentaria mais de uma solução.

O Pay Back é o tempo necessário para que o dinheiro investido retorne 100%, em outras palavras, é o número de meses em que os retornos mensais, trazidos ao VPL, atingem o valor do investimento feito. Verificam-se quantas parcelas mensais são necessárias, contando da mais próxima para a mais distante do momento do investimento. É sugerido um Pay Back máximo de 48 meses.

Obs.: o financiamento, se houver, segue a tabela Price, onde a parcela mensal é fixa, com a aplicação de juros compostos, onde é calculada, pela equação a seguir:

$$\text{Prestação Mensal Fixa} = \frac{\text{Valor do empréstimo}}{(1+jc)^n - 1} \times jc$$

Onde n é o número de meses (em relação ao investimento feito) da parcela situada no fluxo de caixa e jc o juro cobrado mensalmente.

O Fator de Recuperação de Capital (FRC) é calculado pela equação:

$$\text{FRC} = \text{PE} \times \text{JC} + \text{PDP} \times \text{REI}$$

Sendo: PE = Percentual de Endividamento/Financiamento do projeto;

jc = Juros Cobrados pelo financiamento;

PDP = Percentual de Dinheiro Próprio (da Empresa);

REI = Retorno Esperado pelo Investidor.

Como um exemplo, podemos ver na Tabela 4.4.1 a simulação de vários percentuais de PE e sua influência no FRC do projeto:

Tabela 4.4.1 – FRC x PI para jc de 12%aa

JC ao ano	12,00%								
FRC (REI) \ PI	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
FRC (REI=20%)	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%
FRC (REI=24%)	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%
FRC (REI=25%)	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%
FRC (REI=30%)	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%
FRC (REI=40%)	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%

É sugerido um REI maior ou igual a 24%aa.

5. RESULTADOS ENCONTRADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados de cada metodologia e das indústrias pesquisadas.

5.1 Resultados da Metodologia de Escolha das Indústrias

Os resultados das industriais selecionadas pela metodologia proposta no Anexo 5 são as que se encontram na Tabela 5.1.1 a seguir:

Tabela 5.1.1 – Seleção CNAE 5 dígit.: Com 9 Setores Finais (em azul e negrito)

CNAE de 5 dígitos	Total Empresas	Total Funcionários	Funcionários / Empresas	Empr. com n. Func.> 501	Descrição do CNAE 5 de dígitos
25291	107	23182	216,7	6	Fabricação de artefatos diversos de plástico
24520	82	28950	353,0	12	Fabricação de medicamentos para uso humano
25224	72	16858	234,1	4	Fabricação de embalagem de plástico
28339	54	12420	230,0		<i>Produção de artefatos estampados de metal</i>
28991	53	9362	176,6	3	Fabricação de outros produtos elaborados de metal
25194	43	13033	303,1	5	Fabricação de artefatos diversos de borracha
15890	41	10366	252,8	4	Fabricação de outros produtos alimentícios
24996	40	11740	293,5	3	Fabricação de outros produtos químicos não especificados ou não classificados
29297	33	8276	250,8	3	Fabricação de outras máquinas e equipamentos de uso geral
24732	28	9712	346,9	6	Fabricação de artigos de perfumaria e cosméticos
29696	27	6873	254,6	2	<i>Fabricação de outras máquinas e equipamentos de uso específico</i>
27510	21	5739	273,3	1	<i>Fabricação de peças fundidas de ferro e aço</i>
24813	20	6584	329,2	3	<i>Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e lacas</i>

A quantidade de empresas selecionadas (em azul e negrito) que apresentam mais de 501 funcionários soma 46 unidades.

O segmento de “Produção de artefatos estampados de metal” foi descartado nesta análise (em vermelho e normal), pois o mesmo se caracteriza por utilizar prensas movidas a motores elétricos. Não existe a componente de eletrotermia neste tipo de atividade produtiva. A necessidade de aquecimento de peças ocorre em casos específicos de peças forjadas, que é outra atividade e não tem nada a ver com este código CNAE 28339. Além disso, não apresenta nenhuma empresa com mais de 501 funcionários.

Os segmentos em lilás, negrito e itálico não foram considerados, por uma limitação da capacidade de execução de visitas e de fazer a pesquisa de campo.

As pesquisas de campo priorizaram empresas do setor de “fabricação de artigos de perfumaria e cosmético”, com uma média de 346,9 funcionários por empresa e “fabricação de medicamentos para uso humano”, com uma média de 353,0 funcionários por empresa. Utilizamos este critério para identificar o “tamanho das empresas”, sendo que setores, com maior número de funcionários (maiores em “tamanho”), podem ter mais condições financeiras para implantar, futuramente, uma mudança tecnológica, como é o objetivo desta pesquisa.

O setor de “fabricação de medicamentos para uso humano” está detalhado no ANEXO 4, onde se caracteriza pela balança comercial deficitária, ou seja, importam-se maiores quantidades do que se exportam. É um segmento que cresceu muito devido às alterações das leis na década de 1990, quando surgiram os genéricos no Brasil. Existe uma forte fiscalização e controle sobre estas empresas, inclusive sobre os lucros destas, pois, os preços são tabelados pelo governo. O atual governo pretendia fomentar o setor, para reduzir a dependência externa, na época que o ministro da fazenda era o Sr. Antonio Palocci, mas, atualmente, não se identificam políticas de fomento ao setor. A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) tem aumentado o grau de exigência sobre o setor.

Com relação ao setor de “fabricação de artigos de perfumaria e cosmético” é um dos que mais cresce no Brasil, de acordo com ABIHPEC (2007). Se comparado com os valores acumulados dos últimos 11 anos entre o PIB, crescimento da indústria em geral e deste setor, tem-se os seguintes dados:

PIB = 32,6%; Indústria em Geral = 33,2% e Setor = 212,7%.

É um setor que tem saldo positivo na balança comercial e empresas brasileiras de renome internacional.

Com relação ao setor de autopeças, o setor vive uma franca expansão.

Uma vez definido o universo amostral, empresas destes setores foram contatadas, independente do tamanho destas. Obtido contato com visitas técnicas em duas empresas do setor

de “fabricação de medicamentos de uso humano” e uma empresa de “fabricação de artigos de perfumaria e cosmético”.

Também foram contatadas outras duas empresas de outro setor, o de “fabricação de autopeças” e uma energo-intensiva de produção de alumínio.

Para cada processo será feito um levantamento de equipamentos substitutos existentes. No caso de não haver, será feita uma ponderação e análise da viabilidade física de se desenvolver o equipamento.

Em todos os casos serão feitas análises de viabilidade técnica, ambiental, econômica e financeira. Havendo obstáculos para a substituição, propostas serão feitas para mitigarem ou eliminarem estes obstáculos.

5.2. Estudos de Casos nas Indústrias

As indústrias pesquisadas são de quatro tipos distintos:

- I) Fabricante de alumínio: que foi visitada em primeiro lugar, onde não se tinha uma metodologia desenvolvida;
- II) Fabricação de medicamentos de uso humano: onde foram visitadas três empresas;
- III) Fabricação de perfumaria e cosméticos: onde foi visitada uma indústria;
- IV) Fabricação de auto-peças: onde foi visitada uma indústria fabricante de filtros automotivos.

Não serão dados os nomes das indústrias analisadas e visitadas.

5.2.1. Alumínio

Etapas da Produção:

Mineração: extração da bauxita por meio de escavadeiras; necessidade de haver proximidade entre a mina e a unidade de refino.

Refino: O processo Bayer: onde geralmente 2/3 ton bauxita = 1 ton.alumina

- Preparação: Bauxita moída;
- Dissolução: misturada à soda cáustica com pressão e calor
- Separação: diluição e decantação do licor menos “red mud”;
- Precipitação: licor de bayer transformado em cristais;
- Calcinação: “melting point” alto teor de pureza;

“Smelting”: redução eletrolítica no banho de criolita; fabricação dos elementos controle de temperatura: fluidez x solidificação.

Na Figura 5.2.1.1, de Graham (1990), pode ser visualizado o Fluxo do Processo de Fabricação descrito acima:

Figura 5.2.1.1: Diagrama do Processo Produtivo do Alumínio, de Graham (1990)

Nas Figuras 5.2.1.2 e 5.2.1.3 podem ser verificados o impacto da energia elétrica no custo de produção da alumina e do alumínio, respectivamente; de ABAL (2001).

Figura 5.2.1.2: Proporção de custo de produção da alumina

Figura 5.2.1.3: Proporção de custo de produção da alumina

Detalhamento da indústria visitada:

Consumo total de energia elétrica mensal de 188.798.500 kWh. O valor utilizado é de outubro de 2003.

Consumidor do mercado livre, onde negociava preços abaixo de R\$ 78,00 o MWh, na época (a visita ocorreu em novembro de 2003) e existia contratação específica para o funcionamento de caldeiras elétricas por tempo definido com preço abaixo de R\$ 25,00 o MWh.

A empresa possui como energético principal a energia elétrica, escolha esta necessária devido à necessidade fundamental deste tipo de energia para realizar a redução da alumina e transformá-la em alumínio.

O minério extraído passa por um sistema de moagem. Depois vai para a digestão, que consiste de um processo de batelada em tanques onde são acrescentadas soda cáustica e água. Esta mistura fica na forma de um caldo e é aquecida a 145°C, é denominada de licor, que contém soda, Al_2O_3 e impurezas. Nestes tanques existe ainda o insuflamento de ar, para haver a movimentação do licor, evitando assim a sedimentação. Nesta etapa são utilizadas duas caldeiras elétricas que consomem cerca de 50 MWh para produzir 15 ton vapor/h. Detalhe: existem 3 caldeiras a óleo, que não são utilizadas por causa do alto custo operacional (preço do óleo), se comparadas as caldeiras elétricas, devido ao preço de compra da energia elétrica (inferior a R\$ 25,00 o MWh, na época, em contrato específico).

Logo em seguida ocorre a clarificação com filtros, onde a lama é destinada para uma lagoa e o licor tem uma concentração de cerca de 120 g/l de $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Então, na sequência, este licor passa por um trocador de calor que reduz a sua temperatura de 145°C para 82°C, para entrar na precipitação e cristalização. Neste ponto é feita a classificação e extraído o hidrato de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_3$ que vai para um secador a 55°C, ou para a embalagem, ou ainda para a calcinação feita a 1.000°C em um forno a óleo combustível, com consumo/eficiência de cerca de 80 kg/ton de Al. Na classificação existe um retorno do licor para o processo, com uma concentração de cerca de 65 g/l de $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ para o evaporador (que recebe vapor vivo das caldeiras) e retorna parte para a moagem (para lubrificação da massa), ou, novamente, para o digestor. Neste percurso o licor está a 65°C.

São necessários cerca de 2,36 ton de bauxita para produzir 1 ton de Al_2O_3 e se produz cerca de 0,93 ton de resíduos.

Após a calcinação, a alumina vai para a redução. São 3 linhas, com 96 cubas/linha ligadas em série, com demanda de cerca de 65 MW por linha e 125kA por linha de corrente contínua. A área de redução consome cerca de 92% da eletricidade da planta. A conversão da corrente de CC para CA tem cerca de 97,5% de eficiência.

A alumina é submetida nas cubas a uma temperatura de 825°C e, com a reação de redução, ocorre a produção de alumínio. O fornecimento da alumina é feito por tratores. A temperatura desta alumina se encontra próximo à temperatura ambiente.

Para funcionar a produção de alumínio, é necessário se produzir o briquete, que é utilizado como ânodo, e que consiste de piche com coque de petróleo. O piche tem que ficar a 180°C. Quando misturado com o coque de petróleo, a temperatura deve ser de 187°C, com o uso de óleo a 295°C aquecido por energia elétrica. A mistura passa por uma extrusora que está a 160°C aquecida com vapor.

Alguns valores de produção: $1,82 \text{ Al}_2\text{O}_3 = 1 \text{ Al}$. Ao ano a produção é de cerca de 95.000 ton.

Depois de produzido o alumínio, existe outro processo específico para a fabricação de tarugos cilíndricos, onde as mesmas, após produção, sofrem um tratamento térmico com aquecimento do ar que circunda os tarugos, através de resistências elétricas.

As descrições dos respectivos consumos de energia elétrica podem ser vistos na Tabela 5.2.1.1 a seguir. São dados de um determinado mês do ano de 2003, mas que servem de base para um consumo médio mensal da indústria.

A Figura 5.2.1.4 apresenta um gráfico de pizza com as proporções utilizadas da demanda de energia elétrica nos respectivos usos finais descritos no processo produtivo.

Figura 5.2.1.4: Gráfico de Pizza com as proporções de cada processo da fabricação

Na seqüência, os valores percentuais são encontrados na Tabela 5.2.1.1:

Tabela 5.2.1.1: Percentuais da Demanda de Energia Elétrica

Redução	75,08%
Caldeira	18,90%
Refinaria	2,97%
Geral	1,06%
Refusão	0,51%
Fábrica Pó	0,33%
Químicos	0,05%
Manutenção	0,04%
Administração	0,03%
Outros	1,03%

Encontram-se a presença da eletrotermia em vários usos finais:

Redução: mesmo na redução, onde a energia elétrica é fundamental para ocorrer a reação química para a formação do alumínio, existe parte desta energia que está aquecendo a alumina que abastece as cubas. Aqui temos as seguintes situações:

- a energia elétrica utilizada para a reação química que irá transformar a alumina em alumínio. A priori, esta reação só acontece com energia elétrica, sendo qualquer outra forma de energético ineficaz. Mas, por se tratar de uma reação química, a energia de ativação pode ser parcialmente a energia térmica, fazendo com que o suprimento da alumina nas cubas seja feito, não com a mesma na temperatura ambiente, mas, com esta a uma temperatura mais alta. Além disso, as próprias cubas poderiam ser aquecidas com o gás natural.

Fazendo estas considerações, estamos arbitrando aqui um potencial de consumo de energia elétrica que poderia ser economizado e substituído por gás natural em torno de 10%. O Consumo atual é de 139.874.000 kWh mensal. Tem-se, assim, um potencial de 139.874 kWh para ser substituído. A eficiência da energia elétrica é arbitrada aqui em 95%, e o aquecimento da matéria prima e cuba pelo GN é arbitrado em 80%.

- a fabricação do briquete consome 424.800 kWh mensais, com eficiência arbitrada em 90%, contra uma substituição de 100% por GN com eficiência de 80%.

Caldeiras a Vapor: neste caso, as caldeiras podem ser substituídas por caldeiras a gás. A eficiência das caldeiras elétricas é arbitrada em 95% e as a GN é de 85%.

Neste potencial, o preço da energia é menor que nos demais, sendo o valor pago de R\$23,00 o kWh, diferente dos R\$78,00 do pago no restante.

O potencial de substituição é de 35.684.610 kWh mensais.

Refinaria, Geral, Refusão, Químicos, Fabricação de Pó e Manutenção: não foi detectado nenhum processo que poderia ser um potencial de substituição.

Refusão: todo o tratamento térmico feito nos tarugos utiliza energia elétrica. O potencial de substituição é de 100%, sendo que a eficiência dos equipamentos elétricos é de 80% e os a GN é de 60%.

Administração: neste item temos o restaurante, onde vários equipamentos que hoje usam a energia elétrica para a cocção poderiam ser substituídos por GN. A estimativa é de que o consumo de energia elétrica de 18.572 kWh, com eficiência de 80% poderia ser substituído em 50% por equipamentos a GN com eficiência de 60%.

Potenciais de Conversão para GN: tem-se abaixo a Tabela 5.2.1.2 com os potenciais de substituição de energia elétrica para GN, com queima direta:

Tabela 5.2.1.2: Potenciais de Substituição de eletrotermia por GN

	Potencial	Energia Elétrica		Gás Natural	
Descrição	Consumo	Eficiência	Correção	Eficiência	Consumo
Redução	13.987.400	0,95	13.288.030	0,80	16.610.037,5
Briquete	424.800	0,90	382.320	0,80	477.900
Caldeiras*	35.684.610	0,95	33.900.379,5	0,85	39.882.799,4
Refusão	955.732	0,80	764.585,6	0,60	1.274.309,3
Administração	9.286	0,80	7.428,8	0,60	12.381,3

* o preço pago pela energia elétrica é diferente.

O total de eletrotermia é de **51.061.828 kWh por mês, o que representa 27%** do consumo total. Sendo 15.377.218 kWh por mês a um custo de R\$ 78,00 o MWh, o que significa um valor de R\$ 1.199.423,00 mensais. E 35.684.610 kWh por mês, a um custo de R\$ 23,00 o MWh, o que significa um valor de R\$ 820.746,00 mensais. Portanto, considera-se um gasto mensal de R\$ 2.020.169,00 com eletrotermia.

A empresa tem o seguinte potencial a ser trabalhado de energia elétrica que poderia ser convertido para gás natural com queima direta, necessitando para isto das seguintes quantidades:

I) A um custo de R\$ 78,00 o MWh:

18.374.628,1 kWh = 1.880.911,67 m³ por mês, sendo que o PCS a ser utilizado será de 8.400 kcal/m³ do gás natural.

Obs.: aqui existe uma polêmica, pois, as distribuidoras informam o PCS como sendo 9.400 kcal/m³, mas, na prática, este valor provoca distorções nos cálculos, segundo OLIVEIRA (2003), que recomenda o valor de 8.400 kcal/m³.

Segundo as definições dadas nas tabelas das distribuidoras, para o gás natural a 20°C e 1 atm, temos: 9.400 kcal/m³ = 10,932 kWh/m³. E com o valor de PCS de 8.400 kcal/m³ = 9,769 kWh/m³.

II) A um custo de R\$ 23,00 o MWh:

$39.882.799,4 \text{ kWh} = 4.082.587,7 \text{ m}^3$ por mês.

Será necessária a compra de $5.963.499,4 \text{ m}^3$ mensais. Aplicando os valores teto das concessionárias de gás canalizado da época, tem-se:

GASMIG (sem impostos) o valor de R\$ 2.465.907,00;

COMGÁS (sem impostos) o valor de R\$ 3.433.214,86;

GÁS Brasileiro (sem impostos) o valor de R\$ 3.155.147,77.

Contra R\$ 2.020.169,03 gastos com energia elétrica pagos na época.

Lições aprendidas:

A eletrotermia que poderá ser substituída se concentra em consumidores que não são eletro-intensivos, pois, as diferenças encontradas de preços da energia são muito significativas. Isto vale mesmo hoje em dia, apesar das constantes altas ocorridas no mercado livre.

Foi importante ter sido realizada esta visita técnica no início dos trabalhos de pesquisa, pois, o fator econômico para a viabilidade, a distância física para executar a pesquisa e o tipo de empresa, nortearam a metodologia exposta no capítulo 4.

Neste exemplo, não havia sido desenvolvida a metodologia para identificar o impacto da substituição da eletrotermia na qualidade de energia restante na indústria. Não foram feitos nenhum ensaio ou medição. Todos os valores foram fornecidos, na época, pela empresa.

5.2.2 Autopeças

Este caso de campo foi o primeiro onde se conseguiu fazer o levantamento de informações históricas e de medições, propriamente ditas. É também o de maior duração no levantamento das informações.

A indústria de autopeças teve seu início no Brasil no século XX, com a chegada dos primeiros veículos automotivos. Na década de 1950, com o início da produção automotiva em larga escala, através da Volkswagen, em São Bernardo do Campo, o setor de autopeças se modernizou, se abriu para o mercado externo e ampliou. Hoje, o Brasil comercializa 222 modelos (entre produzidos e importados regularmente), de acordo com Lima (2007). E a

indústria de autopeças acompanha a produção, exportação e importação das empresas automotivas.

Dos resultados encontrados; quanto aos processos produtivos, o diagrama da Figura 5.2.2.1 a seguir retrata as várias etapas da produção de filtros automotivos (de ar, óleo e combustível).

Figura 5.2.2.1: Fluxo dos Processos Produtivos de Filtros Automotivos

Os processos de pré-curar, limpar molde, dosar, decapar e, principalmente, de curar são os que apresentam eletrotermia e serão descritos na sequência.

Na parte de energia elétrica, utiliza-se o histórico das contas mensais desde janeiro de 2003 até janeiro de 2006.

Pode-se observar na Figura 5.2.2.2 abaixo a variação do consumo ao longo do ano de 2007. Em amarelo o kWh fora de ponta e em azul claro o kWh da ponta.

Figura 5.2.2.2: Gráfico de Consumo de 2007 [kWh]

Obs.: no gráfico acima, em amarelo está o consumo fora de ponta e em azul na ponta

Na Figura 5.2.2.2 pode-se avaliar o consumo da empresa em seu todo. Depois, será analisada a matriz energética e então será feita a identificação da eletrotermia. Neste gráfico é possível analisar a sazonalidade do consumo e consequentemente da produção.

No caso da demanda, pode-se observar na Figura 5.2.2.3 a seguir um aumento gradual ao longo do ano de 2007 até setembro. A demanda contratada é de 3.000 kW. O gráfico mostra a demanda real e não a efetivamente paga (quando a mesma é inferior à contratada, a concessionária cobra a demanda contratada). Na Figura 5.2.2.3 pode-se ver a demanda fora de ponta em amarelo e a demanda de ponta em azul.

Figura 5.2.2.3: Histórico de Demanda [kW]

Obs.: no gráfico acima, em amarelo está a demanda fora de ponta e em azul na ponta

No gráfico da Figura 5.2.2.4 a seguir mostra-se o comportamento das cargas ao longo do ano, com relação ao fator de potência. Constata-se que o fator de potência encontrado é indutivo e concentra-se no horário fora de ponta (amarelo), quando extrapola o limite de 0,92, ocasionando multa.

Figura 5.2.2.4: Gráfico do Fator de Potência (FP) de 2007

Verifica-se que está ocorrendo um grande crescimento da empresa, pelo aumento da demanda e consumo em energia elétrica, reflexo do crescimento do setor automobilístico.

Foi feito o levantamento de informações da matriz energética da empresa com dados atualizados (2007), através de medidas realizadas com o Analyst e o Alicat Wattímetro conforme mostra a Figura 5.2.2.5 a seguir:

Figura 5.2.2.5: Matriz energética da empresa 2007 (Demanda Contratada de 3.000 kW)

Dentro da matriz de demanda da empresa **foi constatado haver um percentual de 57,8% de eletrotermia**, sendo este percentual dividido em 4 grupos de máquinas:

- Placas quentes, ou placas térmicas, ou seja, resistências elétricas que transferem calor às placas metálicas e estas às peças a serem processadas;
- Estufas que utilizam a radiação de lâmpadas de infravermelho para curar superficialmente o acabamento em peças metálicas, que pode ser a pintura a pó (tinta epóxi) ou curar a serigrafia feita nas peças;
- Máquina de desengraxe, que lavam as peças metálicas estampadas para retirar os resíduos de sebo bovino utilizado no processo de estampagem. Nestas máquinas se encontram duas aplicações de eletrotermia: 1º) Aquecimento do ar a ser insuflado dentro da máquina de desengraxe através de resistências elétricas que transferem o calor por convecção. Este ar é utilizado para secar as peças após estas serem enxaguadas. 2º) Aquecimento do banho a 50°C (água mais detergentes específicos) por resistências elétricas por convecção, para facilitar o desengraxe das peças;

- Estufas que utilizam resistências elétricas e transferem o calor por convecção térmica para as peças a serem processadas entre 180°C e 220 °C.

Resultados Encontrados das Medições Realizadas

Veja a seguir o resumo das medições realizadas nos equipamentos que apresentam eletrotermia, na Tabela 5.2.2.1 a seguir:

Tabela 5.2.2.1: Resumo das Medições nos Equipamentos com Eletrotermia

	Demanda medida [kW]
Placas Quentes	106,7
Desengraxes	208,7
Estufas por Radiação	576,8
Estufas Convectivas	840

As estufas convectivas constituem no maior conjunto de equipamentos existentes de eletrotermia dentro desta empresa, representando 28,0% de toda demanda da empresa.

Conforme já descrito, constata-se a existência de 57,8% de eletrotermia em relação a demanda contratada. O percentual da eletrotermia no consumo é muito próximo deste, pois os processos foram medidos em regime permanente e são contínuos, ou seja, não existe produção por batelada ou lote, exceto as placas quentes. É evidente que este valor se altera ao longo do tempo, tendo em vista as mudanças das cargas térmicas das peças nos equipamentos, a variação da temperatura ambiente e da água.

A eletrotermia substituível é de 35% em relação à demanda contratada, como iremos descrever a seguir, pois nem todo este potencial pode ser convertido para gases combustíveis. Neste caso em específico, não existe a possibilidade de se ter GN pelos próximos anos. Desta forma, a análise foi feita com o uso do GLP.

As placas quentes são equipamentos compactos e a conversão necessitaria de fluido térmico e uma instalação bastante complexa, que inviabilizaria a mudança tecnológica.

As estufas por radiação não podem ser substituídas, pois a cura da tinta se dá pelo tipo de luz e radiação. Uma queima direta em queimadores por radiação não produziria a mesma frequência de onda e aqueceria muito mais a peça internamente, fato que não é desejável, pois a peça contém elementos internos de borracha que poderiam ser danificados.

