UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Flávia de Castro Camioto

**O USO DE FONTES LIMPAS DE ENERGIA NA INDÚSTRIA
PAULISTA: UM ESTUDO ENVOLVENDO A TÉCNICA DO
INCIDENTE CRÍTICO E A ANÁLISE CONJUNTA**

São Carlos
2010

Flávia de Castro Camioto

**O USO DE FONTES LIMPAS DE ENERGIA NA INDÚSTRIA
PAULISTA: UM ESTUDO ENVOLVENDO A TÉCNICA DO
INCIDENTE CRÍTICO E A ANÁLISE CONJUNTA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento
Orientadora: Prof^a. Assoc^a. Daisy A. do N. Rebelatto

São Carlos
2010

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

À Professora Daisy Rebelatto, pela orientação sempre presente, pela amizade, paciência e, também, pela confiança depositada em mim.

Aos meus pais Ademir Camioto e Climene Gil Rodrigues de Castro Camioto, pelo apoio, incentivo e amor.

À Mariana Sarmanho de Oliveira Lima, pela atenção e incentivo desde o início, pelas contribuições e, também, pela amizade e carinho.

À Jussara Caovila de Melo, por toda a atenção e ajuda durante a realização desta pesquisa.

À minha irmã, Paula de Castro Camioto, pelo amor e amizade.

Aos amigos da graduação, sempre presentes, pela força, companhia e momentos de alegria.

A todos os amigos do Departamento de Engenharia de Produção, pela atenção e carinho durante o curso de mestrado.

À minha avó, tios e primos, pela torcida.

Aos docentes e funcionários da Escola de Engenharia de São Carlos, pela atenção e apoio durante o desenvolvimento desta pesquisa.

À Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

CAMIOTO, F. C. (2010). **O uso de fontes limpas de energia na indústria paulista**: um estudo envolvendo a técnica do incidente crítico e a análise conjunta. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

O presente trabalho tem o objetivo de identificar fatores intervenientes na adoção de energias limpas nos principais setores industriais do Estado de São Paulo. Para tanto, apresenta a fundamentação teórica sobre os diversos temas pertinentes a pesquisa, tais como: o atual cenário energético brasileiro e o desenvolvimento sustentável, bem como o estudo dos métodos aplicados. A análise dos dados realizada teve caráter qualitativo e quantitativo, por meio, respectivamente, da Técnica do Incidente Crítico e da Análise Conjunta. A aplicação da Técnica do Incidente Crítico forneceu os atributos que as empresas consideram importantes no processo de escolha. Já a Análise Conjunta, técnica estatística multivariada de análise de dados, foi utilizada para determinar a utilidade e importância relativa dos atributos relevantes na escolha das empresas. Com os resultados da pesquisa acredita-se que as empresas usuárias e não usuárias de energias limpas poderão ter conhecimentos sobre a opinião de seus pares com relação às vantagens e desvantagens do uso destes energéticos nos processos produtivos, assim como ao governo estabelecer estratégias adequadas para orientar e estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Energia Limpa. Técnica do Incidente Crítico. Análise Conjunta.

ABSTRACT

CAMIOTO, F. C. (2010). **The use of clean energy resources in the São Paulo state industry**: a study involving the critical incident technique and conjoint analysis. M.Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

The scope of the present work is to identify intervening factors in the adoption of clean energy resources in the main industrial sectors of the São Paulo state. In order to perform such evaluation, a theoretical reasoning on the various relevant issues related to the research shall be displayed, such as: the current Brazilian energy context and sustainable development, as well as the study of applied methods. The data analysis was realized guided on a qualitative and quantitative basis, by means, respectively, of the Critical Incident Technique and the Conjoint Analysis. The application of the Critical Incident Technique has imputed capabilities that companies regard as pivotal in the selection process. The Conjoint Analysis, on its hand, multivariate statistics technique on data analysis, was used in order to determine the utility and relative importance of the capabilities relevant to the companies' selection. Based on the results inferred from the research it may be conjectured that companies that adopt and do not adopt clean energy resources may acquire acknowledge about the opinion of its couples in what it concerns the advantages and disadvantages of the use of these energetic in these productive processes, as well the government may set to establish adequate strategies in order to instruct and encourage the adoption of energy resources that promote a lesser impact to the environment