Os 2 desengraxes podem ser substituídos nas suas 2 formas de eletrotermia: *aquecimento do ar* para a secagem das peças (80 kW cada máquina) e *banho de água e detergente* para lavar as peças (40 kW cada máquina).

No *aquecimento do ar*, pode-se instalar um queimador que substituiria, facilmente, as resistências elétricas com eficiência relativa de 0,7 em relação ao sistema elétrico. Com a queima direta, onde todos os produtos da combustão estariam entrando em contato com as peças, a temperatura deve ser superior a 120°C, para evitar a condensação do vapor de água dos produtos da combustão.

No *aquecimento do banho*, a substituição é feita por uma máquina que utiliza o princípio de absorção e bomba de calor que produz água gelada a 3°C e água quente a 62°C. Maiores detalhes podem ser vistos no ANEXO 2. A eficiência deste equipamento é de 150%, devido ao fato de haver uma bomba de calor acoplada a um sistema de absorção, que utiliza uma mistura de água com amônia em circuito fechado. O frio (água gelada) será utilizado para o sistema de resfriamento, que hoje utiliza duas torres de resfriamento. Desta forma, pode-se considerar que o equipamento tem uma eficiência relativa de 1,5 em relação ao aquecimento elétrico existente somado ao resfriamento da torre de resfriamento (com sistema elétrico) utilizado em processos de solda e prensas hidráulicas, tem-se:

O comparativo dos custos operacionais é o que se segue na Tabela 5.2.2.2:

Tabela 5.2.2.2: Cálculo do Custo de Operação para o Desengraxe

Custo de Operação		Sistema com Eletrônica			Sistema com GLP			Mensal
Aquecimento do Ar		Custo Mensal [kWh]	Valor do kWh [R\$]	Custo Mensal [R\$]	Eficiência Relativa	R\$/kg GLP	Consumo mensal	Saving [R\$]
Demanda [kW]:	160	56320	0,26	14.643,20	0,7	2,00	12.580,57	2.062,63
Demanda [kW]:	80	28150		7.319,00	1,5		2.935,47	4.386,13
Banho de Água e Detergente			Total [R\$/mês]	21.962,20		Total [R\$/mês]	15.516,04	6.448,76

Foram utilizados: o funcionamento de 16 horas diárias, por 22 dias mensais. Não existe possibilidade econômica e financeira que viabilize os investimentos necessários para se trazer o GN para esta empresa, por isto, foi utilizado o GLP apenas. O PCI do GLP é de 11.000 kcal/kg (como pode ser visto no ANEXO 1) e o fator de conversão de kcal para kW de 860. O valor do kWh engloba a demanda e consumo, quer seja na ponta, ou fora de ponta, e é calculado com o total pago na conta dividido pelo total de kWh. Foi considerada uma eficiência (rendimento) relativa de 0,7 para o aquecimento do ar e de 1,5 para o aquecimento da água do banho (mais a geração de água fria).

Existe aí um potencial de ganho mensal com a mudança tecnológica de R\$ 6.448,76 e anual de R\$ 77.385,14, considerando o valor de R\$ 0,26 do kWh* e R\$ 2,00 o kg do GLP.

*Obs.: uma prática feita pelas empresas é dividir o custo total com energia elétrica (demanda mais consumo) pela quantidade total de kWh utilizado tanto no horário de ponta, quanto no de fora de ponta. É uma forma de se trabalhar com apenas um valor de grandeza para a energia elétrica.

De acordo com os investimentos necessários, conforme apresentado na Tabela 5.2.2.3 a seguir, existe a viabilidade de substituição para a eletrotermia do banho, pois foi definido um teto de 24 meses para o pay back simples, pela indústria pesquisada.

Tabela 5.2.2.3: Cálculo de Viabilidade para o Desengraxe

Investimento		Sistema com Eletrotermia	Sistema com GLP				meses
Aquecimento do Ar			Equipamentos US\$	Dólar [R\$]	Instalações R\$	Total [R\$]	Pay Back simples
Demanda [kW]:	160	não há	120.000,00	1,80	58.000,00	274.000,00	132,8
Demanda [kW]:	80	não há	20.000,00		58.000,00	94.000,00	21,4
Banho de Água e Detergente							

O gráfico a seguir, conforme já foi apresentado no item 4.1, representa o custo de operação para este mesmo equipamento, de acordo com a concessionária de energia elétrica, para o GN da Comgás e para o GLP, considerando uma eficiência comparativa de 0,8 e variando os preços do kg do GLP, como pode-se ver na Figura 5.2.2.6:

Figura 5.2.2.6: Custo de Operação do Desengraxe com Classes de GN, GLP e tarifas de Energia Elétrica

No gráfico da Figura 5.2.2.6 foram acrescentadas algumas classes de GN, além daquelas já apresentadas no gráfico da Figura 4.1.3. O gráfico da Figura 5.2.2.6 apresenta todas as possibilidades energéticas dentro do quadrilátero pesquisado. No caso específico, o fabricante de

autopeças está na região da Bandeirantes e tarifa A4 verde e hoje não possui GN. O comparativo se faz então entre a energia elétrica A4 verde e GLP.

Tendo como base as informações levantadas nos sites das distribuidoras, e tendo como base um valor de conversão de energia de gás natural para energia elétrica, variando de uma relação de 1:1 até 1:0,5 referente ao rendimento térmico relativo entre os sistemas elétrico e à combustão, tem-se para uma potência de 47,6 kW funcionando por 16 horas diárias e 22 dias em um mês.

Conforme já descrito em 4.1, foi adotado o valor de PCS do GN apresentado em COMGÁS (2008), considerando uma taxa de conversão de 1:1, depois alterando o PCS pelo valor de 8.400 kcal/m³ e na sequência fixando-se o PCS em 8.400 kcal/m³ e variando o rendimento térmico relativo ao sistema elétrico em: 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 e 0,5; ou seja, um equipamento a GN com um rendimento térmico relativo de 90%, 80%, 70%, 60% ou 50% em relação ao elétrico, utilizado como referência.

No GN, utilizando-se somente valores da COMGÁS (2008), temos faixas de consumo, onde a indústria que possuir maior consumo paga menos pelo metro cúbico de GN.

As informações da Figura 5.2.2.6 foram obtidas das seguintes consultas: COMGÁS (2008), ELEKTRO (2008), PIRATININGA (2008), BANDEIRANTE (2008), CPFL (2008) e ELETROPAULO (2008). Não foram encontradas informações a respeito das tarifas praticadas pela GÁS NATURAL (2007) em seu site. Mesmo encontrando as mesmas em CSPE (2007) o autor optou por não apresentá-la neste trabalho.

Na foi acrescentado nenhum custo de capital referente a filtros e capacitores, para maiores detalhes, vide análise realizada na estufa a seguir, por se um equipamento similar ao desengraxe, com resistências elétricas.

Nas **estufas por convecção térmica**, temos uma análise em particular que foi feita em uma única estufa.

Características da estufa elétrica convectiva analisada:

Este equipamento entrou em operação em 2004.

As especificações do equipamento analisado são as que se seguem na Tabela 5.2.2.4:

Tabela 5.2.2.4: Especificações Técnicas da Estufa Analisada

Descrição
capacidade de aquecer peças de até 300 mm de altura.
temperatura de trabalho variando de 180°C a 210°C.
temperatura de projeto variando de 250°C a 300°C.
potência instalada das resistências elétricas de 168,0 kW.
<ul style="list-style-type: none"> - divididas em 3 bancos: 72,0 kW, 48 kW e 48 kW. - acionamento por contactores. - contactores comandam cada metade dos bancos.
resistências elétricas de 2,0 kW, de inox, com 5,4 W/m ² .
ligação elétrica trifásica, tipo estrela, com 440V.
ligação elétrica para controles bifásica, com 220 V.
3 ventiladores para convecção / recirculação (3,0 CV).
2 ventiladores para exaustão (1,0 CV).
tempo de aquecimento: entre 60 e 90 min.

O equipamento deste caso é uma estufa de convecção, onde resistências elétricas aquecem o ar que é recirculado dentro do equipamento por 3 ventiladores, para evitar superaquecimento das resistências e, para homogeneizar a temperatura no interior da estufa.

Por uma esteira passam peças que necessitam ser aquecidas para que a resina existente no papel utilizado possa ser vaporizada.

Esta resina vaporizada é retirada da estufa através de 2 ventiladores de exaustão.

Informações Obtidas com o Fabricante da Estufa:

Segue resumo das informações coletadas junto ao fabricante da estufa, de acordo com Donadio e Prado (2006):

a) A mudança tecnológica de uma estufa elétrica para gás é possível de ser feita, mas, não é viável, economicamente para o GLP, segundo a experiência do fabricante. O motivo é que o custo de operação do GLP é similar ao custo da energia elétrica. A mudança tecnológica se torna viável quando se usa GN.

b) Quando a estufa é originalmente projetada para funcionar com a queima de gás, seu custo de capital aumenta em 5%, se comparado com o custo de capital da estufa elétrica. Este aumento decorre do acréscimo de material para garantir que a chama não entre em contato com

os gases voláteis que saem dos produtos aquecidos na estufa. O princípio de funcionamento é: a combustão aquece um trocador de calor e este aquece o ar no interior da estufa. Isto significa que as dimensões externas de uma estufa a gás são maiores.

c) É possível adicionar a tecnologia de combustão de gás em uma estufa originalmente elétrica. Mas o investimento necessário representaria 55% custo de capital de uma estufa nova, cerca de US\$ 25.000,00 para a estufa analisada, cujo custo de capital é cerca de US\$ 42.500,00.

d) É possível produzir uma estufa com ambas as tecnologias, ou seja, funcionaria com gás ou energia elétrica. O custo de capital é similar ao custo de uma estufa a gás, cabendo aqui, adicionar os itens elétricos que aumentam em 11% o custo final, totalizando US\$ 47.200,00 em um equipamento novo.

e) Para se estimar o consumo de gás de uma estufa, são utilizados os seguintes parâmetros: para o GLP o valor de PCI de 11.000 kcal/kg, sendo este um valor indicado no Anexo 1. E para o GN o PCS de 9.400 kcal/Nm³, de acordo com COMGÁS (2008) e de 8.400 kcal/Nm³, valor de PCS de acordo com Oliveira (2003), conhecedor deste valor utilizado por especialistas em projetos de equipamentos a GN.

f) Alternativas como utilizar o GLP ou GN somente para a partida não é viável, pois, o investimento necessário para a mudança, recai na condição já descrita de 55% do custo de uma estufa nova.

g) Com relação ao aumento da eficiência da atual estufa analisada, vários pontos podem ser modificados:

i. Automação da estufa, com o propósito de reduzir a demanda exigida na partida, ou seja, fazer a partida acontecer no momento mais adequado ao início do uso efetivo da estufa (colocação da carga de peças). Entraria também a substituição dos contactores por tiristores, totalizando um custo de US\$14.000,00.

ii. Alteração do procedimento utilizado na partida da estufa, onde não existe a necessidade de ser acionada a exaustão no primeiro momento. É obrigatório apenas o funcionamento da recirculação forçada, com a finalidade de evitar o superaquecimento das resistências e evitar uma possível combustão dos gases voláteis residuais.

iii. Alteração do procedimento utilizado na partida da estufa, onde as portas de entrada e saída podem ser fechadas parcialmente, e não deixadas abertas completamente, como foi constatado. O fechamento completo não é permitido, por razões de segurança. Mas, o fechamento parcial adequado a cada tipo de produto que está sendo aquecido é possível e resulta

em economia de energia. Obs.: as portas existentes possuem ajustes manuais de abertura e fechamento parcial.

Estufa na situação inicial:

Inicia-se o ensaio com a estufa desligada e na temperatura ambiente de 22°C. Instala-se o analisador de qualidade de energia no quadro de distribuição de energia elétrica dedicado à estufa. Liga-se a estufa, acionando todas as resistências, recirculação e exaustão ao mesmo tempo. No decorrer do tempo, registram-se as temperaturas dos bancos de resistências através dos termômetros existentes na própria estufa. Faz-se o levantamento da curva de aquecimento da estufa, juntamente com a análise da qualidade de energia. A integração utilizada no equipamento de medição foi de 15 minutos, simulando o medidor da concessionária. Na Figura 5.2.2.7, observa-se a queda da potência ao longo do tempo.

Figura 5.2.2.7 – Gráficos das potências [W] x tempo nas três fases [hora]

Na ordenada da Figura 5.2.2.7 tem-se a potência utilizada [W] em cada fase, medido pelo equipamento através dos canais 5, 6 e 7. Na abscissa tem-se o horário em que foram realizadas as medições, com intervalos de 15 minutos. A potência total da estufa é a somatória da potência das três fases. A alimentação da estufa é feita por uma instalação tipo estrela. As resistências funcionam on / off, ou seja, quando acionadas pelos respectivos contadores demandam potência máxima.

No início do ensaio constata-se que existe um pico de demanda, onde a potência total registrada é a soma de: 41.393 W + 39.353 W + 38.273 W, que resulta no valor de 119 kW.

Obs.1: Esta medida não atingiu o máximo de 168kW porque os bancos de resistências comandados por contactores ligam e desligam durante os 15 minutos de integração da primeira medida. O fato das resistências começarem a ciclar nos primeiros 15 minutos, sendo que a estufa não estava operando em regime permanente, é um indício de que a mesma está super dimensionada. Consta-se que o sistema de controle por contactores “on” / “off”, mesmo dividindo cada banco em duas partes, gera uma perda de energia, pois não permitem que a rampa de aquecimento seja uma rampa mais suave, evitando o pico de demanda ao ligar a estufa.

Obs.2: É possível ver em cada fase uma curva menor, com menos de 5.000 W cada uma. Estas curvas são da energia reativa produzida pela estufa convectiva.

Figura 5.2.2.8 – Curva de aquecimento da estufa [°C] x o tempo [min]

O painel de controle de temperatura estava configurado para as temperaturas de 190°C, 180°C e 180°C nos bancos de resistências denominadas de Temp 1, 2 e 3; respectivamente. Pela Figura 5.2.2.8, constata-se que a temperatura do banco 1 atinge o regime permanente, aproximadamente, após cerca de 20 minutos (barra vermelha) de ligada a estufa. Os bancos 2 e 3, após os 40 minutos (barra preta). A carga a ser aquecida na estufa é introduzida após 80 minutos (barra azul).

Constata-se também que não houve mudança significativa das potências com a introdução dos produtos a serem aquecidos após os 80 min. A saída do primeiro produto aquecido da estufa ocorreu após 98 min (o tempo de passagem de cada peça pelo interior da

estufa ocorre em 18 min). Neste período que as potências estavam próximas de um regime permanente, as máximas e mínimas registradas foram:

Fase 1: de 16.917 W a 18.836 W (variação de 1.919 W);

Fase 2: de 17.637 W a 19.436 W (1.799 W);

Fase 3: de 15.657 W a 17.277 W (variação de 1.620 W).

A média em cada fase destes seis valores multiplicados por três resulta em 52,9 kW, que é a potência estimada da estufa quando opera em um regime próximo ao permanente.

Estufa com melhoria na parte elétrica:

A estufa recebe uma mudança tecnológica em relação à energia elétrica, com a automação e colocação de tiristores; totalizando os US\$14.000,00.

Repete-se o ensaio, desligando a exaustão, com as portas fechadas e com a metade do banco 1 desligado. A potência total registrada é a soma de: 28.872 W + 27.210 W + 25.791 W, que resulta no valor de 81,9 kW, ou seja, 31% de redução da demanda na partida da estufa, que antes atingia 119 kW.

Com duas horas de ensaio, as potências registradas somam: 16.894 W + 15.647 W + 15.059 W, que resulta no valor de 47,6 kW, ou seja, 10% de redução do valor original de 52,9 kW.

Na Figura 5.2.2.9 podemos ver que a rampa inicial ficou menos acentuada. Outro ponto interessante foi que o aumento da energia reativa foi discreto, frente à redução de demanda e consumo proporcionada.

Figura 5.2.2.9 – Curva de potência ativa [W] maior (em preto) e reativa menor (azul) em cada fase

Análise Técnica, Econômica e Financeira das Opções Levantadas:

Dividimos aqui a análise em quatro grandes blocos:

- I) situação atual;
- II) mudança tecnológica da parte elétrica desta estufa analisada por tecnologia mais avançada;
- III) mudança tecnológica para combustão de gás.

Ao analisar os valores apresentados tem-se que confrontá-los com os preços teto praticados pelas concessionárias dentro da região proposta. Analisa-se neste caso o quadrilátero proposto e as concessionárias de energia elétrica existentes, conforme visto na Figura 4.1.3.

Constata-se que no quadrilátero proposto encontram-se 5 concessionárias de energia elétrica, sendo elas: AES Eletropaulo, Bandeirantes, CPFL, Piratininga e Elektro. Ressalta-se que todas tinham as tarifas praticadas para clientes A4, B3, mas nem todas informam em seus sites os valores para A3, A2 e A1.

A concessionária de GN utilizada foi a Comgás, pois a Gás Natural, que faz parte do quadrilátero, não apresentava suas tarifas teto praticadas para o setor industrial em seu site.

Tendo como base as informações levantadas nos sites das distribuidoras, e tendo como base um valor de conversão de energia de gás natural para energia elétrica, variando de uma relação de 1:1 até 1:0,5 referente ao rendimento térmico relativo entre os sistemas elétrico e à combustão, tem-se para uma potência de 47,6 kW funcionando por 16 horas diárias e 22 dias em um mês.

Foi adotado o valor de PCS do GN apresentado em COMGÁS (2007), considerando uma taxa de conversão de 1:1, depois alterando o PCS pelo valor de 8.400 kcal/m³ e na sequência fixando-se o PCS em 8.400 kcal/m³ e, na sequência, fixando-se o PCS em 8.400 kcal/m³ e variando a eficiência relativa ao sistema elétrico em: 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 e 0,5; ou seja, um equipamento a GN com um rendimento térmico relativo de 90%, 80%, 70%, 60% ou 50% em relação ao elétrico, utilizado como referência.

Constata-se que os valores das tarifas elétricas cobradas pelas concessionárias variam significativamente dentro da mesma faixa tarifária.

No GN, utilizando-se somente valores da COMGÁS (2007), temos faixas de consumo, onde a indústria que possuir maior consumo paga menos pelo metro cúbico de GN.

As informações da Tabela 4.2.7 foram obtidas das seguintes consultas: COMGÁS (2007), ELEKTRO (2007), PIRATININGA (2007), BANDEIRANTE (2007), CPFL (2007) e ELETROPAULO (2007). Não foram encontradas informações a respeito das tarifas praticadas

pela GÁS NATURAL (2007) em seu site. Mesmo encontrando as mesmas em CSPE (2007) o autor optou por não apresentá-la neste trabalho.

O gráfico a seguir, representa o custo de operação para este mesmo equipamento, de acordo com a concessionária de energia elétrica, para o GN da Comgás e para o GLP, considerando uma eficiência relativa de 0,8 e variando os preços do kg do GLP, como pode-se ver na Figura 5.2.2.10 :

Figura 5.2.2.10 – Gráfico do custo mensal de energia elétrica, GN e GLP

Observa-se que a mudança tecnológica é possível se a indústria tiver tarifa B3 ou A4. Nestas condições, mesmo com uma taxa de conversão térmica baixa, o gás natural possui custo menor, exceto para baixos consumos. O mesmo ocorre com o GLP, em preços praticados de R\$ 2,00 / kg, segundo BRANCACCI (2007).

O investimento necessário para a conversão é de US\$ 25.000,00 (ou R\$ 42.500,00). Considerando um custo médio de energia elétrica de R\$ 4.799,04 por mês de energia elétrica (A4 Verde da Bandeirantes) e um consumo de GN da faixa 6, com 80% de rendimento relativo, traria um diferencial de cerca de R\$ 2.316,69 por mês, ou seja, teria um pay back simples de 18,3 meses.

A mesma situação, considerando agora um custo mensal de R\$ 6.213,67 com energia elétrica (B3 da CPFL) e uma classe 11 do GN Comgás (80% de eficiência em relação ao

elétrico), resultaria um diferencial de cerca de R\$ 4.771,15; o que apresentaria em pay back simples de 8,9.

Resultados Obtidos para a Metodologia de Qualidade de Energia

Resultados encontrados ao medir a estufa convectiva que possui resistências elétricas, seguindo a metodologia descrita no item 3.3 e a discussão dos mesmos são os que se seguem.

Existe uma limitação no equipamento de ensaio de qualidade de energia (Analyst 3Q da LEM/MINIPA) em tensões até 600 V e 3000 A, desta forma, somente foi possível realizar os ensaios em baixa tensão após a saída dos transformadores, nos quadros gerais de distribuição:

QGBT-4 440V											
	V	KA	THD (V)	THD (A)	KW	KVA	Fp	cos ϕ	KVAr	θ fase (V)	θ fase (I)
L1	259,80	0,824	1,80%	2,40%	210,000	211,000	0,995	0,995	20,000	0°	0°
L2	260,30	0,835	1,80%	2,50%	211,000	215,000	0,979	0,979	44,000	120,3°	127,9°
L3	259,60	0,757	1,50%	2,00%	194,000	196,000	0,987	0,986	32,000	240,2°	245,2°
	2,416		Neutro= 0,8%		615,00	622,00			96,00		

A soma total das correntes do transformador QGBT-4 é: 2.416 A.

A média das tensões entre fase e neutro é: 259,9 V, ou entre fases de: 450 V.

A média dos valores de $\cos \phi = 0,987$.

$\phi = 9,367^\circ$.

A média ponderada pela corrente de todos os $Fp = PF = 0,987$.

Tem-se então que a potência ativa através de 2 formas = $V.I. \cos \phi = 619,76 \text{ kW}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **615,00 kW**

A potência reativa = $V.I. \sin \phi = 102,20 \text{ kVAr}$ e somando os valores medidos em cada fase, que consideram a influência das harmônicas = **96,00 kVAr**

A potência aparente = $V.I = 627,92 \text{ kVA}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **622,00 kVA**

Retira-se a média do THD(A), aqui definido como $THD_{(I)}$, das harmônicas de corrente de cada fase do transformador e calcula-se a média pela corrente total de cada transformador:

$$THD_{(I)} \text{ médio medido} = (2,4\% \times 824,0 \text{ A} + 2,5\% \times 835,0 \text{ A} + 2,0\% \times 757,0 \text{ A}) / 2.416,0$$

A

$$THD_{(I)} \text{ médio medido} = 2,31 \% = 0,0231$$

Da equação 16 tem-se:

$$I_{\text{trueRMSI}} = \sqrt{\sum (I_{\text{outras}})^2 \times \left(1 + \frac{1}{(\text{THD}_I)^2}\right)}$$

Calcula-se $\Sigma I_{\text{outras}} = 55,79 \text{ A}$.

Da equação 14 tem-se: $I_{\text{true RMS}} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \Sigma (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$

Calcula-se: $I_{\text{fundamental}} = 2.360,21 \text{ A}$.

O equipamento, uma estufa convectiva, apresentou as seguintes medições em funcionamento:

Estufa Elemento 1 - 440V entre fases											
	V (F/N)	kA	THD (V)	THD (A)	KW	KVA	PF	cos φ	KVAr	θ fase (V)	θ fase (A)
L1	260,70	0,090	0,90%	3,20%	26,000	26,000	0,997	0,999	0,000	0,0°	0,0°
L2	260,10	0,066	1,50%	2,00%	19,000	19,000	0,998	0,996	2,000	238,7°	245,6°
L3	256,20	0,092	1,10%	4,10%	25,000	26,000	0,967	0,969	7,000	119,8°	132,6°
		0,248	Neutro= 0,0%		70,00	71,00	0,987	0,988	9,00		

Somam-se as correntes das três fases medidas na estufa, todas True RMS:

$$I1 + I2 + I3 = 0,248 \text{ kA} = 248,0 \text{ A}$$

A média das tensões entre fase e neutro é: 259,0 V, ou entre fases de: 448,6 V.

Praticamente a mesma da média dos transformadores.

A média de todos os valores de $\cos \phi = 0,988$.

$$\phi = 8,885^\circ$$

A média do $F_p = PF = 0,987$.

Tem-se então que a potência ativa = $V.I. \cos \phi = 63,46 \text{ kW}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **70,00 kW**.

Tem-se então que a potência reativa = $V.I. \sin \phi = 9,92 \text{ kVAr}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **9,00 kVAr**.

Tem-se então que a potência aparente = $V.I = 64,23 \text{ kVA}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **71,00 kVA**.

Retira-se a média ponderada pelas corrente do $\text{THD}(A)$, aqui definido como $\text{THD}_{(I)}$, das harmônicas de corrente de cada fase da estufa:

$$\text{THD}_{(I)} \text{ médio medido} = 3,21\%$$

$$\text{Da equação 16 tem-se: } I_{\text{true RMSI}} = [\Sigma (I_{\text{outras}})^2 \times (1 + 1/\text{THD}(I)^2)]^{1/2}$$

Calcula-se $\Sigma I_{\text{outras}} = 7,97 \text{ A}$.

$$\text{Da equação 14 tem-se: } I_{\text{true RMS}} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \Sigma (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$$

Calcula-se $I_{\text{fundamental}} = 247,87 \text{ A}$.

Tem-se a base de informação para calcular a situação do Resto. Utiliza-se o pior valor para cálculo do FP, de forma que este seja o maior possível, como se segue:

Da equação 11, tem-se: $P_{\text{total}} = \Sigma (P_{\text{estufa}} + P_{\text{Resto}})$

Considerando que a Figura 1.4.4 é válida, $S_{\text{total}}^2 = P_{\text{total}}^2 + Q_{\text{total}}^2$

Mas, $S_{\text{total}} = S_{\text{estufa}} + S_{\text{Resto}}$, onde a soma é vetorial e válida se as ondas forem senoidais.

Da Figura 2.3.3 tem-se também que $P_{\text{total}} = P_{\text{estufa}} + P_{\text{Resto}}$ e $Q_{\text{total}} = Q_{\text{estufa}} + Q_{\text{Resto}}$.

$P_{\text{Resto}} = V_{\text{Resto}} \times I_{\text{Resto}} \times \cos\Phi_{\text{Resto}} = 619,76 - 63,46 = 556,3 \text{ kW}$ ou $615,0 - 70,00 = 545$

kW

$Q_{\text{Resto}} = V_{\text{Resto}} \times I_{\text{Resto}} \times \sin\Phi_{\text{Resto}} = 102,20 - 9,92 = 92,28 \text{ kVAr}$ ou $96,0 - 9,00 = 87$

kVAr

$S_{\text{Resto}}^2 = (P_{\text{Resto}}^2 + Q_{\text{Resto}}^2)^{1/2} = (556,3^2 + 92,28^2)^{1/2} = 563,9 \text{ kVA}$ ou $(545^2 + 87^2)^{1/2} = 551,9 \text{ kVA}$

$\cos\Phi_{\text{Resto}} = 0,986$ ou $0,987$

$\Phi_{\text{Resto}} = 9,42^\circ$ ou $9,07^\circ$

Consideramos aqui o pior caso, ou seja, onde o $\cos\Phi_{\text{Resto}}$ é menor = 0,986. A mudança tecnológica não afeta o Fp, pois, não reduz para um número menor que 0,92. Isto significa que não será necessário fazer investimentos em bancos de capacitores, por exemplo, na mudança tecnológica.

Da equação 13, tem-se:

$I_{\text{fundamental total}} \times \cos\Phi_{\text{total}} = I_{\text{fundamental estufa}} \times \cos\Phi_{\text{estufa}} + I_{\text{fundamental Resto}} \times \cos\Phi_{\text{Resto}}$

$2.360,21 \times 0,987 = 247,87 \times 0,988 + I_{\text{fundamental Resto}} \times 0,956$

$I_{\text{fundamental Resto}} = 2.180,58 \text{ A}$.

Da equação 14, tem-se: $I_{\text{true RMS}} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \Sigma (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$

Calcula-se $I_{\text{true RMS}} = I_{\text{Resto}} = 2.180,58 - 247,87 = 1.932,71 \text{ A} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \Sigma (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$

$\Sigma (I_{\text{outras}})^2 = (2.360,21^2 \text{ A}) - (2.180,58^2 \text{ A})$

$\Sigma (I_{\text{outras}}) = 903,14 \text{ A}$.

Da equação 15, tem-se:

$\text{THD}(I_{\text{Resto}}) = ((903,14)/2.360,21) \times 100 = 38,27\%$

Este valor está acima do limite de 10% recomendável e, portanto será necessário ser feita a colocação de filtros.

Existem filtros no mercado que trabalham com correntes diferentes da fundamental, ou seja, se dividem em 25 A de I_{outras} , 50 A, 100 A, 150 A, 200 A e 300 A. Os preços respectivos são: R\$ 21.824, 00; R\$ 22.100,00; R\$ 38.525; R\$ 43.162, 00; R\$ 68.656, 00; R\$ 79.312,00; de acordo com Carvalho (2008).

No caso analisado acima, foi feita a medição em apenas um transformador, sendo que a empresa possui um total de seis transformadores de 440 V. Se a substituição da eletrotermia se der em apenas esta estufa, com certeza existirá a diluição das harmônicas. Não podemos somar as medidas individuais dos transformadores, pois a fase das correntes pode não ser as mesmas. Mas fazendo um exercício, caso fosse possível, o resultado é o que se segue:

Transformador alugado 440V

	V	kA	THD _(V)	THD _(I)	kW	kVA	PF	cos ϕ	kVAr	θ fase (V)	θ fase (I)
L1	260,70	0,573	0,90%	1,30%	144,000	151,000	0,958	0,953	45,000	0°	0°
L2	260,40	0,578	1,20%	1,40%	147,000	152,000	0,963	0,959	43,000	239,4°	238,1°
L3	259,70	0,574	0,90%	1,20%	145,000	151,000	0,965	0,961	41,000	119,5°	117,6°
1,725			Neutro= 0,5%		436,00	454,00	0,962	0,958	129,00		

QGBT-1 440V

	V	kA	THD _(V)	THD _(I)	kW	kVA	PF	cos ϕ	kVAr	θ fase (V)	θ fase (I)
L1	259,00	66,000	1,90%	3,30%	10,00	10,400	0,961	0,967	2,600	0°	0°
L2	260,50	69,800	2,00%	3,50%	11,50	12,600	0,909	0,914	5,100	119,7°	126,3°
L3	260,20	79,300	1,90%	3,70%	8,60	10,100	0,850	0,858	5,100	240,2°	249,1°
			Neutro= 15,5%		30,10	33,10	12,80				

QGBT-4 440V

	V	kA	THD _(V)	THD _(I)	kW	kVA	PF	cos ϕ	kVAr	θ fase (V)	θ fase (I)
L1	259,80	0,824	1,80%	2,40%	210,000	211,000	0,995	0,995	20,000	0°	0°
L2	260,30	0,835	1,80%	2,50%	211,000	215,000	0,979	0,979	44,000	120,3°	127,9°
L3	259,60	0,757	1,50%	2,00%	194,000	196,000	0,987	0,986	32,000	240,2°	245,2°
			Neutro= 0,8%		615,00	622,00	96,00				

QGBT-6 440V

	V	kA	THD _(V)	THD _(I)	kW	kVA	PF	cos ϕ	kVAr	θ fase (V)	θ fase (I)
L1	262,00	0,536	1,40%	5,80%	107,000	110,000	0,973	0,973	25,000	0°	0°
L2	265,10	0,465	1,90%	7,30%	91,000	96,000	0,946	0,947	31,000	119,4°	123,5°
L3	264,90	0,516	1,50%	6,40%	100,000	101,000	0,990	0,992	12,000	240,1°	233,7°
			Neutro= 1,4%		298,00	307,00	68,00				

A soma total de todas as correntes dos transformadores em paralelo é: 5.873,1 A.

A média das tensões entre fase e neutro é: 261,0 V, ou entre fases de: 452 V.

A média ponderada pela corrente de todos os valores de $\cos \phi = 0,957$.

$\phi = 16,863^\circ$.

A média ponderada pela corrente de todos os $F_p = PF = 0,972$.

Tem-se então que a potência ativa através de 2 formas = $V.I. \cos \phi = 1.466,97 \text{ kW}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **1.379,10 kW**

A potência reativa = $V.I. \sin \phi = 444,67 \text{ kVAr}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **305,8 kVAr**

A potência aparente = $V.I = 1.532,88 \text{ kVA}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **1.416,1 kVA**

Retira-se a média do THD(A), aqui definido como $\text{THD}_{(I)}$, das harmônicas de corrente de cada fase de cada transformador e, calcula-se a média ponderada pela corrente total de cada transformador:

$\text{THD}_{(I)}$ médio medido = $(1,3\% \times 1.725 \text{ A} + 3,5\% \times 215,1 \text{ A} + 2,3\% \times 2.416 \text{ A} + 6,5\% \times 1.517 \text{ A}) / 5.873,1 \text{ A}$

$\text{THD}_{(I)}$ médio medido = 3,135 %

Da equação 16 tem-se: $I_{\text{true RMS}} = [\sum (I_{\text{outras}})^2 \times (1 + 1/\text{THD}(I)^2)]^{1/2}$

Calcula-se $\sum I_{\text{outras}} = 184,03 \text{ A}$.

Da equação 14 tem-se: $I_{\text{true RMS}} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \sum (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$

Calcula-se: $I_{\text{fundamental}} = 5.870,22 \text{ A}$.

O equipamento, uma estufa convectiva, apresentou as seguintes medições em funcionamento:

Estufa Elemento 1 - 440V entre fases											
	V (F/N)	kA	THD (V)	THD (A)	KW	KVA	PF	cos ϕ	KVAr	θ fase (V)	θ fase (A)
L1	260,70	0,090	0,90%	3,20%	26,000	26,000	0,997	0,999	0,000	0,0°	0,0°
L2	260,10	0,066	1,50%	2,00%	19,000	19,000	0,998	0,996	2,000	238,7°	245,6°
L3	256,20	0,092	1,10%	4,10%	25,000	26,000	0,967	0,969	7,000	119,8°	132,6°
	0,248		Neutro= 0,0%		70,00	71,00	0,987	0,988	9,00		

Somam-se as correntes das três fases medidas na estufa, todas True RMS:

$I1 + I2 + I3 = 0,248 \text{ kA} = 248,0 \text{ A}$

A média das tensões entre fase e neutro é: 259,0 V, ou entre fases de: 448,6 V. Praticamente a mesma da média dos transformadores.

A média de todos os valores de $\cos \phi = 0,988$.

$\phi = 8,885^\circ$.

A média do FP = PF = 0,987.

Tem-se então que a potência ativa = $V.I. \cos \phi = 63,46 \text{ kW}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **70,00 kW**.

Tem-se então que a potência reativa = $V.I. \sin \phi = 9,92 \text{ kVAr}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **9,00 kW**.

Tem-se então que a potência aparente = $V.I = 64,232 \text{ kVA}$ e somando os valores medidos, que consideram a influência das harmônicas = **71,00 kVA**.

Retira-se a média ponderada pelas corrente do THD(A), aqui definido como $\text{THD}_{(I)}$, das harmônicas de corrente de cada fase da estufa:

$$\text{THD}_{(I)} \text{ médio medido} = 3,21\%$$

$$\text{Da equação 16 tem-se: } I_{\text{true RMSI}} = [\sum I_{\text{outras}}]^2 \times (1 + 1/\text{THD}(I)^2)^{1/2}$$

$$\text{Calcula-se } \sum I_{\text{outras}} = 7,97 \text{ A.}$$

$$\text{Da equação 14 tem-se: } I_{\text{true RMS}} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \sum (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$$

$$\text{Calcula-se } I_{\text{fundamental}} = 247,87 \text{ A.}$$

Tem-se a base de informação para calcular a situação do Resto. Utiliza-se o pior valor para cálculo do FP, de forma que este seja o maior possível, como se segue:

$$\text{Da equação 11, tem-se: } P_{\text{total}} = \sum (P_{\text{estufa}} + P_{\text{Resto}})$$

$$\text{Considerando que a Figura 1.4.4 é válida, } S_{\text{total}}^2 = P_{\text{total}}^2 + Q_{\text{total}}^2$$

Mas, $S_{\text{total}} = S_{\text{estufa}} + S_{\text{Resto}}$, onde a soma é vetorial e válida se as ondas forem senoidais.

$$\text{Da Figura 1.4.4 tem-se também que } P_{\text{total}} = P_{\text{estufa}} + P_{\text{Resto}} \text{ e } Q_{\text{total}} = Q_{\text{estufa}} + Q_{\text{Resto}}.$$

$$P_{\text{Resto}} = V_{\text{Resto}} \times I_{\text{Resto}} \times \cos\Phi_{\text{Resto}} = 1.466,97 - 63,46 = 1.403,51 \text{ kW ou } 1.379,1 - 70,00 = 1.309,1 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Resto}} = V_{\text{Resto}} \times I_{\text{Resto}} \times \sin\Phi_{\text{Resto}} = 444,67 - 9,92 = 434,75 \text{ kVAr ou } 305,8 - 9,00 = 296,80 \text{ kVAr}$$

$$S_{\text{Resto}}^2 = (P_{\text{Resto}}^2 + Q_{\text{Resto}}^2)^{1/2} = (1.403,51^2 + 434,75^2)^{1/2} = 1.469,30 \text{ kVA ou } (1.309,1^2 + 296,80^2)^{1/2} = 1.342,32 \text{ kVA}$$

$$\cos\Phi_{\text{Resto}} = 0,956 \text{ ou } 0,973$$

$$\Phi_{\text{Resto}} = 17,06^\circ \text{ ou } 13,34^\circ$$

Consideramos aqui o pior caso, ou seja, onde o $\cos\Phi_{\text{Resto}}$ é menor = 0,956. A mudança tecnológica não afeta o FP, pois não reduz para um número menor que 0,92. Isto significa que não será necessário fazer investimentos em bancos de capacitores, por exemplo, na mudança tecnológica.

Da equação 13, tem-se:

$$I_{\text{fundamental total}} \times \cos\Phi_{\text{total}} = I_{\text{fundamental estufa}} \times \cos\Phi_{\text{estufa}} + I_{\text{fundamental Resto}} \times \cos\Phi_{\text{Resto}}$$

$$5.870,22 \times 0,957 = 247,87 \times 0,988 + I_{\text{fundamental Resto}} \times 0,956$$

$$I_{\text{fundamental Resto}} = 5.620,19 \text{ A.}$$

Da equação 14, tem-se: $I_{\text{true RMS}} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \Sigma (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$

Calcula-se $I_{\text{true RMS}} = I_{\text{Resto}} = 5.873,1 - 248,0 = 5.625,1 \text{ A} = [(I_{\text{fundamental}})^2 + \Sigma (I_{\text{outras}})^2]^{1/2}$

$\Sigma (I_{\text{outras}})^2 = (5.625,1^2 \text{ A}) - (5.620,19^2 \text{ A})$

$\Sigma (I_{\text{outras}}) = 234,98 \text{ A}$.

Da equação 15, tem-se:

$\text{THD}(I_{\text{Resto}}) = ((234,98)/5.620,19) \times 100 = 4,18\%$

Com a eliminação da carga da estufa, o novo $\text{THD}(I_{\text{total}}) = \text{THD}(I_{\text{Resto}}) = 4,18\%$. Houve um aumento no valor do THD, mas está dentro da faixa de 10%, desta forma, não impacta na qualidade de energia de forma significativa e, portanto, não há necessidade de ser feito investimentos em filtros de harmônicos.

Comprova-se, neste caso, que ocorre a diluição do fator de potência e das harmônicas. A recomendação é que sejam feitas novas medições após a substituição da eletrotermia no equipamento analisado. As harmônicas de corrente, mesmo acima do recomendado, não irão provocar picos ou cristas acima dos valores que a instalação consiga absorver, devido à redução da carga (ou seja, corrente fundamental). Desta forma a empresa poderá comprovar com novas medições a diluição prevista pela metodologia desenvolvida.

Mas, fica o alerta para que se for feita a conversão não de apenas um equipamento, mas de todos os equipamentos similares, que representam 28% da demanda da empresa, então possivelmente haverá a necessidade de se colocar filtros de harmônicas e também de capacitores, tendo em vista que a empresa tem perfil indutivo.

Lições Aprendidas:

A mudança tecnológica, ou acréscimo da tecnologia de combustão, nem sempre compensa. Vários fatores influenciam nos cálculos, como a quantidade total de gás a ser consumida pela empresa, o poder de negociação com as concessionárias (utilizados os valores tetos, entretanto, no mercado industrial, descontos são praticados no GN e na energia elétrica - EST). Existe a resistência por parte da empresa em relação à mudança de tecnologia, sendo que, o que se busca é acrescentar outra tecnologia para permitir flexibilidade de utilização de energéticos diferentes e, com isto, aumentar o poder de negociação com as concessionárias.

Outro ponto de extrema relevância na viabilidade da mudança tecnológica é em qual tipo de tarifa elétrica e classe de consumo de GN a que a indústria está, além do local físico, pois, existem diferenças tarifárias consideráveis quando se tratam de concessionárias diferentes, para uma mesma banda tarifária. De qualquer modo, a mudança tecnológica só é viável se apresentar

uma redução significativa nos custos mensais, fato que só é possível quando temos indústrias na tarifação B3 e A4.

Pela experiência deste caso, constata-se que os executivos estão muito receosos no que se refere à mudança de tecnologia, principalmente para o GN, devido aos acontecimentos recentes com a Bolívia e, a ameaça de racionamento de GN e a tendência de aumento dos preços. Os executivos buscam a versatilidade e a redundância em seus processos. Não gostam de ficarem dependentes de um único fornecedor. Portanto, da mesma forma que o consumidor busca um carro “flex fuel”, os executivos buscam este mesmo conceito para o energético que possa ser utilizado.

5.2.3 Perfumaria e Cosmético

Dados gerais da empresa de cosmético e perfumaria:

A empresa em questão é fabricante de sabonetes, condicionadores e shampoo para hotéis.

Os processos produtivos encontrados são apresentados nas Figuras 5.2.3.1, 2 e 3:

Figura 5.2.3.1: Processo produtivo do Sabonete Normal (sem glicerina)

Figura 5.2.3.2: Processo produtivo do Sabonete Glicerinado

Figura 5.2.3.3: Processo produtivo do Shampoo, Creme Hidratante e Sabonete Líquido
 Dos processos existentes, os que são eletrotérmicos são:

Reatores: vasos para aquecimento da mistura de cremes hidratantes e sabonete de silicone a 85°C, onde resistências elétricas aquecem uma camisa com água que envolve o tanque para o aquecimento da matéria-prima;

Injetoras/sopradoras de embalagens plásticas: o aquecimento do polímero é feito com resistências elétricas e existe ainda a necessidade se ser utilizada água gelada para o resfriamento do molde (após a injeção das peças) para que as peças possam ser retiradas do mesmo.

Estudo do histórico das contas de energia elétrica: vide Figura 5.2.3.4:

Figura 5.2.3.4: Histórico do Consumo em kWh e valores em R\$ pagos

Constata-se uma periodicidade de consumo com crescimento de maio a junho, mantendo-se em julho e com queda acentuada em agosto. De agosto a novembro um crescimento contínuo, seguido por uma queda constante de novembro a janeiro. De janeiro a março uma manutenção com tendência de queda. Em abril e maio consumos menores. O mês crítico, sem dúvida nenhuma, é outubro, o qual se reflete na conta de novembro.

As causas para tal efeito são: o aumento da produção no mês de outubro (que resulta no aumento da conta de energia de novembro) somado ao fato de ser um mês quente, onde o ar condicionado é mais utilizado.

Medição em loco da potência e consumo dos principais equipamentos elétricos da produção, do medidor da concessionária e levantamento de todos os equipamentos elétricos existentes:

Medições no Medidor da Concessionária:

Foi feita a medição na entrada de energia elétrica com o analisador de qualidade de energia. Divide-se a medição em 3 partes.

a) A primeira parte: com o aparelho fazendo integração a cada segundo, iniciou-se a medição quando a empresa estava apenas com algumas luzes acesas. A curva de tensão e corrente é a que se segue na Figura 5.2.3.5:

Figura 5.2.3.5: Curvas das tensões e correntes das 3 fases e neutro.

As curvas das potências ativa e reativa são as que se seguem na Figura 5.2.3.6a:

Figura 5.2.3.6a: Curvas das potências ativas (preto) e reativas (azul) das 3 fases.

b) A segunda parte: com o aparelho fazendo integração a cada 15 minutos (simulando o que ocorre no medidor da concessionária), iniciou-se a medição na sequência da primeira. A curva de tensão e corrente é a que se segue na Figura 5.2.3.6b:

Figura 5.2.3.6b: Curvas das tensões e correntes das 3 fases e neutro.

As curvas das potências ativas e reativas correspondentes a esta segunda fase de medição são as que se seguem na Figura 5.2.3.7:

Figura 5.2.3.7: Curvas das potências ativas (preto) e reativas (azul) das 3 fases.

Pode-se constatar que as curvas (de cada fase) têm um crescimento constante nas primeiras horas da manhã e atingem o patamar máximo as 7:45h.

c) Terceira: com o aparelho fazendo integração em 15 minutos (simulando o que ocorre no medidor da concessionária), iniciamos a medição na sequência da segunda. A curva de tensão e corrente é a que se segue na Figura 5.2.3.8:

Figura 5.2.3.8: Curvas das tensões e correntes das 3 fases e neutro.

As curvas das potências ativas e reativas são as que se seguem na Figura 5.2.3.9:

Figura 5.2.3.9: Curvas das potências ativas (preto) e reativas (azul) das 3 fases.

Interrompe-se a medição as 18:45 h, pois, as atividades que teriam continuidade até as 22:00 h (e apenas estas) já estavam ocorrendo desde as 17:30 h. Com isto, tem-se um patamar de referência de mais de 1 hora para definição do consumo e da demanda entre as 18:45 h e 22:00 h.

Constata-se, nas curvas apresentadas acima, que o aumento da utilização de equipamentos (aumento da corrente e potência) provoca uma queda acentuada da tensão (acima

dos 3% recomendáveis). Isto comprova que os cabos existentes estão trabalhando acima de sua capacidade de utilização de projeto.

Para caracterizarmos a demanda de cada momento, temos a seguinte seqüência:

Das 5:00h as 6:00h: um patamar de 30 kVA.

Das 6:00h as 7:45h: uma curva de crescimento constante entre 30 kVA até atingir 120 kVA.

Das 7:45h as 12:00h: um patamar de 120 kVA.

Das 12:00h as 13:00h: uma queda constante de 120 kVA para 90 kVA

Das 13:00h as 13:00h: um crescimento até atingir ,novamente, 120 kVA.

Das 13:30h as 16:00h: um patamar médio de 120 kVA.

Das 16:00h as 17:30h: uma queda constante até atingir 80 kVA.

Das 17:30h as 22:00h: um patamar de 80 kVA.

Desta forma, é construído o seguinte gráfico de potência total que será utilizado nossos cálculos de tarifa, como apresentado na Figura 5.2.3.10:

Figura 5.2.3.10: Curva de kVA médio de um dia da empresa.

Considerando o seguinte sistema de funcionamento da empresa:

sábado	semana		Horas trabalhadas no mês		22 dias úte
Horário	Horário	Turnos	por dia	por mês	
igual, alternados	6h a 22h	2 Injet. E Sopradoras	16	384	
igual, alternados	6h a 22h	2 Compressores e torre de resfrição	16	384	
igual, alternados	7h a 17h	1 restantes da produção	10	236	
não	8h a 18h	1 administrativos	10	216	

Obs.: os de 1 turno saem na sexta as 16h e 17h respectivamente.

Tem-se um consumo mensal projetado por este dia de medição de 36.000 kWh, valor muito próximo do pico encontrado no mês de outubro/05 (conta de novembro/05).

Medições e Levantamento das Cargas:

Salienta-se que nenhum ar condicionado foi ligado durante o dia dos testes e medições. Alguns equipamentos não funcionaram, como por exemplo: a injetora número 3 (pequena), que foi ligada apenas para medirmos seu consumo e, desligada na seqüência; funcionaram apenas 2 reatores.

Os compressores funcionam em revezamento (devido à redundância) e devem ser computados uma única vez no levantamento das cargas.

O refrigerador mais novo e a torre menor não funcionam e não foram computados nas cargas existentes.

A seguir têm-se os levantamentos dos principais equipamentos da produção apresentados na Tabela 5.2.3.1:

Tabela 5.2.3.1: Potência dos equipamentos

Setor	Cargas	Potência(W)	Potên. Tot.(kW)	Observações
Injet. e Sopradoras	injetora 1	25.457	81,47	Medidas de pico (processo cíclico)
	injetora 2	7.430		
	injetora 3	15.268		
	sopradora 1	17.169		
	sopradora 2	16.142		
Moinho e Refrigeração	moinho	5.080	29,54	Moinho medido com carga
	compressor	11.838		
	torre de resfriamento	12.624		
Shamp. Cond e Hidr	reator 18.000 W	17.930	45,89	Não foi medida a resistência de um dos reatores (vermelho)
	reator 18.000 W	17.893		
	reator sem placa	6.517		
	fusor	3.552		
Envase	maq. de envase 395	1.022	4,09	Considerado 4 x 1,022
	maq. de envase	152		
	maq. de envase	178		
	maq. de envase	não medido		
Sabonete	estrusora nova	não medido	12,50	Equipamentos que não foram medidos não foram computados
	estrusora velha	4.108		
	mesa de corte	1.055		
	prensa 1	não medido		
	prensa 2	2.330		
	prensa 3	567		
	prensa 4	1.042		
	Embrulhadora 1	898		
	Embrulhadora 2	2.505		
Equipamentos		Total [kVA]	173,49	

O grupo das injetoras e sopradoras são os que atingiram o maior consumo. São máquinas que tem um ciclo de operação e estes valores foram medidos no pico de seus ciclos. Existem variações de consumo, provavelmente, devido ao grau de exigência que cada equipamento estava sendo submetido no momento de fazer as peças, ou seja, um mesmo equipamento pode ser, mais ou menos exigido, de acordo com o tipo de peça que está sendo produzido.