Keywords: Clean Energy Resources. Critical Incident Technique. Conjoint Analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MÚLTIPLAS POSSIBILIDADES DE SUBSTITUIÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL QUANTO A EMISSÕES DE CO ₂	58
FIGURA 2 – OS TRÊS TIPOS BÁSICOS DE RELAÇÕES ENTRE NÍVEIS FATORIAIS EM ANÁLISE CONJUNTA	83
FIGURA 3 - INTER-RELAÇÕES ENTRE AS ETAPAS DE TRABALHO	93
FIGURA 4 – EXEMPLO DE FORMATO DE APRESENTAÇÃO DE CARTÕES	102
FIGURA 5 – IMPORTÂNCIA DOS ATRIBUTOS	106
FIGURA 6 – FATORES E NÍVEIS NO SPSS 13.0.....	147
FIGURA 7 - FATORES E NÍVEIS NO SPSS 13.0 (CONTINUAÇÃO)	147
FIGURA 8 - FATORES E NÍVEIS NO SPSS 13.0 (CONTINUAÇÃO)	148
FIGURA 9 - FATORES E NÍVEIS NO SPSS 13.0 (CONTINUAÇÃO)	148
FIGURA 10 - FATORES E NÍVEIS NO SPSS 13.0 (CONTINUAÇÃO)	149
FIGURA 11 - FATORES E NÍVEIS NO SPSS 13.0 (CONTINUAÇÃO)	149
FIGURA 12 – DELINEAMENTO FATORIAL FRACIONÁRIO NO SPSS 13.0, COM ESTÍMULOS DE VALIDAÇÃO	150
FIGURA 13 - RESULTADO DO DELINEAMENTO FATORIAL FRACIONÁRIO (PLANO ORTOGONAL)	150
FIGURA 14 – SINTAXE DO PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO	159
FIGURA 15 – UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE.....	163
FIGURA 16 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO SEGURANÇA.....	163
FIGURA 17 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO	164
FIGURA 18 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO	164
FIGURA 19 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	165
FIGURA 20 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO	165
FIGURA 21 – UTILIDADE INDIVIDUAL CONSOLIDADA DOS ATRIBUTOS DO EXPERIMENTO	166
FIGURA 22 – UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE.....	166
FIGURA 23 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO SEGURANÇA.....	167
FIGURA 24 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUSEIO	167
FIGURA 25 – UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO.....	168
FIGURA 26 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	168
FIGURA 27 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO.....	169
FIGURA 28 – UTILIDADE AGREGADA DO EXPERIMENTO	169

Lista de Figuras

FIGURA 29 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA INDÚSTRIA QUÍMICA	173
FIGURA 30 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA INDÚSTRIA QUÍMICA	173
FIGURA 31 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA INDÚSTRIA QUÍMICA ..	174
FIGURA 32 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO INDÚSTRIA QUÍMICA.....	174
FIGURA 33 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO INDÚSTRIA QUÍMICA	175
FIGURA 34 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS INDÚSTRIA QUÍMICA	175
FIGURA 35 - UTILIDADE INDIVIDUAL CONSOLIDADA DOS ATRIBUTOS DO EXPERIMENTO PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA	176
FIGURA 36 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA	176
FIGURA 37 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA	177
FIGURA 38 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA	177
FIGURA 39 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA...	178
FIGURA 40 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA.....	178
FIGURA 41 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA.....	179
FIGURA 42 - UTILIDADE AGREGADA DO EXPERIMENTO PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA.....	179
FIGURA 43 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA SETOR PETROQUÍMICO	182
FIGURA 44 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA SETOR PETROQUÍMICO.....	182
FIGURA 45 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA SETOR PETROQUÍMICO	183
FIGURA 46 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA SETOR PETROQUÍMICO ..	183
FIGURA 47 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA SETOR PETROQUÍMICO.....	184
FIGURA 48 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA SETOR PETROQUÍMICO	184
FIGURA 49 - UTILIDADE INDIVIDUAL CONSOLIDADA DOS ATRIBUTOS DO EXPERIMENTO PAR A O SETOR PETROQUÍMICO	185
FIGURA 50 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA O SETOR PETROQUÍMICO	185
FIGURA 51 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA O SETOR PETROQUÍMICO.....	186