No segundo grupo de consumo, os reatores e o fusor, têm em vermelho um dos reatores onde não foi medido a o consumo da resistência elétrica, apenas o motor (que foi medido em vazio). Este reator possui dados de placa e se somado o consumo do motor e resistência chega próximo do valor de placa de 18.000 W. Com o equipamento cheio, o consumo do motor aumenta e o valor de 18.000 W irá ocorrer.

A Matriz de Energia Elétrica de Demanda da empresa é representada a seguir na Figura 5.2.3.11:

Figura 5.2.3.11: Matriz de Demanda

Para chegarmos neste gráfico, considera-se a seguinte divisão de demanda da Tabela 5.2.3.2:

Tabela 5.2.3.2: Distribuição da Demanda em kW

Matriz de Demanda [kW]	Uso Final
91,7	Calor
42,2	Frio
94,2	Movimento
15,8	Iluminação
38,5	Tomadas
11,5	Computador / Impress.

A Matriz de Energia Elétrica de Consumo da empresa é representada a seguir pela Figura 5.2.3.12:

Figura 5.2.3.12: Matriz de Consumo

Para construí-la, utiliza-se a seguinte composição de consumo, como pode ser visto na Tabela 5.2.3.3:

Tabela 5.2.3.3: Distribuição de Consumo em kWh

Matriz de Consumo [kWh]	Uso Final
15.019	Calor
11.535	Frio
11.113	Movimento
3.722	Iluminação
154	Tomadas
2.484	Computador / Impress.

Lições Aprendidas:

O percentual de eletrotermia varia ao longo do ano, pois, no momento que foram realizadas as medições, não estavam em funcionamento os aparelhos de ar condicionado. Além de variar segundo as oscilações da produção e mix de produtos.

Foi constatada uma presença significativa da eletrotermia nos processos produtivos, sendo este percentual de **31,2% da demanda e 34,1% do consumo** durante as medições efetuadas.

Porém, a eletrotermia existente não pode ser totalmente substituída. As máquinas injetoras/sopradoras possuem aquecimento por resistência elétrica para aquecer o plástico e, ao mesmo tempo, têm fluxo de água gelada para resfriar os moldes que já foram injetados e desprender as peças injetadas. Este tipo de aquecimento é muito difícil de ser substituído, devido ao controle da temperatura ter um ajuste fino, se comparado com uma forma de substituição que seria com o uso de fluídos térmicos. Este fluído não poderia ser a água, dada as temperaturas serem acima de 140°C. Tem-se o aquecimento de óleo, sendo que já existem pesquisas em andamento na Universidade de Santa Catarina através de verbas da Petrobrás, segundo Lodi (2004).

Com relação aos reatores, estes sim podem utilizar o aquecimento através do aquecimento indireto da água, que pode ainda estar presente em um circuito fechado e, com a convecção, aumentar a troca térmica nas camisas dos vasos existentes. Trata-se de uma solução de engenharia para adaptar tecnologia já existente aos equipamentos atuais, com uma vantagem: a de adicionar uma forma de energia possível, que seria a queima direta em aquecedores de passagem em um equipamento elétrico, sendo que toda a instalação elétrica pode permanecer no equipamento, tornando este “flex”. Os reatores somam um total de 45 kW a funcionar por 12 horas por dia. O custo atual do kWh é de R\$ 0,25621. **Existe o potencial real de 15,3% de substituição da demanda total por gases combustível.**

Além da substituição pela queima direta, tem-se a utilização de um equipamento de absorção conjugado com uma bomba de calor, como pode ser visto em detalhe no ANEXO 2 (Equipamento Robur). Este equipamento, além de auxiliar na substituição da eletrotermia, pode eliminar a energia elétrica gasta hoje com torres de resfriamento, além de eliminar a perda de água do processo que utiliza a torre. No caso do Calor e Frio, tem-se o seguinte circuito a seguir da Figura 5.2.3.13:

Figura 5.2.3.13: Representação dos circuitos de refrigeração e aquecimento

A água que entra no reator hoje, junto com a mistura, está à temperatura ambiente. Esta água também pode ser aquecida previamente. Além de economizar energia, temos também a redução do tempo nos preparos dos produtos. A temperatura desta água de mistura pré-aquecida e sua respectiva quantidade devem ser definidas pelas técnicas e técnicos da empresa.

O diagrama a seguir exemplifica a mudança proposta na Figura 5.2.3.14:

Figura 5.2.3.14: Representação da mudança tecnológica

Outro ponto de redução é com relação ao resfriamento da torre e geladeira. O seguinte diagrama mostra a situação atual na Figura 5.2.3.15:

Figura 5.2.3.15: Diagrama do sistema de refrigeração da água.

Um equipamento Robur, conforme descrito no Anexo 2, poderia ser usado, produzindo 5 TR, mais a produção de água quente, acumulando em dois reservatórios (água quente e água fria), substituindo o sistema atual e as torres de resfriamento.

O custo estimado para a implantação do Robur, além do aquecimento direto nos reatores e fusor é de R\$ 52.500,00, considerando a instalação. Com a eletrotermia é gasto mensalmente R\$ 3.043,77. Considerando um rendimento relativo de 0,8, com o preço do GLP de R\$ 2,00 / kg, tem-se um novo custo operacional de R\$ 2.322,00.

A diferença de custo operacional é de R\$ 721,77 o que resulta em um “pay back” simples de 72,7 meses; além do limite considerado pela empresa que é de 24 meses.

5.2.4 Medicamentos de Uso Humano 1

Análise prévia: em linhas gerais, o setor farmacêutico é concentrado em um número pequeno de empresas que fornecem medicamentos para todo o mundo.

É caracterizado por ter altos investimentos em pesquisa, pois, o sucesso deste setor depende do atendimento das necessidades dos consumidores doentes no que se refere à saúde. Este tipo de pesquisa, com o desenvolvimento de novas substâncias e/ou fórmulas farmacêuticas são demoradas, com baixo grau de sucesso, muito dispendioso. Isto tudo faz com que o setor tenha a necessidade de alta lucratividade, para poder ter condições de financiar novas pesquisas.

Existem empresas que se dedicam à produção de genéricos, onde a parte mais dispendiosa, referentes ao desenvolvimento de novas moléculas e realização de estudos clínicos para demonstrar segurança e eficácia não é necessário, o que permite com que as margens de lucro possam ser menores e os medicamentos mais baratos para o consumidor final.

Este setor sofre grande influência dos governos, e não só no Brasil. Como exemplo desta influência no caso brasileiro tem-se: o controle de preços; a necessidade de aprovação do produto (incluindo fabricação, rotulagem, bula) e preço do produto pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) para que um medicamento possa ser comercializado no mercado; inspeção e aprovação das fábricas pela Agência Brasileira não só no Brasil como em outros países, certificando as linhas de produção.

Apesar do alto grau de especialização, as empresas concentram o desenvolvimento de novos medicamentos nos países das matrizes, concentrando-se nos EUA ou Europa. Países, como o Brasil, geralmente focam na produção, apesar de ultimamente este cenário estar mudando, principalmente no que se refere à realização de estudos clínicos, visto que o Brasil tem centros de excelência nas Universidades para realização de pesquisa clínica. Entretanto, apesar disto, por questões legais, ainda permanece a dependência por parte das autoridades sanitárias brasileiras de se aprovar o registro de um medicamento no Brasil. Somente depois que o mesmo já esteja aprovado em outro organismo similar, nos chamados países de origem, que em geral são EUA (FDA) ou outros similares no Canadá, Europa e Austrália.

Os medicamentos são classificados do ponto de vista fabril por formas farmacêuticas, tais como: sólidos (comprimidos, pós); líquidos (soluções a serem ingeridas, suspensões), semi-sólidos (cremes e pomadas) e injetáveis.

Devido ao alto grau de exigência com relação à limpeza e sanitização do ambiente da produção, com técnicas e normas internacionais específicas denominadas Boas Prática de

Fabricação, também conhecidas como Good Manufacturing Practices (GMP), que no Brasil estão normalizadas pela Resolução RDC 210/03 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Devido também a especificidade dos equipamentos utilizados e pelo desenvolvimento destes equipamentos acontecerem nos países das matrizes; os equipamentos, utilizam energia elétrica ou vapor para o aquecimento.

A produção se caracteriza ainda por produzir em maiores quantidades e, em algumas situações, as produções são em “batelada”. Isto ocorre devido aos processos de fabricação específicos que demandam tecnologias e procedimentos sequenciais em equipamentos como por ex. tanques, reatores; ou ainda devido à exigência da rastreabilidade dos lotes, com identificação de quantidade, nº de lote, data de fabricação; ou ainda, devido à segregação completa do medicamento em relação a outros, para evitar contaminação cruzada ou interações químicas entre os mesmos.

Nos medicamentos sólidos, os revestimentos de alguns comprimidos apresentam o maior uso de eletrotermia. O mesmo acontece também na produção de granulados como etapa preliminar a compressão.

A maioria das soluções como veículo a água que deve necessariamente ser submetida a tratamentos muito específicos, onde invariavelmente se utilizam destiladores, deionizadores ou trocadores iônicos.

O preparo das soluções (xarope, gotas, e etc.) e semi-sólidos (cremes e pomadas) demanda em maior quantidade o uso de eletrotermia quando comparado às demais formas farmacêuticas. A necessidade de aquecimento da mistura é básica para dissolução de açúcares na preparação de xaropes, como também na preparação de emulsões. Nos injetáveis o aquecimento é fundamental para a obtenção da esterilização do produto final, que pode ser tanto por calor úmido quanto por calor seco.

No Anexo 4 são levantados os indicadores setoriais do ramo farmacêutico. Mas na Tabela 5.2.4.1 se resume os principais dados:

Tabela 5.2.4.1 Dados gerais da indústria farmacêutica

Vendas	2006	2005	2004
Unidades	1.664.272.000	1.613.828.000	1.652.125.000
US\$	10.891.621.000,00	9.214.189.000,00	6.818.295.000,00
Exportação	2006	2005	2004
	US\$ 620.654.734,00	US\$ 473.289.888,00	US\$ 351.243.691,00
Importação	2006	2005	2004
	US\$ 2.609.487.170,00	US\$ 2.037.156.541,00	US\$ 1.784.804.231,00

Nesta empresa, foi realizado apenas o levantamento do histórico de consumo, como pode ser visto na Figura 5.2.4.1:

Figura 5.2.4.1: Histórico de consumo da Farmacêutica 1

Esta empresa está na classe tarifária B3.

Produz medicamentos líquidos, em cremes e comprimidos. Produz também cosméticos líquidos e em cremes.

Existe um reator, onde no passado era elétrico, mas foi convertido a gás, com o aquecimento da água de forma direta a troca térmica se dá por convecção.

No levantamento feito, segue a Tabela 5.2.4.2 com a listagem dos equipamentos existentes:

Tabela 5.2.4.2: Lista de Equipamentos com potências e %

Levantamento Feito pelo Artur	kW	%
Controle de Qualidade	9,696	3,02
Corredor Técnico	78,130	24,36
Sala de Fabricação RX	2,140	0,67
Sala de Fabr. Cosméticos	12,426	3,87
Sala de Fabr. Creme Dental	8,000	2,49
Sala de Pesagem	0,003	0,00
Sala de Embalagem 1	5,860	1,83
Sala de Embalagem 2	0,686	0,21
Sala de Embalagem 3	3,500	1,09
Sala de Embalagem 4	0,501	0,16
Sala de Embalagem 5	1,801	0,56
Sala de Embalagem 6	13,600	4,24
Sala de Carimbo	1,000	0,31
Lab. Contr. Processo	0,196	0,06
Vestiários Fábrica	24,000	7,48
Almoxarifado PA	1,480	0,46
Almoxarifado MP	1,480	0,46
Expedição	1,040	0,32
Escritório	0,200	0,06
Sist. Ar Condicionado	107,100	33,39
Sist. Ventilação	4,070	1,27
Torre da Caixa D'agua	3,000	0,94
Refeitório	3,250	1,01
Vestiários Externos	16,000	4,99
Iluminação Geral	21,550	6,72
TOTAL	320,709	

Na Tabela 5.2.4.2 acima o valor total de 320,709 kW é a potência instalada, sendo que, na realidade, a concessionária que atende o serviço de fornecimento de energia elétrica garante fornecimento de apenas 125 kVA (por volta de 100 kW, considerando um fator de potência de 0,8).

O consumo de GLP da empresa é representado na Figura 5.2.4.2 a seguir:

Figura 5.2.4.2: Histórico de consumo de GLP da Farmacêutica 1

A matriz energética desta empresa farmacêutica é o apresentado na Figura 5.2.4.3:

Figura 5.2.4.3: Matriz Energética

Lições Aprendidas:

Apesar de não haver eletrotermia neste caso, um fato relevante deste tipo de indústria é a necessidade da área produtiva estar sempre climatizada durante a produção, por exigência da ANVISA. O sistema de ar condicionado responde por 33,39% da demanda. Isto é uma exigência para todas as indústrias farmacêuticas.

A única evidência de eletrotermia encontrada foram os chuveiros elétricos dos vestiários. Apesar de constar da listagem da Tabela 5.2.4.2 da potência instalada, a empresa informou que os funcionários não utilizam os mesmos, sendo que estes existem para cumprir as exigências do Ministério do Trabalho.

5.2.5 Medicamentos de Uso Humano 2

Em junho de 2006, na continuidade das pesquisas de campo do doutorado, uma empresa farmacêutica alemã permitiu uma visita às suas instalações na matriz, na fábrica situada na cidade de Ingelheim e na fábrica de Biberach.

Pontos importantes verificados na visita à fábrica de Ingelheim:

- A empresa possui cerca de 6.500 funcionários.
 - O horário de verão ocorre, em geral, de março a outubro.
 - Nas indústrias, as contas de energia elétrica são similares às nossas, ou seja, é cobrado pela demanda [kW] e pelo consumo [kWh].
 - O fator de potência é medido e controlado anualmente, diferente do sistema brasileiro que mede mensalmente, através de integração a cada 1 hora. O limite do fator de potência é de 0,80 e definido em contrato; mais flexível que o nosso que é de 0,92. A planta segue uma regra interna de manter 0,90.
 - A energia elétrica e gás natural são considerados caros pelos alemães, porém, representam menos que 2,0% dos custos totais da empresa visitada. A relação utilizada é 1 tonelada de óleo equivalente, que vale cerca de 30.000 MJ e custa cerca de E\$ 100,00.; se for em óleo combustível é E\$ 200,00; gás natural é E\$ 300,00 e madeira é E\$ 35,00.
 - O horário de ponta é durante o período comercial, das 8:00 h até 18:00 h.
- Obs.: não existem chuveiros elétricos e o sistema de aquecimento de água dos banheiros

nas residências e indústrias, em geral, é com a queima do gás natural e/ou aquecimento solar, bastante divulgado neste país.

- O impacto do ar condicionado na demanda de energia elétrica é cerca de 15%; diferente da indústria farmacêutica no Brasil, onde chega a 50% (devido ao clima brasileiro).
- A grande preocupação nas construções é com o aquecimento e iluminação natural, pois, é necessário um grande consumo de energéticos para o aquecimento do ambiente interno das edificações.
- A planta de Ingelheim possui produção própria de energia elétrica (em 10 kV) a base de restos de madeira, que atende 50% da sua necessidade de energia elétrica e parte da necessidade de vapor. O restante do vapor é obtido pela queima de gás natural em caldeiras com recuperador de calor. A planta recebe energia elétrica (20 kV) de duas concessionárias diferentes e existe um anel ao redor da planta para garantir a redundância do fornecimento.
- O vapor é produzido a 500°C e 76 bar para funcionar 2 turbinas de 13,3 e 10,0 MW. Depois o vapor é distribuído em linhas de 16 bar e 250°C (15%) ou 2,6 bar e 155°C (85%). O rendimento do sistema de vapor é da ordem de 91% (Energia Útil / Energia do Combustível Consumido).
- Possuem sistema de segurança com geradores diesel com 1 MW; 4,4 MW e 2 MW somente para emergência.
- A rede de energia elétrica é de 50 Hz e houve uma mudança no ano de 1999 na tensão de distribuição na Alemanha, que passou de 220 V para 250 V, entre fase e neutro, e de 380 V para 400 V entre fases. O sistema de distribuição é similar ao nosso, com estrela, triângulo; mas existe também um sistema diferente chamado de zig-zag. A matriz energética na Alemanha é de 35% de coque, 28% de carvão, 22% nuclear, 11% gás natural e 4% madeira e outras fontes renováveis (sendo 2% eólica).
- Foi constatada a existência de um trabalho conjunto de benchmark, realizado entre as empresas farmacêuticas e químicas na Alemanha, com relação aos custos de produção dos diversos insumos, que auxiliam nos novos projetos e reformas, sempre com o foco na eficiência e menor custo operacional.

Pontos importantes constatados na visita à fábrica de Biberach:

- O site foi construído em 1946, por uma decisão estratégica, por fazer parte de outra área de influência de Ingelheim, quando a Alemanha foi dividida em 4 partes

(EUA, Inglaterra, França e URSS). Possui hoje 4.000 funcionários, sendo 1.600 em desenvolvimento e 1.500 em biotecnologia.

- Neste site existe a produção 75% da energia elétrica que é consumida através de 2 turbinas à gás natural. A demanda máxima é de 12,5 MW.

- Foi apresentado o sistema de controle de iluminação, onde, através de um computador, é possível controlar a iluminação de qualquer ponto (de qualquer prédio das instalações existentes); saber se a lâmpada está queimada ou não; mostrar sua intensidade luminosa e mudá-la, se necessário. O sistema é interligado com sensores no topo de cada prédio, que analisam a iluminação durante o dia e regulam a intensidade de luz de cada sala, pois, todas as lâmpadas fluorescentes tubulares são dimerizadas.

Também foi visitado o site de outra indústria farmacêutica em Oranienburg, próximo a Berlim e também a Universidade de Munique.

Ao retornar desta visita à Alemanha, a Gerência da Engenharia permitiu ao autor, realizar os levantamentos de campo em sua planta no Brasil.

A seguir é demonstrado o fluxo do processo produtivo na Figura 5.2.5.1:

Figura 5.2.5.1: Análise dos Fluxos Macros dos Processos Produtivos

Os processos produtivos da empresa são divididos em produção de medicamentos sólidos e medicamentos líquidos, sendo este último responsável por, aproximadamente, 68% das unidades produzidas.

Em sólidos, as matérias primas são pesadas e, na seqüência, misturadas. Depois são compactados em comprimidos, recebendo logo em seguida o acabamento, que pode ser um filme de revestimento (cerca de 20% das unidades), ou a cobertura de drágeas (cerca de 30%), ou sem nenhuma cobertura (caso do Analgésico, com 50%). A fase final é o processo de embalagem.

Em líquidos, com a adição da água (que é extraída da própria planta e devidamente filtrada e purificada), ocorre a manipulação das matérias primas e, no reator (depósitos de inox para aquecimento e resfriamento das soluções, com as adequadas temperaturas que não ultrapassam 85°C e com a agitação de pás em seu interior), ocorrem as reações químicas necessárias para a produção do medicamento. Em seguida são envasados e embalados. Líquidos são um dos destaques no consumo de energéticos, por ser a de maior porte em unidades produzidas e por demandar cargas térmicas pontuais de água fria e vapor nos reatores. Não significa que consome mais energia que outras, mas que demanda grandes quantidades pontuais de energia. Em amarelo as áreas de médio consumo (menos críticas) e em laranja áreas de maior “criticidade” e grande consumo pontual.

A água gelada para processo é hoje produzida por um banco de gelo, que passou por uma reforma no passado, com a introdução de bolhas de ar para aumentar sua eficiência de troca térmica. Trabalha a temperaturas de -4°C com etileno glicol e no banco produz água a 0,5°C.

Toda a área fabril é climatizada a 24 +/- 2°C no verão e 22 +/- 2°C no inverno.

Uma série de medidas de energia elétrica, qualidade da energia e temperaturas foram realizadas. Para ver detalhes sobre os equipamentos utilizados, vide ANEXO 3.

Tendo como base as medições e levantamentos realizados e a metodologia proposta, a matriz de usos finais de energia da empresa é a que se segue no gráfico da Figura 5.2.5.2 a seguir:

Figura 5.2.5.2: Gráfico do Uso Final Energético em percentual de custo

A base utilizada para os cálculos foram os números passados pela empresa, referentes aos gastos em 2006, exceção apenas ao GLP, que foi calculado com base nos consumos de dezembro/06 e janeiro/07.

Os valores obtidos dos insumos energéticos principais, descontados os impostos restituídos, são:

Óleo Combustível: 1 kg = R\$ 0,99169 (neste relatório será arredondado para R\$1,00).

O PCI do óleo BPF é 9.826 kcal/kg.

Diesel: 1 kg = R\$ 1,40830.

Energia Elétrica: 1 kWh = R\$ 0,18.

A seguir, na Figura 5.2.5.3 está o gráfico com a distribuição da demanda de energia elétrica nos diversos usos finais, tendo como base a demanda:

Figura 5.2.5.3 Divisão da Demanda Final de Energia Elétrica pela Contratada da Fábrica

Ressalta-se que, independente da referência ser 1900 kW, estas demandas finais variam ao longo do dia (exceto iluminação) e ao longo do ano, devido à temperatura ambiente e variações no ritmo de trabalho.

Durante os trabalhos, houve uma mudança nas tarifas da AES Eletropaulo em 03/07/2007. Realizamos a verificação do histórico de consumo com a tarifa anterior a esta data e com a tarifa nova.

As seguintes Figuras 5.2.5.4, 5, 6 e 7 a seguir mostram o consumo, demanda e custos comparativos das 3 possibilidades de tarifas com as tarifas anteriores à mudança e posteriores a mesma, respectivamente.

Figura 5.2.5.4 Gráfico com histórico de Consumo [kWh]

Figura 5.2.5.5 Gráfico com histórico de Demanda [kW]

Figura 5.2.5.6 Gráfico dos Gastos [R\$] com Energia Elétrica utilizando a tarifa anterior a 03/07/2007

Figura 5.2.5.7 Gráfico dos Gastos [R\$] com Energia Elétrica utilizando a Tarifa Nova

No comparativo acima entre as Figuras 5.2.5.6 (tarifa anterior a 03/07) e Figura 5.2.5.7 (tarifa nova) fica claro que a tarifa verde, que atualmente é utilizada pela empresa, é a melhor opção, por ser a de menor custo.

A mudança tarifária reduziu a diferença entre a tarifa verde e as outras tarifas (azul ou convencional), mas a tarifa verde continua a ser a melhor opção para esta empresa analisada.

Geração de Calor na empresa:

O consumo de vapor da fábrica para abastecer todos os usos finais representa 15,61% dos custos atuais, o que gera um custo anual de R\$ 340.522,00. Porém, foi constatado que apenas os reatores, o sistema de ar condicionado do Fluid Bed, trocadores de calor da água purificada, Zanqueta e Accelacota é que necessitam realmente de vapor. Todos os demais usos finais são para aquecer água.

Foi analisada a utilização do vapor na fábrica, através do desenho VAP-FLU-CAC-02-01 rev.05 e Relatório da LKFC (de 11/08/1998) apresentados pela empresa. Constata-se que: tanto o desenho quanto o material da LKFC, não apresentam dados confiáveis para se estimar a quantidade de vapor destinada aos trocadores de calor para aquecimento de água. Desta forma, o autor, colhendo a percepção dos funcionários da empresa, estima um percentual de 60% do vapor gerado para atender os trocadores de calor dedicados ao aquecimento de água que varia de 60°C até 95°C. Sugere-se que a empresa contrate o serviço de medição de fluxo de vapor ou condensado, para avaliar o correto percentual global de vapor destinado aos aquecedores e o consumo de cada um em específico.

Esta estimativa de 60% traz como resultado um valor de R\$ 204.313,20 de potencial redução de óleo.

Existe um potencial muito grande de redução de custo com óleo combustível, pois, o aquecimento de água pode ser feito de forma direta. A análise é simples: hoje é gasto uma energia para aquecer o vapor saturado a 154,02°C e 4 kfg/cm², que é distribuído para trocadores de calor que irão aquecer a água a uma temperatura menor que a de saturação. Toda energia gasta com a água no calor latente, conforme apresentado na Figura 5.2.5.8 e 9, poderia ser eliminada.

Figura 5.2.5.8: Diagrama de Mollier

Figura 5.2.5.9: Diagrama do vapor

Com relação ao consumo energético da caldeira, foi feito um ensaio com a caldeira Aalborg por 3 dias. Neste período, foi constatado que a mesma operou de fato por 18 horas (dado obtido do contador do motor de insuflamento de ar primário) e foi obtido o consumo médio de 2.100 kg de vapor /h. As condições de operação da caldeira foram:

Pressão manométrica de 4,0 kgf/cm².

Foi informado que a caldeira é de vapor saturado e que o vapor possui o título de 0,95. Deste modo, tem-se:

Temperatura de saturação = 154,02 °C nesta pressão de 4,0 kgf/cm². Dados obtidos de tabela termodinâmica fornecida pela empresa.

$$h_{v(0,95)} = (1 - x) \cdot h_l + x \cdot h_v = (1 - 0,95) \cdot 155,1 + 0,95 \cdot 657,1 = 632,0 \text{ kcal/kg}$$

$$\Delta h = h_{v(0,95)} - h_l = 632,0 - 155,1 = 476,9 \text{ kcal/kg}$$

Temperatura do tanque de água (retorno do condensado + água de reposição) = 67°C.

$$\text{Potência Útil} = 2100 \cdot 1 \cdot (154,02 - 67) + 2100 \cdot \Delta h = 182.742 + 1.001.490 \text{ kcal / h}$$

$$\text{Potência Útil} = 1.184.232 \text{ kcal / h}$$

No ensaio realizado, a caldeira consumiu 2.448 kg de óleo em 18 horas, ou seja, 136 kg/h.

O Poder Calorífico Inferior (PCI) é de 9.826 kcal/kg. Desta forma, temos: 1.336.336 kcal/h de potência gasto na combustão do óleo.

O Rendimento da Caldeira é o percentual da relação: Potência Útil / Potência da combustão

O Rendimento calculado = 88%.

Na Figura 5.2.5.10 a seguir pode-se ver a representação gráfica da Potência Útil:

Figura 5.2.5.10: Curva de Aquecimento das Caldeiras

Existe o potencial de chegar a um resultado como da Figura 5.2.5.11, onde Potência Útil = $2100 \cdot 1 \cdot (95 - 67) = 58.800 \text{ kcal / h}$, sem considerar eficiência do sistema de aquecimento direto:

Figura 5.2.5.11: Consumo com Aquecimento Direto

Energias Alternativas: Gases Combustíveis

Foi feito contato com a Comgás, para saber da viabilidade de gás natural (GN) para a empresa. O retorno que se teve é que o GN está a cerca de 4 km da empresa. Mas esta rede está

saturada, ou seja, não consegue atender mais clientes. Além da ampliação, a rede atual teria que ser redimensionada. Não há previsão para esta ampliação e redimensionamento da rede.

Com a negativa da Comgás, foi contatada a Iqara para verificar possibilidade de fornecimento de frio, calor e energia elétrica através de projeto com gás natural comprimido. Não houve retorno da viabilidade do projeto, por parte da Iqara.

Na pesquisa para um combustível alternativo que viabilizasse o aquecimento direto, busca-se a viabilidade com o GLP e foi escolhida a Ultragaz, por ser a distribuidora que mais investe em qualidade e é referência neste setor. A Ultragaz indicou a Orbitek, que representa a marca Robur no Brasil. O equipamento Robur é uma bomba de calor acoplada a um sistema de absorção. O equipamento produz água gelada a 3°C e produz água quente a 65°C. Como existe a bomba de calor associada, se for feito o rendimento térmico dos equipamentos, encontra-se 150%. Maiores detalhes deste equipamento poderão ser vistos no ANEXO 2. No ANEXO 1 aparece a entrevista feita com o Sr. Fernando Cörner, dados sobre o GLP no Brasil.

Feito a aproximação entre a Ultragaz e Orbitek com a empresa e, após várias visitas técnicas, resultou em uma proposta de comodato de 6 meses de 4 máquinas Robur, onde a empresa tem apenas que criar a infra-estrutura das tubulações de água quente e fria e pagar pelo kg de GLP o valor de R\$ 2,50. Após estes 6 meses a empresa tem 3 opções: compra dos equipamentos e preço de R\$ 2,00 pelo kg do GLP, aluguel dos equipamentos e preço de R\$ 2,70 pelo kg do GLP ou equipamento de propriedade da Ultragaz e preço de R\$ 3,70 pelo kg do GLP. Os impostos podem ser compensados, por se tratar de processo industrial.

Detalhes do projeto proposto estão na Figura 5.2.5.12:

Figura 5.2.5.12: Projeto Proposto pela Orbitek / Ultragaz

Do diagrama da Figura 5.2.5.12, as 4 máquinas Robur são as GAHPW com eficiência de 150% e em retângulos vermelhos estão os aquecedores de passagem da Orbitek, com rendimentos de 80%.

A empresa decidiu fazer um piloto com as máquinas Robur e um aquecedor de passagem R3300, para atender o aquecimento de água do processo industrial e vestiário (aquecem a água a 60°C), onde já existe um tanque de equilíbrio para servir de pulmão. Detalhe: o aquecedor R 3300 entra em funcionamento apenas em uma eventualidade.

Como a carga elétrica, que será removida, é indutiva, não será necessário considerar acréscimo de filtros ou capacitores ou indutores.

A produção de água gelada das máquinas Robur entrará no anel de água gelada da empresa.

O projeto dos primeiros 6 meses se apresenta viável, como podemos ver na Figura 5.2.5.13:

Figura 5.2.5.13: Piloto proposto pela Orbitek / Ultragaz – primeiros 6 meses

O autor sugere que seja confirmada a real necessidade de água a 60°C, através de medição deste ponto de utilização, antes de implantar o projeto. Caso a demanda estimada seja menor do que foi especificado neste projeto, as máquinas Robur não necessitam ficarem juntas, ou seja, podem ser distribuídas em outras áreas, como por exemplo no pré-aquecimento da água de reposição da caldeira. Um cuidado deve-se ter para verificar se não existe conflito de projetos.

Após os 6 meses, a Orbitek / Ultragaz propôs 3 alternativas. Segue Tabela 5.2.5.1 com o racional dos cálculos:

Tabela 5.2.5.1: Cálculos com as 3 opções (A, B e C) após os 6 primeiros meses

		Frio [kW]	Calor [kW]	GLP [kg/h]	
	Qtd/v1	5 TR	38,8	2	
Máquina Robur	4	70,34	155,20	3168	
kW EE necessário no Chilers	1,22	85,81			
R\$ óleo necessário por kW	0,16				
Valores R\$ para 22 dias e 18 horas		R\$ 6.116,71	R\$ 9.833,47	R\$ 6.336,00	Considerado a R\$ 2,00 / kg
	Investimento	Preço GLP	Aluguel Mensal	Projeção 48 meses	Na projeção, utilizei as parcelas de ganhos x 48 e subtrai o investimento (na opção C)
Opção A	R\$ 0,00	R\$ 2,50	R\$ 4.878,05	R\$ 151.302,16	
Opção B	R\$ 0,00	R\$ 3,70	R\$ 0,00	R\$ 202.971,70	
Opção C	R\$ 192.000,00	R\$ 2,00	R\$ 0,00	R\$ 269.480,50	

Alguns pontos ficam evidentes nesta análise:

Não se pode limitar esta análise somente no pay back, uma vez que as opções A e B não há investimento.

É necessário ter um horizonte de longo prazo e comparar as 3 opções neste cenário. O tempo de avaliação foi de 4 anos ou 48 meses, conforme regra estabelecida pela empresa.

Dentro deste cenário, temos a opção C como sendo a melhor para a empresa. Vide análise econômica e financeira na Figura 5.2.14 a seguir:

Figura 5.2.5.14: Piloto proposto pela Orbitek / Ultragaz – após 6 meses

Análise de viabilidade econômica e financeira:

Como resultado dos contatos com a empresa, com BNDES e com o Banco do Brasil, que a empresa possui conta, foi viabilizado uma taxa de financiamento do PROESCO com juros de 9,5%_{aa}. Esta taxa foi aprovada pela empresa, que aguarda o envio dos projetos por parte da sua Engenharia para iniciar os tramites do financiamento.

Para se ter uma idéia do impacto de um financiamento deste tipo, onde 90% das aquisições de equipamentos novos e serviços relacionados aos projetos de eficiência energética, projetos com pay back simples de 85 meses tem uma redução para pay back simples de 10 meses. Significa que quase todos dos projetos seriam aprovados, se fosse utilizado o critério de 24 meses, mesmo com pay back com taxa de desconto de 11%_{aa}, que são as regras desta empresa.

Lições Aprendidas:

Empresas farmacêuticas brasileira de grande porte têm cerca de 50% dos seus gastos com energia elétrica dedicados ao condicionamento de seus ambientes de produção. Temperaturas controladas para toda a produção são exigências da ANVISA. Exigências de umidade relativa exigem que os sistemas de climatização possuam aquecimento e resfriamento (o resfriamento é feito em um primeiro estágio para eliminar a umidade do ar, como é necessária uma temperatura muito baixa para tal, existe a necessidade do ar ser aquecido para se chegar à temperatura desejada). Existe também a exigência de se repor o ar interno dos ambientes, pelo menos 15 vezes em uma hora.

A tecnologia Robur (vide Anexo 2) é completamente adequada a esta realidade de empresa, que possui necessidade de aquecimento e resfriamento em seus sistemas de climatização, o que garante um alto rendimento térmico (150%) na combinação da produção de água gelada e quente.

Apesar de não se ter detectado eletrotermia nesta empresa, esta tecnologia que pode substituir a eletrotermia, como no caso do item 2.4.2, também pode substituir a óleotermia, como descrito neste caso, além de substituir a eletricidade usada para a geração do frio. A tecnologia se aplica de forma mais ampla do que o objetivo inicial proposto. Fica registrado que a busca por soluções resultou nesta ampliação de visão, que extrapolou os objetivos iniciais.

Neste caso analisado, como as cargas a serem retiradas eram indutivas, não foram calculados os impactos na qualidade de energia elétrica restante, uma vez que a eliminação de cargas indutivas trará benefícios para o restante do sistema elétrico empresa.

6. CONCLUSÃO

A substituição da eletrotermia não foi estudada em profundidade no Brasil e representa uma oportunidade real para a redução do consumo de energia elétrica e também do uso mais racional dos gases combustíveis. A utilização destes gases combustíveis em processos mais elaborados, com maior eficiência térmica, pode ser a grande oportunidade de se ampliar a participação dos dois gases no setor industrial.

Os consumidores serão os atores principais para o sucesso de qualquer substituição tecnológica. Os fatores econômico-financeiros são fundamentais na substituição da eletrotermia, pois, se não houver uma redução nos custos operacionais para viabilizar os investimentos necessários à mudança, a mesma não ocorrerá. As garantias do fornecimento e do preço praticado no longo prazo são fatores decisivos para a aceitação da mudança por parte dos empresários. A presença das concessionárias de GN e as distribuidoras de GLP são fundamentais, pois, só elas têm o peso na negociação para transmitir esta tranquilidade.

A metodologia de avaliação da viabilidade proposta para análise da qualidade de energia abordou um importante aspecto na substituição da eletrotermia, sendo que o impacto na qualidade de energia pode ser significativo nos custos de capital, a ponto de uma mudança não ser mais viável economicamente. É uma metodologia simples, mas mostra-se eficiente na análise deste impacto para o caso resistivo. Se os cálculos não atingem o patamar sugerido e/ou valor de FP limite estabelecido, então é certo que a mudança não necessita acrescentar os equipamentos necessários para as correções no seu custo de capital.

O uso crescente de equipamentos que geram distorções harmônicas irá demandar uma legislação brasileira a respeito. Legislação esta que este trabalho levantou ser inexistente. Este é um ponto importante de preocupação do autor, pois, a proposta de substituir a eletrotermia de cargas resistivas irá ocasionar problemas com fator de potência e harmônicas, pelo fato de reduzir uma parte da corrente fundamental.

Existem políticas e programas de fomento à eficiência energética, porém, os objetivos, em sua maioria, não contemplam a sinergia entre os mesmos. O PROCEL, administrado pela Eletrobrás, tem o foco de atuação em eficiência da energia elétrica. O CONPET, administrado pela Petrobrás, tem o foco de atuação em eficiência dos combustíveis fósseis. A Lei 9991/2000 deixa a escolha dos projetos para utilizarem os recursos financeiros específicos a cargo das concessionárias de energia elétrica, que direcionam os projetos, de modo a atender seus próprios interesses, ou seja, a redução de inadimplência, a fidelização de clientes, etc. Mostra-se inócua ou pouco eficaz na substituição da eletrotermia, pois não existe o desafio da mudança de energético nos projetos contemplados. A Lei 10.295/ 2001 deve ampliar sua abrangência com a inclusão de um número maior de produtos) e as melhorias a serem feitas nestes devem ser implementadas mais rapidamente.

Como destinação das verbas de pesquisa e projetos de eficiência da Lei 9991/2000 e das verbas de concessionárias de gás canalizado, somado às receitas da ANP e ANEEL para pesquisa, as mesmas deveriam ser unificadas e geridas por um único órgão do governo, como por exemplo: a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que é responsável pelo planejamento energético do país. Este órgão deveria fomentar o uso racional de todos os combustíveis e, principalmente, a substituição da eletrotermia por gases combustíveis, no intuito de direcionar a energia elétrica para fins mais nobres de uso final do que o utilizado para o aquecimento.

O único instrumento que contempla esta sinergia entre energéticos é o PROESCO, fato fundamental para promover a mudança tecnológica. Apesar dos esforços da equipe do BNDES e da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), o PROESCO é pouco conhecido. Os gerentes e funcionários das agências dos bancos que atuam como agentes financeiros intermediários do PROESCO (que são fundamentais para a maioria dos projetos) o desconhecem, o que dificulta o financiamento para as ESCOs ou usuários de energia que querem fazer projetos de redução de consumo e substituição de energético.

Com relação ao GLP, as leis criadas no passado, quando o Brasil vivia uma realidade de abundância de energia elétrica e importação de petróleo de mais de 50% para garantir sua demanda, devem ser mudadas o quanto antes. Não existe sentido manter em vigor portarias que restringem o uso do GLP na indústria, como o seu uso em caldeiras; ou mesmo a restrição do GLP em saunas ou piscinas. Desta forma, a Portaria DNC nº 4, de 7/2/1.992 deve ser cancelada, ou ter seu texto adaptado para a realidade futura do Brasil. O GLP terá sua vez no segmento industrial, quer seja pela iniciativa de algumas distribuidoras, quer por necessidade futura do país, pois o Brasil irá atingir sua auto-suficiência nos próximos anos e a situação irá mudar para

um excesso de oferta. A estrutura tributária do GLP também deve ser revista, para não penalizar o setor industrial.

Em relação ao gás natural, este é um energético nobre e assim deve ser seu uso. É um energético que irá ocupar um importante papel na matriz brasileira, quer porque temos reservas significativas, quer porque nossos vizinhos também o possuem; além de ser um energético que pode fazer a transição de uma cultura voltada ao uso do petróleo e energia elétrica, para outra cultura voltada aos combustíveis alternativos - como as células de combustível.

O estudo detalhado dos processos produtivos das indústrias, com a identificação do uso da eletrotermia, ou outro energético fóssil para aquecimento, é um fator importante para se obter sucesso na substituição tecnológica, e pode auxiliar a expansão do GN e GLP no mercado industrial. Esta ampliação também pode significar a redução do uso da energia elétrica, ou ainda, a redução do uso de termoeletricas e propiciar o uso mais racional da energia elétrica.

Com relação à metodologia proposta para a parte de verificação da qualidade de energia, esta é simples e mostra-se eficiente na análise dos impactos do fator de potência e harmônicas, que ficarão presentes na rede após a substituição da eletrotermia. Se os cálculos não atingem o patamar sugerido e/ou valor de FP limite estabelecido, então é mais do que certo que a mudança não necessita acrescentar filtros e/ou capacitores no seu custo de capital.

A mudança tecnológica, ou acréscimo da tecnologia de combustão nem sempre compensa. Vários fatores influenciam nos cálculos, como a quantidade total de gás a ser consumido pela empresa, o poder de negociação com as concessionárias (utilizados os valores tetos; entretanto, no mercado industrial, descontos são praticados no gás e na energia elétrica). Outro ponto de extrema relevância na viabilidade da mudança tecnológica é em qual tipo de tarifa elétrica e classe de consumo de GN a indústria se encontra, além do local físico; pois, existem diferenças tarifárias consideráveis quando se trata de concessionárias diferentes para uma mesma banda tarifária. De qualquer modo, a mudança tecnológica só é viável se apresentar uma redução significativa nos custos mensais, fato que só é possível quando temos indústrias na tarifa B3 e A4. Políticas governamentais que envolvam também as tarifas serão fundamentais na substituição tecnológica.

A abordagem técnica enfatizando a situação atual versus a modernização elétrica versus a mudança tecnológica para o GN/GLP, permite uma melhor relação de custo benefício para o empresário, aumentando suas possibilidades de escolha.

Pela experiência destes casos de campo, constata-se que as empresas estão muito reticentes em mudar de tecnologia, principalmente para o GN, devido às dificuldades

momentâneas de fornecimento e a tendência de aumento dos preços. O empresário busca o mesmo que se busca em um carro, ou seja, o “flex fuel”, ou traduzindo para este caso, o “flex energetic”.

7. SUGESTÕES DE PESQUISAS

A seguir, deixamos como sugestão os seguintes temas para novas pesquisas, como uma forma de dar continuidade na solução das questões levantadas neste trabalho:

7.1 A análise de outros casos de eletrotermia:

O levantamento de outros casos ajudará a mostrar o real potencial de substituição da eletrotermia. A mudança se mostrou viável em várias situações. Tecnologias existem. Financiamentos existem. Novas pesquisas podem trazer a luz o conhecimento deste potencial, que pode ser de muito interesse quando o Brasil começar a explorar o GN da Bacia de Santos, quando haverá novamente excesso de oferta e maior produção de GLP nas UPGNs. Com relação ao GN, a oferta pode melhorar quando houver o uso do GNL importado.

7.2 O GNC e GNL como um instrumento para viabilizar futuros mercados de gás natural canalizado

Uma região onde não se justifica a construção de tubulação de gás natural. Se houver o desenvolvimento de consumidores através do GNC e/ou GNL, aos poucos, uma massa crítica irá ser formada. Estes consumidores poderão facilmente ser convertidos para o gás canalizado, pois este terá um diferencial de preço, não necessita fazer adaptações nos equipamentos, já sabe o quanto consome, etc. No futuro projeto da tubulação, a distribuidora não irá trabalhar com “prospects” ou com potenciais clientes. Ela irá trabalhar com clientes que com certeza irão mudar para o gás canalizado.

Com o levantamento de várias situações e discrepâncias os legisladores poderão entender a importância da criação da lei do gás e este tema poderá então entrar na pauta das discussões dos políticos.

7.3 Criação de Legislação a respeito da qualidade de energia

Como foi abordado neste trabalho, não existe tal legislação. Com o aumento dos equipamentos que produzem distúrbios na rede, mais e mais se torna necessário que seja feita correções e colocações de filtros nestes equipamentos ou nos clientes finais. Regras e legislação devem ser feita para determinar os limites a serem aplicados. Mesmo no exterior existem controvérsias a respeito das definições de harmônicas, porém o autor sugere o patamar de 5% para o $THD_{(V)}$, conforme proposto pela própria ANEEL (2005) e 10% para o $THD_{(I)}$, conforme sugerido pela SCHNEIDER (2005).

7.4 Comparativo entre Substituição da Eletrotermia e outras formas de investimento na ampliação da oferta de energia elétrica

Não foi encontrado nenhum estudo a respeito deste tema. O comparativo de custos entre a substituição da eletrotermia x a produção de energia elétrica “nova” pode incentivar ainda mais o governo a adotar esta prática.

7.5 Ganhos com crédito de carbono na conversão de energéticos por GN e GLP

O GLP e principalmente o GN são dois energéticos que podem gerar crédito de carbono se forem usados na substituição do diesel e óleo combustível. Este detalhe pode fazer toda a diferença na viabilidade de um projeto de mudança tecnológica.

7.6 Estudo e desenvolvimento de metodologia do impacto na qualidade de energia para eletrotermia indutiva e capacitiva

A metodologia deve ser testada para casos indutivos e capacitivos, para comprovar sua eficácia nestas situações.

7.7 Estudo e levantamento da eletrotermia no Brasil

Não existe um estudo sistemático da presença da eletrotermia no Brasil. Este estudo, sendo feito junto com o BEU, pode auxiliar futuras políticas para a substituição da eletrotermia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. L.; MARTINEZ, J. A. **Gás natural**: o combustível do novo milênio. 2ª ed. Porto Alegre: Plural Comunicação, 2003.

ALBADÓ R. **Qualidade na energia elétrica**. São Paulo: Ed. Art Liber, 2001.

ALCOA ALUMÍNIO S.A. Memorial da Companhia Geral de Minas – Subsidiária da Alcoa Alumínio S/A, 2001. Disponível em: < <http://www.alcoa.com.br> >. Acesso em 20 ago. 2004.

ALCOA ALUMÍNIO S.A. O alumínio. Disponível em: < <http://www.alcoa.com.br> > Acesso: 20 ago. 2004

AES ELETROPAULO. Disponível em: <http://www.eletropaulo.com.br>>. Acesso em: 16 mai. 2007.

AMERICAN GAS ASSOCIATION. **Gas engineers handbook**. New York, Industrial Press. 1967. Cap. 5, seção 2, p. 2/46-2/99: combustion of gas.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Resolução n º: 456, de 29/11/2000. **Diário Oficial da União** de 30 nov. 2000, seção 1, p. 78, Art. 64 e 65.

_____. **Procedimento de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional** : prodist módulo 8 : qualidade da energia elétrica .ANEEL, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em:
<http://www.anp.gov.br/petro/dados_estatisticos.asp>. Acesso em: 1 jul. 2007.

ARANTES, G. **Relatório final da disciplina ENE 5322 do PIPGE – IEE/USP**, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Anuário estatístico da ABAL** , 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. Disponível em:

<<http://www.abihpec.org.br/dadosdomercado.php?parametro=6>>. Acesso em 12 set. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8613**: Mangueira de PVC plastificado para instalações domésticas de gás liquefeito de petróleo (GLP). ABNT, 1999

BANCO MUNDIAL. New Approaches to Power Sector Development.. In: _____. **The world banks role in the electric power sector**, Washington, 1993. chapter 4, p. 39-54.

BANCO MUNDIAL. Recent Experience. In: _____. **The world banks role in the electric power sector**, Washington, 1993. chapter 2, p. 19-23.

BANDEIRANTE. Disponível em: <<http://www.bandeirante.com.br>>. Acesso em: 16 mai. 2007.

BATISTA, F.; MONTEIRO, V. Apagão na Argentina afeta campo no Brasil, **Gazeta Mercantil**. São Paulo, 11 jul. 2007.

BEN - BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: ano base 2005. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2006.

_____.: ano base 2006. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2007.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Disponível em:< <http://www.bndes.gov.br/ambiente/proesco.asp>>. Acesso em: 30 nov. 2007.

BERMANN, C. **Os limites dos aproveitamentos energéticos para fins elétricos: uma análise política da questão energética e de suas repercussões sócio-ambientais no Brasil**. 1991. Tese (Doutorado) FEM/UNICAMP, Campinas, 1991. p. 194-215, 231-246.

BERMANN, C. **Energia, licenciamento o apagão ambiental**. São Paulo: PIPGE – IEE/USP, 18 ago. 2004.

BEU - BALANÇO ENERGÉTICO ÚTIL. **Comparativo entre 1984, 1994 e 2004**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2005.

BRANCACCI, J. Bomba de calor a gás associada a refrigeração por absorção: projetos implantados conjuntamente com a Ultragaz. [Entrevista], 2007.

BRITISH GAS. **Combustion Engineering and Gas Utilisation: British Gas School of Fuel Management**, editor: CORNFORTH, J. R., Third edition, E&FN SPON, London, 1992.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS EN 50160**. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems. Disponível em: <<http://www.reo.co.uk/files/kbase/EN50160.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2007.

CARVALHO, C. **Cotação de Filtros da RTA**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por flavio@bgfconsultoria.com.br em 08 de fevereiro de 2008.

COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO. Disponível em: <www.comgas.com.br>. Acesso em : em: 24 mai. 2007 e 5 de mar. 2008.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Ed. Atlas, 1988.

_____. **Projetos sociais: avaliação e prática**. São Paulo: Ed. Atlas, 2000.

CORNFORTH, J. R (Ed.). **Combustion engineering and gas utilisation**: British gas school of fuel management. 3rd ed. London: E&FN SPON, 1992.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ . Disponível em: <<http://www.cpfl.com.br>>. Acesso em: 16 mai. 2007.

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA. Disponível em: <<http://www.cspe.sp.gov.br>>. Acesso em 27 mai. 2007.

DONADIO, C. ; PRADO, C **Reunião realizada no fabricante de estufas.** [mensagem pessoal]. Ata de reunião, com diretores da Anpraco, em 17 de março de 2006.

ECO INVEST. Disponível em: <<http://www.ecoinvestcarbon.com>>. Acesso em 12 de jul. 2007.