Lista de Figuras

FIGURA 52 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA O SETOR PETROQUÍMICO.....	186
FIGURA 53 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA O SETOR PETROQUÍMICO	187
FIGURA 54 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA O SETOR PETROQUÍMICO	187
FIGURA 55 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA O SETOR PETROQUÍMICO	188
FIGURA 56 - UTILIDADE AGREGADA DO EXPERIMENTO PARA O SETOR PETROQUÍMICO	188
FIGURA 57 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS.....	191
FIGURA 58 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	191
FIGURA 59 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	192
FIGURA 60 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS.....	192
FIGURA 61 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	193
FIGURA 62 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	193
FIGURA 63 - UTILIDADE INDIVIDUAL CONSOLIDADA DOS ATRIBUTOS DO EXPERIMENTO PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS.....	194
FIGURA 64 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS.....	194
FIGURA 65 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	195
FIGURA 66 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	195
FIGURA 67 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS.....	196
FIGURA 68 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	196
FIGURA 69 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	197
FIGURA 70 - UTILIDADE AGREGADA DO EXPERIMENTO PARA O SETOR ALIMENTOS E BEBIDAS	197
FIGURA 71 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA SETOR FERRO GUSA E AÇO	200
FIGURA 72 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	200
FIGURA 73 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA SETOR FERRO GUSA E AÇO	201

Lista de Figuras

FIGURA 74 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA SETOR FERRO GUSA E AÇO	201
FIGURA 75 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA SETOR FERRO GUSA E AÇO	202
FIGURA 76 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	202
FIGURA 77 - UTILIDADE INDIVIDUAL CONSOLIDADA DOS ATRIBUTOS DO EXPERIMENTO PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	203
FIGURA 78 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	203
FIGURA 79 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	204
FIGURA 80 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	204
FIGURA 81 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO	205
FIGURA 82 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO	205
FIGURA 83 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO.....	206
FIGURA 84 - UTILIDADE AGREGADA DO EXPERIMENTO PARA O SETOR FERRO GUSA E AÇO	206
FIGURA 85 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA SETOR PAPEL E CELULOSE.....	209
FIGURA 86 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA SETOR PAPEL E CELULOSE	209
FIGURA 87 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA SETOR PAPEL E CELULOSE	210
FIGURA 88 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA SETOR PAPEL E CELULOSE	210
FIGURA 89 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA SETOR PAPEL E CELULOSE	211
FIGURA 90 - UTILIDADE INDIVIDUAL DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA SETOR PAPEL E CELULOSE	211
FIGURA 91 - UTILIDADE INDIVIDUAL CONSOLIDADA DOS ATRIBUTOS DO EXPERIMENTO PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE	212
FIGURA 92 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE.....	212
FIGURA 93 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO SEGURANÇA PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE	213
FIGURA 94 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUSEIO PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE	213

Lista de Figuras

FIGURA 95 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO CONSUMO ENERGÉTICO PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE.....	214
FIGURA 96 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE	214
FIGURA 97 - UTILIDADE AGREGADA DO ATRIBUTO DISPONIBILIDADE DO ENERGÉTICO PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE	215
FIGURA 98 - UTILIDADE AGREGADA DO EXPERIMENTO PARA O SETOR PAPEL E CELULOSE	215

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - ESTRUTURA DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA (%).....	35
GRÁFICO 2 - PREFERÊNCIA DOS ATRIBUTOS PELOS RESPONDENTES NA COLETA DE DADOS PRELIMINAR.....	158