ELEKTRO. Disponível em <<http://www.elektro.com.br>>. Acesso em: 16 mai. 2007.

ELETROBRÁS. **Plano decenal de expansão do setor elétrico 2003/2012:**sumário executivo. e Energia. Disponível em:<www.mme.gov.br>. Acesso em 16 mai. 2007

ERICKSON, C. J. **Handbook of Electrical Heating for Industry.** New York, NY: IEEE Press Marketing, 1995.

EUROPEAN. **ECX Trades 1 Billion Tonnes CO2: ECX reaches milestone of 1 billion tonnes EUAs traded on ICE Futures:** european clima exchange. Disponível em : <http://www.europeanclimateexchange.com/default_flash.asp>. Acesso em: 11 jul. 2007.

EXXONMOBIL. **ExxonMobil's 2003 Economic and Energy Outlook.** Disponível em <<http://www.exxonmobil.com>>. Acesso em: 15 jan. 2004.

FERNANDES, F. **Desenvolvimento tecnológico em queimadores de fogões domésticos.** 1999, 115 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1999.

FERNANDES, F.; SANTOS, E. M. Comparativo entre os contratos de concessão de gás natural da Comgás e o de energia elétrica da Eletropaulo. In: Encontro dos Profissionais do Mercado de Gás, 5. **Anais.** São Paulo, jun. 2004.

FERNANDES, Flávio; SANTOS, Edmilson Moutinho dos. Reflexões sobre a história da matriz energética brasileira e sua importância para a definição de novas estratégias para o gás . In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE 2004. **Technical Paper.** Rio de Janeiro: IBP, 2004 p. IBP60504/1-7.

FERNANDES, Flávio; SANTOS, Edmilson Moutinho. Reflexões sobre o futuro do gás natural no Brasil e na região sudeste após a descoberta das reservas na bacia de Santos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 4. 2004. Itajubá. **Anais**. Itajubá: UNIFEI/SBPE, 2004. 10p.

FERNANDES, Flávio; SANTOS, Edmilson Moutinho dos. Situação de oferta e demanda de gás natural no Cone Sul. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 10. 2004. Rio de Janeiro. **ANAIS.CBE**. Rio de Janeiro: SBPE/COPPE-UFRJ / CLUBE DE ENGENHARIA, 2004. p. 1134-1142

FERNANDES, Flávio. Metodologia para escolha de segmentos industriais para substituição da eletrotermia por gás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3., Salvador. **Anais**. Rio de Janeiro: IBP, 2005. p.1-6.

FERNANDES, Flávio ; BERMANN, Célio. Uma análise da responsabilidade social do estado sobre a população ribeirinha afetada por hidrelétricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 4. 2004. Itajubá. **Anais**. Itajubá: UNIFEI/SBPE, 2004. 12p.

FERNANDES, Flavio; GEROSA, Tatiana M. GNL: O Brasil precisa dele. In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE. Rio de Janeiro. **Abstracts**. Rio de Janeiro: IBP, 2006. p.IBP 1322 / 1-7.

FERNANDES, F.; GUAGLIARDI, J. A.; GEROSA, T. GNL: A cultura do gás no Brasil: um desafio para o marketing social, In: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 5. 2006. Brasília. **Anais**. Brasília: UNB/SBPE, 2006.

FERNANDES. F.; FAGÁ, M. T. W.; GRIMONI, J. A. B. Impacto no fator de potência e harmônicas na substituição da eletrotermia por gás natural. In: Congresso de P&D em Petróleo e Gás, 4. 2007. **Campinas. Anais**. Brasília: ANP, 2007.

FERNANDES. F.; FAINGUELERNT, D. Mudança tecnológica de equipamentos elétricos para gás natural: um estudo de caso. In: . In: Congresso de P&D em Petróleo e Gás, 4. 2007. **Campinas. Anais**. Brasília: ANP, 2007.

GÁS ENERGIA. Disponível em: <www.gasenergia.com.br>. Acesso em: 15 mai. 2004.

GÁS NATURAL. Disponível em <<http://www.gasnaturalsps.com.br>>. Acesso em: 27 mai. 2007.

GUAGLIANONE, J. Os pioneiros GLP: meio século de história. Disponível em: <<http://www.sindigas.com.br/historico/index.asp>>. Acesso em: 07 jun. 2007.

GRAHAM, Margaret. **R & D for industry: a century of technical innovation at Alcoa**, 1990.

GUROVITZ, H.; BLECHER, N. O estigma do lucro. **Exame**, v.39, n. 6 , mar. 2005.

HORTA, L. A. N. Uso racional: a fonte energética oculta. **Estudos Avançados**, v. 21, n.59, fev. 2007.

IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 mai. 2004.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Investment Outlook**. Paris: OECD, 2003.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY . **World Energy Outlook** . Paris: OECD, 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61000-3-2**: Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3-2: Limits for harmonic current emissions: equipment input current up to 16 A per phase. Switzerland, 2005.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61000-3-4**: Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3-2: Limits for harmonic current emissions: equipment input current up to 16 A per phase, 1998.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS. **IEEE-519** . Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power system. Project. 1991.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS . **Principales indicadores económicos de Bolivia y Brasil**. Disponível em: <<http://www.ine.gov.bo>>. Acesso em: 25 de abr. 2004.

JARDIM, E. G. M. Gestão da produção :apostila da disciplina de Gestão da Produção do MBA em Gestão Empresarial da FGV, Rio de Janeiro: FGV, 2002.

JARVIS,D.J. Appliance distribution and marketing: essential for the global growth of natural gas. **Gas Engineering & Management**, p. 218-224, Sept. 1993.

KOTLER, P; ROBERTO, E. L. **Marketing social: estratégias para alterar o comportamento público**. Rio de Janeiro: Campus , 1992.

KUMAR, S. **Gas production engineering**. Houston: Gulf Publishing Company, 1987.

KUO, K. K. **Principles of combustion**. New York: Wiley-Interscience, 1986.

LIMA, S. 46 Milhões de novos consumidores. **Revista Exame**, v.41, n. 19, 2007. edição especial.

LIMA, V. Q. **Gerente de Planos de Negócios da Petrobrás**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por flavio@bgfconsultoria.com.br em 10 de out. 2004.

MARTIN, J. M. **Processus D’Industrialisation et développement énergétique du Brésil**: . travaux memoires de l’institut des hautes études de l’amérique latine. Paris: Université de Paris, 1966.

MARTINS, W. W.; TOLEDO, E. D. **Aquecimento Elétrico**: fornos e soldas. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Eletricidade, São Paulo, 1980.

MEIRA FILHO, L. G. Energia e os desafios impostos pela mudança de clima. São Paulo: PIPGE – IEE/USP, 2005.

MELHORAMENTOS. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. 10 ed. São Paulo: Melhoramentos, 1996.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **O novo modelo institucional do setor elétrico**. Brasília: MME, 2003. p. 49.

_____. **Matriz Energética Nacional** :MEN 2023. Brasília:MME, 2006, 22 p.

OLIVEIRA, J. G. **Avaliação de Distúrbios em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, devido às Distorções Harmônicas**. Dissertação (Mestrado) PIPGE/IEE/USP, São Paulo, 1995.

OLIVEIRA, N.S.C. Projetos de Co-geração com Gás Natural, Barreiras e Oportunidades. In: Seminário Interno do PIPGE , 2003.

PEREIRA, R. Angra 3 marca fim do ciclo de energia barata. **Estado de São Paulo**. São Paulo, 1 jul. 2007, Caderno de Economia & Negócios.

PIRATININGA. Disponível em: <<http://www.cpflpiratininga.com.br>>. Acesso em: 16 mai. 2007.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Disponível em <<http://www.pnud.org.br/energia/reportagens/index.php?id01=2671&lay=ene>>. Acesso em: 11 jul. 2007.

POMILIO, J. A. Fascículo harmônicos: **O setor elétrico**, São Paulo: Atitude, v. 1, n.2, mar. 2006.

POULALLION, P., informação verbal durante congresso Rio Oil&Gas 2004, em 07/10/2004.

PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. Disponível Em: <http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp?TeamID=%7B95F19022-F8BB-4991-862A-1C116F13AB71%7D>. Acesso em: 17 nov.2007.

PROGRAMA NACIONAL DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DOS DERIVADOS DE PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL - CONPET. Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br/>> Acesso em: 20 nov.2007.

RIBEIRO, Z. B. Parâmetros para Análise de Projetos de Eficiência Energética em Eletricidade. Dissertação (Mestrado) PIPGE/IEE/USP, São Paulo, 2005.

RIO POLÍMEROS. Disponível em: <<http://www.riopol.com.br/>>. Acesso em: 1 jul. 2007.

ROBUR. Disponível em: <www.robur.it>. Acesso em: 2 jul. 2007.

SANTOS, E. M.; FAGÁ, M. T. W., BARUFI, C. B.; POULALLION, P. L. Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, v.21,n.59, 2007.

SANTOS, E. M. **Energia, gás natural & sustentabilidade**. 2004..305 f.. Tese de Livre docência, USP, São Paulo, 2004.

SANTOS, E. M. et al. **Gás natural**: estratégias para uma energia nova no Brasil. São Paulo, Ed. Annablume, 2002. p. 352.

SCHNEIDER. Workshop instalações elétricas de baixa tensão – qualidade de energia – harmônicas. apostila da Schneider electric e procobre.(2005) Disponível em: <<http://www.schneider.com.br>>. Acesso em 02 de jun. 2006.

SEARS. Roebuck and Company. Basics of combustion and venting: S-13. /Apostila de curso/., 1977.

SIEGEL, R.; HOWELL, J. R. **Thermal radiation heat transfer**. Tokyo: McGraw Hill Kogakusha, 1972.

SHEN, D. M.; SIMÕES-MOREIRA, J. R.; FERNANDES, F.. Using gas pipeline pressure to liquefy natural gas or generate electricity. **Hydrocarbon Processing Journal**, vol. 85, n. 1, jan. 2006.

SLACK, N.; et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STRAPASSON, Alexandre Betinardi . **A energia térmica e o paradoxo da eficiência energética-desafios para um novo modelo de planejamento energético**. 134f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. São Paulo, 2004.

ANEXO 1

ENTREVISTA COM FERNANDO CÖRNER DA COSTA

Realizada em 06 de Junho de 2.007, por Flávio Fernandes.

Breve Resumo do CV: Fernando Cörner da Costa é engenheiro mecânico e de segurança, é sócio da Krona – Consultoria e Projetos Ltda. Presta consultoria para a Ultragaz na área de desenvolvimento de novos projetos. Tem uma experiência de 32 anos em projetos e execução de instalações para gases combustíveis e gases do ar, conservação de energia, equipamentos de uso final em GLP e outros combustíveis, além de ministrar cursos nestes assuntos.

Pode ser encontrado nos fones: (11) 3177-6577 e (11) 9171-1519.

1) Quando o Brasil se tornou auto-suficiente em GLP?

O Brasil caminhava para a auto-suficiência em 2.006, mas com a entrada em operação da Rio Polímeros (petroquímica de 1ª geração instalada no pólo gás-químico do Rio de Janeiro), parte do GLP, antes produzido através do refino do petróleo e da separação do gás natural da Bacia de Campos, que abastecia o mercado nacional, passou a ser direcionado para a planta gás-química, reduzindo a disponibilização de GLP para o mercado nacional. Na verdade o que houve foi um atraso na auto-suficiência. Embora este seja um tema que gera muitas controvérsias, algumas correntes estimam que a auto-suficiência deva ocorrer entre 2.008 e 2.010.

Consulte o site da ANP para analisar as importações de GLP:

www.anp.gov.br/doc/dados_estatisticos/Plan1!A215 (selecionar GLP)..

2) Quais as previsões de produção x consumo para o GLP?

A produção do GLP tende a crescer com o crescimento do refino do petróleo e da produção de gás natural nacional, enquanto a demanda de GLP, para fins energéticos no mercado brasileiro, tem demandado uma quantidade estável, da ordem de 6.500.000 ton/ano nos últimos 3 anos (2004 – 2006).

Consultar www.anp.gov.br/doc/dados_estatisticos/Vendas_de_Combustiveis_m3.xls

Selecionar GLP.

Como a informação se encontra em metros cúbicos de GLP em fase líquida, multiplicar por 0,55 ton/m³ para obter o resultado em toneladas.

3) Pode indicar alguma literatura sobre GLP?

A bíblia do GLP é o “Handbook Butane Propane – forth edition – 1962”.

4) E quanto à composição e normas vigentes sobre o GLP?

Existe o código norte-americano publicado pelo NFPA (National Fire Protection Association) sob nº 58: Liquefied Petroleum Gas Code, 2.001 Edition, referente ao transporte do GLP, projeto, construção, instalação e operação de sistemas que usam GLP, que tem servido de base para a elaboração das normas brasileiras da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Portanto, já existem muitas normas da ABNT, onde pode ser destacada para o âmbito desta tese a norma NBR 12313:2000 (Sistemas de combustão – Controle e segurança para utilização de gases combustíveis em processos de baixa e alta temperatura).

Existe também a FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) da Petrobrás (de 01/12/2004, nº Pb0025_P, versão: 0.1P), que dispõe sobre composição, cuidados e segurança a respeito do GLP.

Obs.: o Sr. Fernando enviou a FISPQ por meio eletrônico para o autor.

A densidade que utilizo é a relação: 1 m³ de GLP na fase líquida equivale a 550 kg, ou seja, a densidade relativa do GLP na fase líquida é de 0,55.

5) Qual o PCS ou PCI utilizado na prática para o GLP?

O valor é 11.000 kcal/kg. A ANP apresenta o valor de 11.300 kcal/kg em seu site (vide “Fatores de Conversão, Densidade e Poderes Caloríficos Inferiores – valores médios para o ano de 2.005”, que pode ser encontrado no site: www.anp.gov.br), mas, o valor que eu costumo usar é 11.000 kcal/kg.

6) Como está o espaço do GLP na indústria?

O GLP tem uma cultura no Brasil de ser o gás de cozinha. De fato a penetração do GLP nos lares brasileiros é maior que a da energia elétrica e do saneamento. Chega a ponto de ser jogado em rios por avião, uma vez que o botijão P13, mesmo cheio, é mais leve que a água.

Na indústria, onde existe a presença de gás natural, houve um deslocamento de mercado, pois o GLP não consegue competir com os preços praticados pelo GN canalizado. Entretanto, o GLP está retomando seu espaço em utilizações específicas, onde não existe a possibilidade de GN canalizado e onde equipamentos de grande eficiência podem fazer a diferença, mesmo contra o óleo combustível. Por exemplo, existe um chiller de absorção da Robur (italiano) que tem um sistema de absorção e ao mesmo tempo uma bomba de calor. O equipamento produz água gelada, transferindo esse calor daí retirado para produzir água quente, portanto um sistema de elevada eficiência. O Josemar, que passou meu celular para você, representa este tipo de equipamento em conjunto com a Ultragaz. Existe um restaurante, aqui em São Paulo (In Città), que possui uma máquina Robur de absorção que apenas produz água gelada para uma câmara fria e para o ar condicionado do restaurante, ou seja, um equipamento e duas temperaturas (finalidades) diferentes.

A Ultragaz está preocupada em se preparar tecnicamente e ter diversas alternativas para uso do GLP, porque existe uma possibilidade de ocorrer um novo apagão no setor elétrico para 2.008 ou 2.009, que poderia vir a coincidir com a auto-suficiência em GLP. Caso ambas, tais premissas se confirmem, haveria necessidade de se buscar fontes alternativas para a indústria, sendo o GLP uma alternativa, pois, nem todos terão gás natural canalizado em suas portas.

A Ultragaz possui uma Academia para treinamento de profissionais de seu quadro, de seus revendedores e parceiros, a qual tem o objetivo da preparação destes grupos para o futuro.

Obs.: o Sr. Fernando me mostrou as dependências da Academia que fica no 2º andar do prédio da matriz do Grupo Ultra, na Av. Brigadeiro Luiz Antônio, 1343 – Bela Vista – São Paulo – SP.

7) E quanto à presença de hidrocarbonetos pesados no GLP em tanques estacionários?

Em botijões P13 temos o programa de requalificação, que necessariamente testa os botijões a cada 10 anos (teste hidrostático)- onde são lavados e testados, além de inspeções periódicas, o que minimiza a presença de pesados.

Nas instalações com recipientes estacionários não existe o problema de uma eventual devolução de gás, pois, a cobrança é feita pelo reabastecimento do tanque. A NR13 (Caldeiras e Vasos de Pressão) exige a inspeção visual anual, a interna a cada 3 anos e o teste hidrostático a cada 6 anos.

8) E quanto às impurezas e limitações ao uso do GLP?

Quanto a impurezas existentes no GLP, as frações como o pentano e hidrocarbonetos mais pesados, podem ser de 0,5 a 2,0% v/v, enquanto o teor máximo de enxofre está estabelecido em 0,36 g/m³ de GLP na fase líquida.

Com relação às limitações, elas existem sim! Quando a hidrelétrica de Itaipu começou a funcionar, o governo fomentou o uso da energia elétrica para fins térmicos. Foi instituída, naquela ocasião, a EGTD (Energia Garantida por Tempo Determinado), que era a venda de energia elétrica por um preço muito baixo. Em contrapartida, para fomentar a mudança tecnológica, o governo baixou normas restringindo o uso do GLP para fins automotivos, exceto empilhadeiras, caldeiras, saunas e aquecimento de piscina. Porém, atualmente, tal premissa não mais se justifica por duplo motivo: em primeiro lugar a tendência é que a geração e a distribuição de energia elétrica venha a se tornar crítica em um futuro próximo, quando as termelétricas serão a alternativa para atendimento das novas demandas, as quais apresentam eficiências relativamente baixas. Em segundo lugar, a opção do uso do gás em substituição à eletrotermia apresenta eficiências muito mais elevadas, principalmente em processos de baixas temperaturas, como caldeiras e aquecedores. Procure no site da ANP. A portaria veio do DNC.

Obs.: no site: [http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_portarias/portarias_dnc/1992/pdnc%204%20-%201992.xml?f=templates\\$fn=default.htm&sync=1&vid=anp:10.1048/enu](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_portarias/portarias_dnc/1992/pdnc%204%20-%201992.xml?f=templates$fn=default.htm&sync=1&vid=anp:10.1048/enu), pesquisado em 03/07/2007, encontra-se a Portaria DNC nº 4, de 7/2/1. 992 que saiu no DOU de 13/2/1. 992.

9) O que você pode falar sobre o GLP em processos, ou equipamentos que necessitam de radiação térmica?

Existe um livro muito bom sobre combustão e aplicações de gás, da British Gas: "Combustion Engineering and Gas Utilization" third edition, editado por J. R. Cornforth, onde existe uma explicação sobre radiação dos diferentes gases. A radiação é fruto da presença de partículas de carbono nos produtos da combustão. Ou seja, hidrocarbonetos com cadeias carbônicas pequenas produzem menos e com cadeias maiores produzem mais radiação devido à incandescência dos átomos de carbono em elevadas temperaturas no trajeto da chama. É o caso do óleo combustível, que possui cadeia grande e grande taxa de transferência de calor por radiação. Como uma importante parcela do calor sai através da radiação, que se dá próximo à chama, os produtos da combustão apresentam uma rápida queda de temperatura. Quando se converte um equipamento de óleo para GLP, cujo projeto levou em conta a taxa de transferência de calor por radiação gerada pela queima do óleo, a parcela da radiação com GLP é menor, o que provoca uma maior temperatura nos produtos da combustão, que, por sua vez, ocupam um volume maior, o que se reflete em maior vazão dentro de um equipamento por possuir volume constante. Como ocorre neste caso o aumento da velocidade dos produtos da combustão, aumenta a convecção, que é outra forma de transferência de calor. Um cuidado que se deve tomar nesta conversão óleo x gás, diz respeito à resistência do isolamento térmico do equipamento, pois, imediatamente após a região projetada para absorção de calor sobre a forma de radiação, haverá o aumento da temperatura dos produtos da combustão.

Por outro lado, pelo fato do GLP não possuir enxofre, como ocorre no óleo combustível, os produtos da combustão não precisam sair com temperaturas tão elevadas para evitar a condensação de compostos ácidos de enxofre, o que viabiliza a instalação de sistemas de recuperação de calor para vários tipos de aplicações como preaquecimento do ar de combustão, de fluidos de processo e de matérias-primas, com o objetivo da conservação de energia.

10) Quais são os principais locais de distribuição x logística no Brasil?

O armazenamento de GLP pode ser feito conceitualmente de duas formas:

- *na temperatura ambiente sob pressão (butano 5kgf/cm² a 37,8°C e propano 15 kgf/cm²), em vasos de pressão como tanques e esferas.*
- *em baixa temperatura, por volta de – 47°C, e pressão atmosférica em tanques termicamente isolados.*

Em Alemoa, Santos – SP existem tanques em baixa temperatura com a capacidade unitária de 40.000.000 litros.

Na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, existem também tanques de baixa temperatura e esferas na Ilha Redonda.

A distribuição de GLP no Brasil se faz a partir das bases, refinarias, UPGNs – Unidades de Processamento de Gás Natural e terminais de recebimento de produto importado da Petrobrás, a partir das Petroquímicas de 1ª geração e a partir da Usina de Xisto para as empresas distribuidoras. A logística da distribuição aos consumidores residenciais, comerciais e industriais, já comentada, tem uma capilaridade impressionante. E um detalhe muito importante: se houver aumento da demanda no Brasil, mesmo que não atingirmos a auto-suficiência, toda a infra-estrutura para importar já está pronta, pois o Brasil já chegou a importar 80% de sua necessidade, ou melhor, 100%, por que no início do uso do GLP não tínhamos nenhuma fonte do produto.

11) Fale um pouco sobre a história do GLP no Brasil.

Procure no site do Sindigás um livro do Sérgio Bandeira de Melo: “Os Pioneiros: GLP – Meio Século de História”.

Tudo começou com o Zeppelin, que usava GLP em seus motores. O Sr. Ernesto Igel, fundador da Ultragaz, comprou o GLP remanescente nos tanques que se encontravam no bairro do Caju, no Rio de Janeiro, após o acidente do Zeppelin, começando a engarrafar e vender o gás e fogões domésticos para residências. Assim começou a história do GLP que coincide com a da Ultragaz, em 1937.

O livro descrito acima pode ser obtido por download (por capítulo) do site: <http://www.sindigas.com.br/historico/index.asp>.

ANEXO 2

EQUIPAMENTOS E TECNOLOGIAS À GASES COMBUSTÍVEIS

I) EQUIPAMENTO ROBUR: ABSORÇÃO MAIS BOMBA DE CALOR

Levantamento realizado no site: www.robur.it e www.robur.com em 02/07/2.007 e em reuniões com Josemar Brancacci e Marcelo C. Palmieri.

Companhia

A Corporação ROBUR foi fundada em 1991, pelo principal fabricante italiano de aquecedores e de tecnologias de refrigeração vendidos em toda Europa desde 1956. Esse foi um dos motivos do crescimento da Robur, devido ao canal de distribuição para seus produtos em todo mercado europeu. Nos EUA existem uma unidade situada em Evansville, em Indiana.

Os equipamentos Robur produzem energia com elevada eficiência e com menor impacto ambiental.

No Brasil, os equipamentos são comercializados pela Orbitek, representante da marca no Brasil, em venda em conjunto com a Ultragaz.

A Evolução da Eficiência da Absorção a Gás

As bombas de calor por absorção por combustão de gás e a sustentabilidade são a combinação perfeita entre a pesquisa e a potencialidade inovadora do planejamento e da produção com baixo impacto ambiental. A tecnologia de absorção da água-amônia, desenvolvida com sucesso pela ROBUR para a produção de água gelada, é aplicada também aos sistemas para a produção da energia térmica. Como consequência, as bombas de calor ROBUR podem alcançar eficiências de energia incomparável de, aproximadamente, 40% mais elevada do que as melhores caldeiras disponíveis no mercado.

História (Einstein)

O ciclo de absorção, em sua forma simples, é um processo pelo qual um efeito refrigerante é produzido com o uso de dois líquidos e uma quantidade do calor. Este efeito refrigerante é produzido pela remoção de calor com a evaporação de um líquido (refrigerante) a baixa pressão e, a rejeição de calor, através da condensação de um fluido refrigerante em uma pressão mais elevada.

O primeiro elemento do princípio de absorção, a evaporação, remonta seu uso aos egípcios. Os recipientes da cerâmica do vinho e outros líquidos eram colocados do lado de fora das casas durante a noite, de modo que a brisa fresca acelerasse a evaporação e gelasse o líquido.

Mas, a evolução científica de refrigerar pela absorção só começou de fato em 1774, quando o cientista inglês Joseph Priestly conseguiu isolar a amônia, o oxigênio e o dióxido de (O QUÊ???). Outro inglês, Michael Faraday, usou um tubo em forma de “U” com as extremidades fechadas; onde uma ponta era aquecida para aumentar a pressão quando a outra era refrigerada. Observou que o cloreto de prata tem uma propensão peculiar em absorver a amônia. Faraday demonstrou o efeito refrigerante no tubo selado com a evaporação da amônia e sua migração de volta para o pó de cloreto de prata, onde foi reabsorvida.

Em 1846, Ferdinand Carré inventou o ciclo e construiu uma máquina prática usando o princípio de duas pressões da amônia com água. Em 1866, Ferdinand e seu irmão Edmond, comercializaram a aplicação destas máquinas que, inicialmente, foram usadas para fazer gelo. Este projeto seguiu esta linha de aplicação nos EUA durante sua guerra civil.

A tecnologia de refrigeração por absorção era ainda relativamente nova e com exposição limitada a este potencial de aplicação, quando Carl G. Munters e Baltzen Van Platen patentearam o ciclo com uma única pressão e com o hidrogênio e amônia-água em 18 de agosto de 1922. Outro prestigiado cientista, Albert Einstein, trabalhou no ciclo da refrigeração por absorção - desenvolvido em 1927, pelo qual recebeu uma patente que foi assinada por Servel. Como uma medida da produtividade, de 1927 a 1955, Servel assinou 250 patentes em refrigeração por absorção. Estes esforços resultaram na produção de 4 milhões de refrigeradores por absorção e, finalmente, ao desenvolvimento e a comercialização de unidades de condicionamento de ar por absorção.

Em 1933, o refrigerador de água do ciclo foi substituído por um refrigerador de ar. O condensador era diretamente gelado por ar, enquanto o absorvente era refrigerado por um circuito secundário que continha cloreto de metila e seu calor era rejeitado no ar. Em 1940, o absorvente, assim como o condensador no ciclo de absorção do refrigerador, era diretamente refrigerado a ar. Em 1939, Servel introduziu o condicionador ar a água salgada de duas pressões a absorção na feira de New York World's.

Melhorias e refinamentos na refrigeração por absorção continuaram. Servel reviveu o ciclo da amônia-água das duas pressões de Carré com um projeto ar refrigerado, e a produção comercial começou em 1964.

Hoje, o ciclo da amônia-água de duas pressões foi submetido a uma outra alteração de projeto, que utiliza a tecnologia "GAX". Isto fez com que o ciclo requeresse menos energia térmica para realizar o mesmo efeito refrigerante. Uma eficiência melhoria de 30 % foi obtida sem mudar drasticamente o tamanho total da unidade.

A tecnologia de refrigeração por absorção transformou-se em uma alternativa aceita e divulgada para refrigeradores residenciais, comércio e processos industriais. A refrigeração a ar, ciclo da amônia-água, continua a oferecer muitas vantagens distintas à indústria.

Os equipamentos são de pequeno porte, produzindo 5 TR de água gelada e 38,8 kW de água quente a 65°C, como pode ser visto na Figura A 2.1 a seguir:

Figura A.2.1: Equipamento Robur GAHP-W

A evolução da eficiência do ciclo de absorção a gás da amônia-água pode ser visto na Figura A.2.2 a seguir:

WATER-AMMONIA GAS ABSORPTION EFFICIENCY EVOLUTION

Obs.: HHV significa High Heat Value, ou, PCS.

Figura A.2.2: Evolução da Eficiência em Equipamentos de Absorção Amônia-Água

A Figura A.2.2 mostra a eficiência do equipamento GAHP-W que atinge 1,96; ou seja, do gás GLP, a uma taxa de 2,0 kg/h, ocorre a produção + transferência de energia do ambiente, a ponto da energia do gás, mais a do ambiente, gerar 1,96 da energia gerada com a queima estequiométrica do gás.

A eficiência varia, mas em média, chega a 1,5; ou seja, para cada unidade de energia contida no gás, são produzidas 150% desta em energia térmica, sendo 38,8 kW em calor (água quente até 65°C) e 5 TR em frio (água fria até 3°C), como podemos ver na Figura A.2.3 a seguir:

Figura A.2.3: Diagrama de Energia da Bomba de Calor e Absorção da Robur

Descritivo do Funcionamento do Equipamento Robur

Podemos verificar o funcionamento do equipamento Robur através do desenho esquemático da Figura A.2.4 a seguir:

Figura A.2.4: Diagrama Esquemático de Funcionamento do Equipamento Robur.

As cores representam a concentração da mistura amônia-água e a temperatura da água que é aquecida ou resfriada. A legenda de cores auxilia na compreensão do funcionamento do equipamento.

Um queimador (lado esquerdo, na parte de baixo da figura A.2.4) a gás GLP ou GN, aquece um gerador de vapor com uma mistura de amônia e água. Este gerador possui chicanas, pois, a amônia se separa da água ao longo deste gerador. Na parte de cima, temos o vapor refrigerante de amônia (em amarelo), que passa por um retificador.

Do retificador o vapor de amônia vai para o condensador (em amarelo), onde é aquecida a água (em rosa) e onde é resfriado o vapor, que passa a ser um fluido refrigerante (em verde). Sofre uma expansão para reduzir sua temperatura e entra em um trocador de calor (pipe in pipe). Sofre nova expansão, e entra no segundo trocador de calor, que é o evaporador, responsável por refrigerar a água (em azul).

Ao sair do evaporador, o fluido refrigerante está novamente como vapor de amônia (em amarelo), que passa pelo primeiro trocador de calor para ser ligeiramente resfriado e ficar próximo da temperatura de saturação. Entra no absorvedor/regenerador, onde é borrifado uma solução fraca de amônia, contendo muita água, que veio do gerador de vapor (em vermelho) e sofreu expansão para reduzir a temperatura. As gotas de água reabsorvem a amônia. Esta absorção é exotérmica e libera grande quantidade de calor, na forma de uma solução forte (em laranja) que se deposita no fundo do regenerador.

A solução forte com um pouco de vapor (em laranja com bolinhas amarelas) vai para o condensador e junto com o vapor de amônia (em amarelo) aquecem a água (em rosa).

A solução forte é resfriada no condensador (em laranja) e vai para um pequeno reservatório sobre a bomba de membrana (em laranja), cuja finalidade é garantir que, somente a solução passe para a bomba que impulsiona esta solução forte para o retificador em uma serpentina em espiral, onde ocorre um pequeno resfriamento (em laranja) que chega a condensar uma pequena parcela de vapor em solução forte (que retorna ao gerador). Segue então para o regenerador, de baixo para cima em uma serpentina em espiral, para ser, novamente, aquecido (em laranja) e retornar ao gerador, abaixo do retorno de solução forte do retificador, onde é responsável pelo aquecimento necessário para geração de vapor de amônia (em laranja com bolinhas amarelas).

Robur no Brasil

Os produtos da Robur são representados no Brasil pela Orbitek (contato com Sr. Josemar Brancacci), que comercializa os equipamentos em projetos especiais de parceria com a Ultragaz (Sr. Marcelo Palmieri).

II) EQUIPAMENTO AISIN: BOMBA DE CALOR A GÁS

O grupo Toyota possui uma empresa italiana que fabrica motores a combustão, com ciclo Otto, utiliza um fluido refrigerante ecologicamente correto (R407) e como combustível o GN ou GLP.

Podem ser utilizados em ambientes abertos ou no interior de edificações.

Podem produzir água quente e água fria ao mesmo tempo, pois é uma bomba de calor, onde o sistema de absorção é substituído por quatro compressores scroll movidos pelo motor a gás. Possui um sistema de controle de velocidade inteligente, que regula as rotações segundo as temperaturas internas e externas.

É um sistema versátil, que possibilita ser utilizado em residências, comércio ou indústrias.

Possuem três modelos, com capacidades de 5 HP, 10 HP e 20 HP, com produção de frio de 14 kW, 28 kW e 54 kW, respectivamente, e de calor de 18 kW, 33,5 kW e 65 kW, respectivamente, para uma água fria de 7°C a 11°C e de água quente de 42°C a 47°C. Mais detalhes em: www.aisin.it.

III) EQUIPAMENTO LS: CHILLER DE ABSORÇÃO A GÁS

O grupo LG foi separado e criou a divisão LS que fabrica chillers à combustão direta de GN ou GLP. Seus equipamentos, denominados LS R-Series Direct Fired Absorption Chiller, possuem um coeficiente de performance (COP) de 1,36, de acordo com o fabricante. Considerando que este sistema possui também uma bomba de calor que utiliza uma solução em água de LiBr. Mais detalhes em: www.isaircondition.com.

ANEXO 3

LISTA DE EQUIPAMENTOS PARA MEDIÇÃO UTILIZADOS

Feito por: Flávio Fernandes

Vide tabela a seguir com lista de equipamentos utilizados nas medições de energia:

Código	Descrição	Fabricante	Certificado Calibração RBC	Certificado Calibração OUTROS
ANALYST 3Q	Analizador de Energia	LEM / Minipa	IPT	IPT
ET-2600	Multímetro True RMS	Minipa	Minipa	
MLM-1333	Luxímetro	Minipa	Minipa	
MDT-2238	Tacômetro	Minipa	Minipa	
MT-360	Termômetro Infravermelho	Minipa		Minipa
MV-365	Termômetro Imersão	Minipa		Minipa
ET – 4050	Alicate Wattímetro	Minipa	Minipa	
MV – 365	Termômetro Digital	Minipa		Minipa

A seguir, vide características técnicas dos dois principais equipamentos utilizados:

Analizador de Qualidade de Energia – ANALYST 3Q

Dados técnicos

Generalidades:

Mostrador: Mostrador LCD ¼ VGA Graphic, 320 x 240 Pixel, com iluminação de fundo “ligável” e “desligável” e contraste ajustável, representação de texto e gráficos com escala de cinzentos.

Qualidade: Desenvolvido, construído e fabricado segundo DIN UM 9001.

Memória: Memória Flash de 2 MB, dos quais 1,5 MB destina-se a dados de medição

Interface: Conector fêmea RS 232 SUB-D; 115,2 kBaud, 8 bits de dados, sem paridade, 1 bit de paragem, atualização do firmware através da interface RS 232 (cabo de extensão de 9-Pol 1:1).

Taxa de varrimento: 10,24 kHz

Rede: 50 Hz ou 60 Hz com sincronização automática

Gama de temperatura

Gama de temperatura de trabalho: $-10^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$

Gama de temperatura de armazenagem: $-20^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$

Gama de temperatura de serviço: $0^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$

Gama de temperatura de referência: $+23^{\circ}\text{C} \pm K\text{C}$

Coefficiente de temperatura: $\pm 0,1\%$ do valor de medição por K

Erro intrínseco: Refere-se à temperatura de referência, garantia de 2 anos

Erro operacional: Refere-se à gama de temperatura de serviço, garantia de 2 anos.

Classe climática: C1 (IEC 654-1), $-5^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$, 5%...95% RH, sem formação de umidade.

Caixa: Cycloy – termoplástico resistente ao choques e aos riscos, versão V0 (não inflamável) com revestimento de protecção em borracha.

CEM

Emissão: IEC/UM 61326-1:1997 Classe A.

Imissão: IEC/UM 61326-1:1997.

IEC/UM 61326-1, Amendm. 1: 1998.

Alimentação de tensão: Acumulador NiMH, carregável com adaptador (15V/0,8^a).

Tempo de operação com acumulador: Típico: >24h sem iluminação >12h com iluminação.

Medidas: 240 x 180 x 110 mm.

Peso: aprox. 1,7 kg (incl. Acumulador).

Segurança:

Tipo de protecção: IEC 61010-1 600V CAT III, isolamento reforçado, grau de poluição 2.

Protecção da caixa: IP65 segundo UM60529 (refere-se somente à caixa base, com exclusão do compartimento das pilhas).

Especificações:

Os valores eficazes são medidos com uma resolução de 20ms.

Ligação estrela V-rms

Gamas de medição: 57 V AC

Erro intrínseco: $\pm(0.2\%$ do val. Méd. + 5 casas)

Medição A-rms

São suportados o LEM-flex e as pinças de corrente com saída de tensão. Os sensores de corrente têm de corresponder a 600V / Cat. III.

A resistência de entrada das entradas de corrente correspondem a $R_{in}=8,92\text{k}\Omega$.

Gama LEM-flex IN: 15 / 150 / 3000 A rms (senoidal).

Gama pinças de corrente: 50 / 500 Mv AC.

Resolução: 0,01 A.

Gamas 150 / 3000 A ou 50 / 500 Mv.

Os desvios dos sensores de corrente propriamente ditos não são considerados.

Se for usado o LEM~flex:

CF (típico): 2,83

Medição da potência (P, Q, S, D)

Gamas de medição: vide medição U e I

Os desvios da potência são obtidos a partir da adição dos desvios da tensão e corrente.

Gama de medição máxima com gama de tensão 830V da ligação triângulo e gama de corrente de 3000^a é: 2.490MW.

Gama típica com gama de tensão 230V da ligação estrela e gama de corrente de 150^a é: 34,50Kw

Alicate Wattímetro – ET – 4050

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Especificações Gerais

- Display: LCD 4 Dígitos para Potência. LCD 6 Dígitos para Energia.
- Taxa de Conversão A/D: Aprox. 4 vezes/s.
- Máxima Tensão para Terra: 600V RMS.
- Corrente Máxima: 700^a RMS.
- Indicação de Sobre-faixa: OFL.
- Indicação de Bateria Fraca: BAT é mostrado quando a tensão da bateria está abaixo da tensão de operação.
- Vida da Bateria: 30 horas típica (alcalina).
- Alimentação: Bateria 9V NEDA1604A ou 6LF22.
- Diâmetro Máximo do Condutor: 51mm.
- Abertura Máxima da Garra: 52mm.
- Tensão Máxima do Condutor: 600V RMS.
- Efeito de Condutor Adjacente: 1.5% da corrente do condutor adjacente (máximo).
- Uso Interno.
- Altitude: 2000m.
- Temperatura e Umidade de Operação: 0°C a 50°C (32°F a 122°F) à RH < 80% não condensado.
- Grau de Poluição: 2.
- Conformidade de Segurança: De acordo com os requisitos da UL3111-1, CSA C22.2 No.1010.1-92 e ANSI/ISA-S82.01-94.
- Peso: Aprox. 545g.
- Dimensões: 245(A) x 98(L) x 44(P)mm.

Especificações Elétricas

A precisão é dada como $\pm(\% \text{ da leitura} + \text{número de dígitos menos significativo})$ à 18°C a 28°C, com umidade relativa de até 80%, para um período de calibração de 1 ano.
(A precisão é especificada de 5% a 100% da faixa selecionada).

ANEXO 4

INFORMAÇÕES SOBRE O MERCADO FARMACÊUTICO NO BRASIL

Introdução

O mercado farmacêutico mundial ocupa uma importante parcela da economia. Os números são muito altos. Necessita de grandes capitais e, por isto, existe uma tendência clara de concentração de empresas. Várias empresas foram compradas por outras maiores. A necessidade de concentração se deve aos grandes investimentos em pesquisa, que são necessários para sua perpetuação. Entretanto, este mercado se divide em duas categorias:

Empresas que investem em pesquisas para descobrirem novas fórmulas farmacêuticas, ou para darem novos usos a fórmulas já existentes. Caracterizam-se pela necessidade de grandes investimentos em pesquisa. De cada 100 pesquisas, uma resulta em um novo medicamento, que então é patenteado. Grande parte do lucro destas empresas é direcionado para novas pesquisas.

Empresas que produzem produtos genéricos ou similares. Caracterizam-se por investir na produção, utilizando como produtos aqueles já desenvolvidos e que já passaram pelo período de exclusividade da patente. Tem que atender às normas da ANVISA, que pede uma série de comprovações da eficácia do medicamento, para se certificar que o medicamento tem a mesma ação do remédio de referência. Como não investem em novas fórmulas, não necessitam colocar no custo do medicamento este custo de investimento. Por isto, os remédios genéricos são mais baratos. Com a legislação brasileira atual, até 2008 os medicamentos similares ou irão se tornar genéricos, ou sairão do mercado.

O mercado total de medicamentos no Brasil, que inclui todas as categorias de produtos da indústria farmacêutica brasileira, movimentou no varejo US\$ 9,21 bilhões no ano de 2005 e US\$ 10,89 bilhões no ano de 2006; alta de 18,2%. Em 2007, tendo como base os cinco primeiros meses, a estimativa é superar os US\$ 11 bilhões.

Em unidades, o mercado total aumentou em 3,1% de 2005 para 2006. Em 2007, tendo como base os cinco primeiros meses, a estimativa o mesmo número de unidades de 2006.

É um mercado que cresce, exporta, mas ainda é deficitário em sua balança comercial. Ou seja, tem muito a ser feito para desenvolver este setor.

1. Divisão do Mercado

Segmentação entre medicamentos de *referência*, *similares* e *genéricos*. Conforme pode ser visto na Figura A4.1. Os *medicamentos de referência* estão reduzindo sua participação em número de unidades nos últimos anos. Perdem espaço para os *genéricos*, principalmente, e os *similares*.

Cabe a seguinte explicação: os *medicamentos de referência* são aqueles que estão dentro do prazo de exclusividade definido pela lei de patente. *Medicamentos similares* são aqueles similares aos de *referência*, mas que não cumpriram com todas as exigências necessárias para serem considerados *genéricos*. *Medicamentos genéricos* são aqueles iguais a um *medicamento de referência*, que cumpriram com todas as exigências da ANVISA para garantir que tenha a mesma eficácia do *medicamento de referência*.

Figura A4.1: Percentual de vendas, em unidades, dos três tipos de medicamentos

Como pode ser visto na Figura A4.2, quando se analisa as receitas oriundas da venda destes medicamentos, fica claro que existe uma diferença de preços.

Figura A4.2: Percentual de vendas, em R\$, dos três tipos de medicamentos

2. Vendas do Mercado Nacional

As vendas no mercado nacional estão relativamente estáveis, como pode ser visto na Figura A4.3 a seguir:

Figura A4.3: Total de vendas por ano em 1000 unidades

Ano de 2004: 1.652.125.000 unidades foram vendidas

Ano de 2005: 1.613.828.000 unidades.

Ano de 2006: 1.664.272.000 unidades

Ano de 2007 (até maio): 653.168.000 unidades

Entretanto, ao analisar os valores envolvidos nestas vendas, houve um aumento da receita, quer seja em US\$ ou R\$, como pode ser visto nas Figuras A4.4 e A4.5 a seguir:

Figura A4.4: Valores nominais vendidos, em reais, ao longo dos anos.

Ano de 2004: R\$ 20.012.949.000,00
 Ano de 2005: R\$ 22.238.481.000,00
 Ano de 2006: R\$ 23.782.417.000,00
 Ano de 2007 (até maio): R\$ 9.724.206.000,00

Figura A4.5: Valores nominais vendidos, em dólar americano, ao longo dos anos.

Ano de 2004: US\$ 6.818.295.000,00
 Ano de 2005: US\$ 9.214.189.000,00
 Ano de 2006: US\$ 10.891.621.000,00
 Ano de 2007 (até maio): US\$ 4.719.347.000,00

Este crescimento fica mais evidente quando se compara, em um único gráfico, as informações contidas nas Figuras A4.3, A4.4 e A4.5, como aparece na Figura A4.6 a seguir:

Figura A4.6: Índice de vendas, em dólar americano, reais e unidades, base 1997

Ou a mesma informação da Figura A4.6, mas em valores referentes a US\$ 1000, R\$ 1000 e 1000 unidades, como se vê na Figura A4.7 a seguir:

Figura A4.7: Valores nominais vendidos, em dólar americano e reais, versus unidades

3. Exportações e Importações

Com relação à balança comercial, houve um grande aumento das exportações, mas as importações superaram significativamente as exportações.

Na Figura A4.8 se vê o desenvolvimento das exportações ao longo dos últimos anos.

Figura A4.8: Valores nominais exportados, em dólar americano

Ano de 2004: US\$ 351.243.691,00

Ano de 2005: US\$ 473.289.888,00

Ano de 2006: US\$ 620.654.734,00

Ano de 2007 (até junho): US\$ 345.306.759,00

Com relação às exportações das indústrias farmacêuticas, estas representam uma parcela muito pequena do total das exportações brasileiras. Constata-se isto com a Figura A4.9 a seguir:

Figura A4.9: Percentual de exportação das farmacêuticas em relação ao total do Brasil.

As importações também cresceram nos últimos anos.

Ano de 2004: US\$ 1.784.804.231,00

Ano de 2005: US\$ 2.037.156.541,00

Ano de 2006: US\$ 2.609.487.170,00

Ano de 2007 (até fevereiro): US\$ 523.745.882,00

Com relação às importações, como ainda existe o déficit na balança comercial, a parcela das importações é muito mais significativa, como se vê na Figura A4.10 a seguir:

Figura A4.10: Percentual de importação das farmacêuticas em relação ao total do Brasil.

A diferença entre exportação e importação da indústria farmacêutica fica mais evidente quando se compara, em um mesmo gráfico, como o que ocorre na Figura A4.11 a seguir:

Figura A4.11: Valores nominais das importações e exportações das farmacêuticas.

Um detalhe significativo é que esta discrepância entre importação e exportação vale para os países ricos, pois no Mercosul a proporção é invertida, ou seja, exporta-se mais do que se importa, como se vê na Figura A4.12 a seguir:

Figura A4.12: Valores nominais em US\$ das importações e exportações para o Mercosul.

O mercado é dividido por um número grande de empresas. Se compararmos as 25 mais importantes, tem-se: EMS, SANOFI-AVENTIS, ACHE, MEDLEY, SCHERING DO BRASIL, BOEHRINGER INGELHEIM, EUROFARMA, NOVARTIS, ALTANA (novo nome: NYCOMED), PFIZER, MANTECORP, JANSEN CILAG, BAYER, ROCHE, PROCTER GAMBLE, BRISTOL MYER SQUIB, MERCK, GLAXO, FARMASA, ALCON, UNIÃO QUÍMICA, BIOLAB, NEO QUÍMICA, ORGANON.

4. Associações de Classe da Indústria Farmacêutica

Foram levantadas as seguintes associações de classe no Brasil. Obs.: todas as informações contidas nos gráficos acima foram retiradas do site da Febráfarma.

ABCFARMA - Associação Brasileira do Comércio Farmacêutico;

ABIFINA - Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades;

ABIMIP - Associação Brasileira da Indústria de Medicamentos Isentos de Prescrição;

ABIQUIF - Associação Brasileira da Indústria Farmoquímica;

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química;

ABPI - Associação Brasileira da Propriedade Intelectual;

ABRASP - Associação Brasileira dos Produtores de Soluções Parenterais;

ALANAC - Associação dos Laboratórios Farmacêuticos Nacionais;

FEBRAFARMA – Federação Brasileira da Indústria Farmacêutica

GRUPEMEF - Grupo dos Profissionais Executivos do Mercado Farmacêutico;
INTERFARMA – Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa;
PRÓ-GENÉRICOS - Associação Brasileira das Indústrias de Medicamentos Genéricos;
SINDIFAR - Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos do Estado do Rio Grande do Sul;
SINDQUÍMICA - Sindicato das Indústrias Químicas, Farmacêuticas e da Destilação e Refinação de Petróleo no Estado do Ceará;
SINDUSFARMA - Sindicato das Indústrias de Produtos Farmacêuticos no Estado de São Paulo;
SINDUSFARQ - Sindicato das Indústrias de Produtos Farmacêuticos e Químicos para fins Industriais no Estado de Minas Gerais;
SINFACOPE - Sindicato das Indústrias de Produtos Farmacêuticos, Medicamentos, Cosméticos, Perfumaria e Artigos de Toucador do Estado de Pernambuco;
SINFAR - Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos do Estado do Rio de Janeiro
SINFAR - Sindicato das Indústrias Químicas e Farmacêuticas do Estado do Paraná.
 Outras associações de classe nos EUA, Europa e Canadá:
WSMI - World Self-Medication Industry
ILAR - Industria Latino-Americana da Automedicación Responsable
 International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations
 Pharmaceutical Research and Manufacturers of America (**PhRMA**)
 Association of the British Pharmaceutical Industry (**ABPI**)
 Nonprescription Drug Manufacturers Association of Canada
 Federation of Pharmaceutical Manufacture's Association of Japan (**FPMAJ**)

5. Panorama comparativo

Vendas	2006	2005	2004
Unidades	1.664.272.000	1.613.828.000	1.652.125.000
US\$	10.891.621.000,00	9.214.189.000,00	6.818.295.000,00
Exportação	2006	2005	2004
	US\$ 620.654.734,00	US\$ 473.289.888,00	US\$ 351.243.691,00
Importação	2006	2005	2004
	US\$ 2.609.487.170,00	US\$ 2.037.156.541,00	US\$ 1.784.804.231,00

6. Fontes das informações

- Informações da introdução:
Valor Online
- Informações de vendas:
Fonte: site da FEBRABARMA
Elaboração: Febrarma/Depto. de Economia
- Informações de exportações/importações
Fonte: site da FEBRABARMA
Elaboração: Febrarma/Depto. de Economia MDIC/Secex/Sistema Alice (*Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior / Secretaria de Comércio Exterior*).

ANEXO 5

METODOLOGIA PARA ESCOLHA DE SEGMENTOS INDUSTRIAIS PARA SUBSTITUIÇÃO DA ELETROTERMIA POR GÁS

OBS.: Este artigo foi publicado nos Anais do 3º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo & Gás, Salvador, em 2005 e publicado na Revista Petro&Química, em 2006.

Flávio Fernandes ¹

¹ IEE-USP, Cidade Universitária, São Paulo – SP,
fernandes.flavio@uol.com.br

Resumo – O artigo apresenta a metodologia utilizada na tese do autor, para escolha dos segmentos industriais potenciais na análise de substituição da eletrotermia pelo uso de gases hidrocarbonetos, quer seja o gás natural (GN) ou liquefeito de petróleo (GLP). Descreve o histórico brasileiro na opção pelo uso da energia elétrica através de hidroelétricas e o resultado disto no meio produtivo. Detalha os itens mais importantes da metodologia, com relação à análise técnica e econômico-financeira, com o propósito de tornar a substituição tecnológica uma realidade. Apresenta os principais segmentos selecionados.

Apesar de restringir a região pesquisada, o artigo mostra que a metodologia pode ser utilizada para qualquer local ou região.

Palavras-Chave: Eletrotermia 1; Gás Natural 2; Gás Liquefeito de Petróleo 3

Abstract – The abstract presents the methodology used in the author's tese, to make the choose of industrial' segments potential in the analyses of substitution of eletrothermal to the use of hydrocarbon gases, such as natural gas (NG) or liquefied of petroleum (LPG). It describes the Brazilian historic regarding to the option to electric energy from hydro-electrics and the result of this option in the production. It details the most important issues regarding the technical and economic-finance analyses, with the purpose to become the technological substitution realty. It presents the main segments selected.

Besides the restriction about the researched region, the methodology can be used in any place or region.

Keywords: Electric thermal 1, Natural Gas 2, Liquefied Petroleum Gas 3

1. Introdução

Os governos brasileiros, durante a “Era Desenvolvimentista” comentado em Santos (2004), entre as décadas de 1930 e 1980, influenciados pelas teorias de Keynes, tiveram uma atuação muito forte na economia do país, principalmente na área de infra-estrutura. Entre outras coisas, construíram hidrelétricas com o objetivo de gerar uma oferta de energia elétrica superior a sua demanda, pois, um ponto importante e controverso até hoje é o argumento de que a presença de energia elétrica gera desenvolvimento social, industrial. Os argumentos prós utilizam a visão noturna de satélite do globo terrestre, onde o grau de iluminação é maior em países do primeiro mundo e menor em países pobres. Os argumentos contrários dizem que, na verdade, a presença da energia elétrica é consequência do desenvolvimento social, industrial. Não iremos aqui defender um ou outro argumento. Trabalharemos com fatos e, os fatos são que o Brasil nunca teve um crescimento tão significativo em sua economia como durante a “Era Desenvolvimentista”.

A estratégia, salvo os excessos, foi válida porque gerou a infra-estrutura necessária para a ampliação do parque fabril brasileiro. O mesmo ocorreu nos EUA, quando Roosevelt seguiu Keynes e reverteu à crise iniciada em 1929, preparando aquele país para ocupar a primeira posição na economia mundial.

Os investimentos em hidrelétricas fizeram, e ainda faz, todo o sentido em um país como o Brasil, que possui abundância de recursos hídricos. Porém, não a qualquer custo. Conforme apresentado por Bermann (1991), as hidrelétricas provocam inúmeros danos ambientais e principalmente, sociais, fatos negligenciados naquela época.

Uma vez que os investimentos que foram feitos necessitavam ser amortizados e, devido à crise do petróleo de 1973 e 1979, o governo incentivou o uso da energia elétrica para aquecimento e geração de vapor, com tarifas diferenciadas. O objetivo, além de obter o retorno do capital investido, era reduzir a importação de petróleo. Um efeito colateral resultou disto: os setores produtivos brasileiros utilizaram equipamentos elétricos para a produção de calor na forma direta ou na geração de vapor. Uma indústria elétrica se formou no Brasil, não só para atender a infra-estrutura, mas também, para os equipamentos de uso final. Outro efeito colateral foi o apresentado por Bermann (2003) onde a intensidade energética brasileira é superior a de países de primeiro mundo, ficando hoje na ordem de 1,25, devido ao tipo de indústria existente e aos processos produtivos atuais, de acordo com Bermann (2004), ao passo que EUA e Japão têm intensidades abaixo da unidade.

Hoje o Brasil necessita de mais investimentos no setor elétrico, ao mesmo tempo, necessita ampliar o uso de gás natural em um mercado sem a cultura do gás, conforme descrito em Fernandes (2005) e, com um consumo pequeno em relação ao potencial de importação e necessidade de consumo mínimo para viabilizar o gasoduto construído entre Brasil e Bolívia. A ampliação do gás natural pode ser uma alternativa para reduzir a necessidade de investimentos em energia elétrica.

A tese desenvolvida pelo autor tem como objetivo analisar a eletrotermia em alguns setores produtivos brasileiros e fazer o estudo da viabilidade técnica, econômica e financeira de substituí-la por gases combustíveis.

Este artigo tem como objetivo apresentar a metodologia proposta para escolha destes setores e o estudo de viabilidade proposto para tal substituição.

2. Algumas Considerações Técnicas e Econômico-Financeiras

Conforme comentado no trabalho de Santos, Zamalloa, Villanueva e Fagá (2002), a energia elétrica é a forma de energia mais nobre que temos. Esta característica vem da versatilidade da energia elétrica ser transformada em outras formas como a térmica, cinética, mecânica, entre outras, com perdas menores se comparado com outras formas de energia.

O gás natural é a segunda forma de energia mais nobre. Não tem a versatilidade da elétrica, mas se mantém homogêneo ao longo do tempo em relação aos gases que o compõem. Além do fato de ser um combustível que se encontra na forma gasosa, ou seja, a mais propícia para se dar a combustão completa. Estas características garantem ao gás natural a regulação mais precisa dos equipamentos e a menor produção de poluentes, se comparado com outros hidrocarbonetos.

Estamos focando a utilização de energia elétrica para fins térmicos e analisando a substituição desta por gás combustível através da queima direta. A combustão é uma reação química de oxidação, onde é necessário um combustível (hidrocarboneto gasoso, por exemplo) e o comburente mais comum que temos: ar atmosférico. Desta reação química obtemos calor. A chama atinge uma certa temperatura (que pode ser calculada por interpolação com tabelas em livros de termodinâmica). Esta temperatura é função de vários fatores, como relação ar/combustível, características do comburente, temperatura do combustível e comburente, entre outros.

A transferência de calor da chama para destino, como uma caldeira, reservatório de água, ou outra destinação; se dá por convecção e radiação. Quanto maior a velocidade dos produtos da combustão, maior será a convecção. Quanto mais alta for a temperatura da chama, maior será a radiação.

Com relação à energia elétrica, existe ainda a transferência de calor por condução, onde um condutor pode transferir calor diretamente para o objeto a ser aquecido.

A metodologia leva em consideração estes diferentes comportamentos entre energia elétrica e queima de gás combustível para obter a energia térmica dos processos industriais. A seguir, veremos com mais detalhes os principais pontos diferenciais.

2.1. Radiação:

Quando um corpo é aquecido, seus elétrons ampliam suas órbitas atômicas. Se o aquecimento é muito grande estes elétrons começam a subir de nível atômico. Quando ocorre o resfriamento de um elétron este retorna ao nível inicial. Neste momento, é emitida a radiação. No aquecimento de um corpo este processo é dinâmico, ou seja, ao mesmo tempo em que existem elétrons subindo de nível têm elétrons sendo resfriado.

A radiação térmica é um tipo de radiação eletromagnética que está compreendida entre 0,1 e 100 μ m, ou seja, parte da faixa do infravermelho, a faixa visível e a faixa ultravioleta. Propaga-se à velocidade da luz.

Como depende dos elétrons, é dependente do tipo de molécula e dos átomos que a compõem, por exemplo, a chama que vemos nada mais é do que a radiação visível dos produtos da combustão aquecidos. Uma característica interessante é a queima de hidrogênio, que produz uma chama invisível aos olhos humanos. Em geral, quanto mais carbono possui o hidrocarboneto queimado, mais intensa e radiante é a chama, inclusive a olho nu.

Mesmo quando o queimador é cerâmico poroso radiante, a radiação significativa não é a produzida pela cerâmica, mas sim, pela própria chama, segundo AGA (1967).

Esta característica faz com que em algumas aplicações comparativas entre gás natural, rico em metano, com uma molécula contendo um átomo de carbono, apresente uma radiação muito menor do que a queima de um óleo diesel ou óleo combustível, que possuem um número de carbonos muito maior em suas moléculas.

No caso da energia elétrica, novamente é importante observar que tipo de substância está sendo aquecida para produzir a radiação. O condutor é geralmente metálico, substâncias que contêm vários elétrons e níveis atômicos. Aliada a esta característica dos metais, as temperaturas que conseguimos trabalhar com a energia elétrica são mais altas. Desta forma, em geral, equipamentos de radiação térmica elétricos podem produzir mais radiação do que os que funcionam com gás natural, por exemplo.

2.2. Temperaturas de processos:

Além da radiação, a própria eficiência do processo é dependente da temperatura. No caso da queima do gás, o comburente é o ar atmosférico, que contém 1 parte de oxigênio e 3,76 partes de nitrogênio. O nitrogênio passa pela reação química e é apenas aquecido, roubando energia da própria combustão. Se o excesso de ar é grande, a temperatura da chama será menor, pois, mais nitrogênio será aquecido. Se o excesso de ar é negativo (em relação ao necessário para uma queima estequiométrica), a temperatura será maior, mas a combustão é incompleta, gerando monóxido de carbono, partículas de carbono e pelo fato da temperatura ser mais alta, parte do nitrogênio reage formando NOx, que irá resultar em chuva ácida.

Alterar esta condição é possível aumentando o percentual de oxigênio no ar, porém, fazer isso significa elevar os custos e não elimina a formação de NOx.

Com a energia elétrica, a temperatura que conseguimos atingir pode ser muito superior se comparada com as obtidas com a combustão de gases hidrocarbonetos, além de poderem ser fontes com maior intensidade. Desta forma, os equipamentos podem ser mais compactos e podem apresentar uma maior produtividade nos processos produtivos.

Outro fator importante relacionado com as temperaturas de processos é quanto aos ajustes para obtenção das temperaturas exigidas. Os controles com energia elétrica são mais precisos e necessitam de uma quantidade menor de itens.

A consequência destas diferenças é custo de capital menor para equipamentos elétricos, maior produtividade e controles mais precisos destes. Tudo isto tem que ser pesado nos cálculos econômico-financeiros.

2.3. Qualidade da Energia:

A substituição da energia elétrica pela queima direta só poderá ser feita analisando a qualidade de energia elétrica existente. A substituição a ser feita é, geralmente, de uma energia elétrica com fator de potência de 1,0 e ausência de harmônicas. Ou seja, em uma indústria, a energia total pode estar com uma qualidade razoável devido à diluição destes efeitos colaterais causado pelos equipamentos que consomem energia elétrica. Uma vez que esta energia elétrica com qualidade deixa de fazer parte do todo, o restante pode apresentar um resultado muito pior quanto a fator de potência e harmônicas.

Hoje ainda não existe multa para harmônicas, mas estas afetam diretamente o sistema elétrico distorcendo a corrente e tensão, sendo que, em alguns casos, existe a necessidade de se colocar filtros específicos, ou isolar o circuito elétrico.

No caso do fator de potência, bancos de capacitores deverão ser incorporados para se garantir a qualidade da energia.

2.4. Análise Econômico-Financeira:

Segundo Jardim (2002), hoje em dia uma empresa se destaca de outra devido a sua “competitividade”, ou seja, segundo sua capacidade de ganhar dinheiro. Já Slack (2002), destaca que entre os cinco objetivos de desempenho da produção (custo, qualidade, rapidez, flexibilidade, confiabilidade) de qualquer produto ou serviço, o custo é o mais importante e para onde todos os demais convergem.

Se um produto vende pelo preço menor, o custo é diretamente relacionado ao sucesso da empresa. Se o produto não vende pelo preço, e sim pela qualidade ou marca, o menor custo também é diretamente relacionado ao sucesso da empresa, porque ambos trazem a maior lucratividade. Para reforçar esta colocação, temos a pesquisa realizada pela FAAP com 102 grandes empresários, apresentada pelo artigo de Gurovitz e Blecher (2005), mostrando que a missão das empresas, em primeiro lugar, para 82% dos empresários, é “dar lucro aos acionistas” (o segundo lugar era “ser ética nos relacionamentos” com 63%).

3. Metodologia para a Escolha dos Setores Industriais

A metodologia proposta seguirá as seguintes diretrizes:

3.1. Dados levantados por Strapasson (2004):

Strapasson (2004) levanta informações relevantes em relação ao potencial dos seguintes macro setores da economia brasileira:

Indústria: Ferro e Aço > Química e Petroquímica > Metais Não-Ferrosos > Alimento e Tabaco > Minerais Não-Metálicos > Mineração > Têxtil e Couro. Esta divisão proposta toma como base o potencial máximo em tEPs que é possível atingir de substituição.

1º) Ferro e Aço: - percentual de substituição máximo e mínimo: 15% - 11,11%;

- benchmarking: Holanda;
- potencial mínimo e máximo em tEPS: 160 a 310 10^3 .
- 2º) Química e Petroquímica: - percentual de substituição máximo e mínimo: 9,36% - 0,00%;
- benchmarking: Argentina;
- potencial mínimo e máximo em tEPS: 61 a 160 10^3 .
- 3º) Metais Não-Ferrosos: - percentual de substituição máximo e mínimo: 57,93% - 38,88%;
- benchmarking: Austrália;
- potencial mínimo e máximo em tEPS: 92 a 156 10^3 .
- 4º) Alimento e Tabaco: - percentual de substituição máximo e mínimo: 9,36% - 7,27%;
- benchmarking: México;
- potencial em tEPS: 63 10^3 .
- 5º) Minerais Não-Metálicos: - percentual de substituição máximo e mínimo: 9,73% - 2,66%;
- benchmarking: Venezuela;
- potencial mínimo e máximo em tEPS: 17 a 39 10^3 .
- 6º) Mineração: - percentual de substituição máximo e mínimo: 29,90% - 0,00%;
- benchmarking: Reino Unido;
- potencial mínimo e máximo em tEPS: 26 a 39 10^3 .
- 7º) Têxtil e Couro: - percentual de substituição máximo e mínimo: 54,03% - 20,00%;
- benchmarking: Áustria;
- potencial mínimo e máximo em tEPS: 12 a 19 10^3 .

3.2. Situação Histórica:

O levantamento da situação histórica do segmento industrial, identificando a idade média do parque fabril, irá sinalizar a maior ou menor dificuldade em substituir equipamentos e conseqüentemente fontes de energia. No caso da tecnologia de ar condicionado, a comparação entre o estado da arte entre países indicará um potencial de redução de energia e/ou substituição. Todos os macros setores de “3.1” possuem tecnologia atualizada, sendo o Brasil, um dos principais países em produtividade e custos de produção.

3.3. Situação Macroeconômica do Segmento:

De maneira geral, os macros setores priorizados e apresentados no item “3.1” os de Ferro e Aço, Metais Não-Ferrosos, Alimentos e Tabaco e Mineração encontram se em pleno crescimento para atender a demanda gerada pelas exportações, principalmente, devido à demanda

da China. Grandes investimentos estão sendo feitos na área de Ferro e Aço pelo setor privado e empresas brasileiras passaram a atuar em outros países, comprando concorrentes de outros países. Metais Não-Ferrosos também estão em franco desenvolvimento em vários setores, como cobre (o Brasil deixou de importar e caminha para exportar), alumínio (grandes investimentos do setor privado brasileiro e multinacional fizeram com que o Brasil ampliasse seu potencial exportador). Alimentos e Tabaco tem sido o grande responsável pelo bom desempenho brasileiro nas exportações, porém, no caso de alimentos, com produtos em natura e com pouco valor agregado. A Mineração também cresce para atender a produção de metais. Química e Petroquímica encontram-se em recuperação, após um período de estagnação nos investimentos. Têxtil e Couro passaram por uma reformulação, onde o setor têxtil renovou seu parque para conseguir concorrer com os produtos chineses e o setor de couro está crescendo, graças a investimentos na produção de produtos com mais valor agregado.

3.4. Localização Física:

A localização física é importante para viabilizar as visitas a serem feitas in loco. Tendo como base a cidade de São Paulo, é necessário restringir a pesquisa de campo em uma região geográfica próxima à cidade de São Paulo, identificando, além da grande São Paulo, grandes centros regionais. A proposta é trabalhar na área compreendida entre as seguintes cidades: Campinas, Sorocaba, Santos, São José dos Campos. A pesquisa das empresas será por CEP, com 5 dígitos, identificando assim as cidades da região delimitada.

3.5. Definição do Segmento por Código CNAE-Fiscal:

O código CNAE-Fiscal, antigo código CIU, será utilizado para identificar os setores. Dentro da base de dados utilizada, Silva (2005), existe também o número de funcionários de cada empresa, representando subsídio para a definição do porte da indústria a ser escolhida.

Com o levantamento do gasto com energia de setores específicos, segundo a classificação dos macro setores feitas em “3.1”, irão delimitar o primeiro filtro do universo amostral a ser trabalhado. Como critério para restringir este universo, iremos identificar os 3 maiores setores de cada macro setor.

Uma vez identificados os setores, um segundo critério restritivo será a situação histórica de cada setor definido em “3.2”, que terá notas 3, 2, 1, segundo potencial de substituição. Outro critério será o do item “3.3” onde terá notas 3, 2, 1, com a mesma finalidade.

Com estes critérios de notas, iremos definir apenas um setor específico, dentro de cada macro setor identificado. A classificação seguirá a codificação descrita em “3.5”.

A delimitação final do universo amostral será feita considerando a área geográfica definida em “3.4”, considerando CEP com 5 dígitos.

Para selecionar os principais tipos de empresas, será feita a multiplicação dos valores dados, desta forma a seleção será feita pelas indústrias com resultados maiores.

Uma vez definido o universo amostral, uma análise econômico-financeira será feita para analisar o custo de operação com as opções: elétrica e a gás, considerando diferenças exergéticas e de preços de tarifas praticados.

Para cada processo será feito um levantamento de equipamentos substitutos existentes. No caso de não haver, será feita uma ponderação e análise da viabilidade física de se desenvolver o equipamento.

Em todos os casos serão feitas análises de viabilidade técnica, ambiental, econômica e financeira. Havendo obstáculos para a substituição, propostas serão feitas para mitigarem ou eliminarem estes obstáculos.

Em um exercício preliminar da metodologia, os resultados alcançados foram: de um universo de 5 milhões de empresas, conseguimos restringir para cerca de 50 mil aplicando o filtro de localização do item “3.4”. Nesta região, a principal concentração de empresas se deu na área de Alimentos e Tabaco, Têxtil e Couro e Ferro e Aço. Destes macros setores, o de Alimentos é o que se encontra com o parque industrial mais antigo, tendo o maior potencial de substituição de tecnologia. A análise preliminar chegou a um total de cerca de 2000 empresas a serem pesquisadas. Dentro deste universo estaremos selecionando o tamanho das empresas, pelo número de funcionários (informação disponível no banco de dados que estamos trabalhando) para poder correlacionar com o tipo tarifário de cliente de energia elétrica. A estimativa é fechar um número de cerca de 1000 empresas, priorizando clientes com tarifa B3.

4. Discussão dos Resultados

Através de visitas técnicas feitas pelo autor à Alcoa (MG), Tecfil (SP), Compagás (PR), Petrobrás (RJ), Shopping Ilha do Fundão (RJ), além de palestras realizadas e participação nos seguintes congressos e eventos: IVCBPE, 5º Enc. Prof. Merc. Gás, Gas Summit, Rio Oil&Gas, XCBE; o autor apresenta os seguintes comentários:

A energia elétrica é barata no Brasil. Mesmo com a tendência de aumento devido à necessidade de se construir novas hidrelétricas e/ou o funcionamento das termoeletricas, não afetará significativamente a diferença de preço entre energia elétrica e gás natural.

O gás natural tem um preço elevado no Brasil. Mesmo com a utilização futura do gás de Santos, o preço não será baixo, dado o custo de exploração em águas profundas. Em contrapartida, a eficiência térmica de equipamentos à GN ou GLP é menor se comparados a equipamentos elétricos.

A utilização de Co-geração em grandes consumidores de energia elétrica é descartada, exceto para projetos onde se utilizam o CO₂. De 100 projetos analisados por especialistas da Petrobrás, 3 tiveram sucesso (cervejarias e fabricantes de refrigerantes).

Grandes empresas consumidoras de energia ou são multinacionais, ou têm profissionais capacitados a analisar qual a escolha de menor custo. O GN deve ocupar seu espaço de forma natural. Este espaço é hoje ocupado em clientes industriais que usam óleo, GLP e no caso da energia elétrica, classe tarifária B3 e A4. A partir de A3 o cliente pode ir para o mercado livre, inviabilizando a disputa econômica.

Um ponto importante observado é que as empresas (de pequeno, médio e em alguns casos, de grande porte) não têm uma estrutura que conheça energia. São, portanto, os melhores potenciais a serem trabalhados.

A sequência dos trabalhos da tese, assim que for finalizada a definição do universo de empresas a serem pesquisadas, irá levantar informações quanto à existência, ou não, de tecnologia para substituição e finalizar com a análise econômico-financeira.

5. Conclusões

A eletrotermia não foi estudada em profundidade no Brasil e representa uma opção para a ampliação do uso de gás no Brasil, que, hoje, tem na indústria sua âncora, no caso do GN e, atualmente, se restringe a deslocar o GLP e óleo combustível.

A metodologia proposta tem todos os indícios para ser uma ferramenta eficiente na escolha de setores e segmentos industriais a serem trabalhados a substituição. Entretanto, somente com os resultados de campo é que estes indícios serão confirmados.

Os fatores econômico-financeiros são decisivos nas mudanças tecnológicas a serem propostas. A metodologia apresentada tem como base a aplicação de conceitos racionais utilizados em qualquer decisão administrativa empresarial, pontuando características relevantes, combinando estas pontuações, analisando histórico, tendências. E o empresário será o ator principal para o sucesso de qualquer substituição tecnológica. Se este ator não estiver convencido da viabilidade econômico-financeira da substituição, esta não ocorrerá.

Os resultados apresentados são específicos do quadrilátero pesquisado, caracterizando a concentração de alguns tipos de empresas. Através do banco de dados utilizado, comparações com outras regiões, ou com o Brasil todo, poderão ser feitas. Políticas industriais poderão ser criadas com a utilização desta metodologia.

A extrapolação para o resto do território brasileiro é possível, porém, nem todo território irá receber o GN, fato que deve ser considerado neste tipo de extrapolação.

A metodologia poderá ser utilizada em outras regiões, como forma de planejamento estratégico de marketing das distribuidoras de GN e GLP ou para pesquisas futuras em outras áreas.

A continuidade dos trabalhos de campo irá encontrar uma estimativa mais palpável do volume de GN e/ou GLP que é possível ser utilizado para substituir a eletrotermia nos segmentos selecionados.

6. Referências

- AGA – American Gas Association, *Gas engineers handbook*. New York, Industrial Press. Cap. 5, seção 2, p. 2/46-2/99: Combustion of gas.
- BERMANN, C. *Os limites dos aproveitamentos energéticos para fins elétricos: uma análise política da questão energética e de suas repercussões sócio-ambientais no Brasil*. Tese de Doutorado FEM/UNICAMP, nov/1991.
- BERMANN, C. *Energia no Brasil: para quê? para quem?* Ed. Livraria da Física, 2ª ed., São Paulo, 2003.
- BERMANN, C. *Energia, licenciamento o apagão ambiental* Palestra apresentada em 13/08/2004, no seminário do PIPGE – IEE/USP.
- FERNANDES, F.; GUAGLIARDI, J. A. *A cultura do gás no Brasil: um desafio para o marketing social*. 3º Congresso Brasileiro de Petróleo & Gás, 2005.
- JARDIM, E. G. M. *Gestão da produção* – Apostila da disciplina de Gestão da Produção do MBA em Gestão Empresarial da FGV, FGV, Rio de Janeiro, 2002.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. Atlas. 2ª ed., São Paulo, 2002.
- GUROVITZ, H.; BLECHER, N. O estigma do lucro. Exame, ed. 839, ano 39, número:6, de 30/Março/2005.
- SANTOS, E. M.; ZAMALLOA, G. C.; VILLANUEVA, L. D.; FAGÁ, M. T. W. *Energia, gás natural & sustentabilidade*. Tese de livre docência, 2004.
- SILVA, C. do Instituto LIDAS, desenvolveu extrator para trabalhar com informações da base RAIS (2003) e IBGE (2000).
- STRAPASSON, A. B. *A energia térmica e o paradoxo da eficiência energética: desafios para um novo modelo de planejamento energético*. Dissertação de mestrado – PIPGE – IEE/USP – São Paulo, 2004.