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO, DE UMA PESQUISA DE MARKETING E DE UM PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.	77
QUADRO 2 - COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS CONJUNTAS ALTERNATIVAS	80
QUADRO 3 - ATRIBUTOS E NÍVEIS DO EXPERIMENTO.....	101
QUADRO 4 – RELAÇÃO DOS ATRIBUTOS E NÍVEIS.....	104
QUADRO 5 – ATRIBUTOS DE VALOR COM OS RESPECTIVOS ITENS DE SATISFAÇÃO (PESQUISADORA A)	144
QUADRO 6– ATRIBUTOS DE VALOR COM OS RESPECTIVOS ITENS DE SATISFAÇÃO (PESQUISADORA B)	146

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA (% E TEP)	33
TABELA 2 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	36
TABELA 3 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL EM 2007	37
TABELA 4 - CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SETOR EM 2007 (% E TEP).....	50
TABELA 5 - CONSUMO ENERGÉTICO INDUSTRIAL EM 2007 (%).....	51
TABELA 6 - CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR SETOR INDUSTRIAL (10 ³ TEP).....	52
TABELA 7 - CONSUMO ENERGÉTICO DO SETOR DE ALIMENTOS E BEBIDAS EM 2007.....	53
TABELA 8 - CONSUMO ENERGÉTICO DO SETOR DE FERRO GUSA E AÇOS EM 2007	53
TABELA 9 - CONSUMO ENERGÉTICO DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE EM 2007.....	54
TABELA 10 - CONSUMO ENERGÉTICO DO SETOR DA INDÚSTRIA QUÍMICA EM 2007	54
TABELA 11 - EMISSÃO DE CO ₂ POR SETOR NO ESTADO DE SÃO PAULO EM 2006 (10 ⁶ T/ANO)	55
TABELA 12 - EMISSÕES POTENCIAIS DE CO ₂ NO ESTADO DE SÃO PAULO PROVENIENTES DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEL E DA PRODUÇÃO POR TIPOLOGIA INDUSTRIAL	56
TABELA 13 – TABELA DE SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO	105
TABELA 14 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA INDÚSTRIA QUÍMICA.....	108
TABELA 15 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA SETOR PETROQUÍMICO.....	109
TABELA 16 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA SETOR DE PAPEL E CELULOSE	110
TABELA 17 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA SETOR DE ALIMENTOS E BEBIDAS.....	111
TABELA 18 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA SETOR DE FERRO GUSA E AÇO	112
TABELA 19 – IMPORTÂNCIA RELATIVA PARA O RESPONDENTE 26	114
TABELA 20 - EXEMPLO DE CÁLCULO DA IMPORTÂNCIA RELATIVA PARA O RESPONDENTE 20 ..	117
TABELA 21 - EXEMPLO DE CÁLCULO DA IMPORTÂNCIA RELATIVA PARA O RESPONDENTE 21 ..	119
TABELA 22 - EXEMPLO DE CÁLCULO DA IMPORTÂNCIA RELATIVA PARA O RESPONDENTE 16 ..	120
TABELA 23 - PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO DE ENERGÉTICOS PELAS EMPRESAS PESQUISADAS	137
TABELA 24 – INCIDENTES CRÍTICOS	138
TABELA 25 – RESULTADO DAS UTILIDADES PARCIAIS E SCORES POR RESPONDENTE.....	170

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Análise Conjunta

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BEN – Balanço Energético Nacional

BEESP – Balanço Energético do Estado de São Paulo

BIG- Banco de Informações de Geração

CER - Certificado de Emissões Reduzidas

CIMGC - Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

GEE – Gases do Efeito Estufa

GN – Gás Natural

IC – Incidentes Críticos

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MME – Ministério de Minas e Energia

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONU – Organização das Nações Unidas

PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PEI – Plano Energético Integrado

PPT – Programa Prioritário de Termoeletricidade

PROINFA – Programa de Incentivo a Fontes Renováveis de Eletricidade

PNMC – Plano Nacional sobre Mudança do Clima

RS – Responsabilidade Social

SIN – Sistema Interligado Nacional

TIC – Técnica do Incidente Crítico

UHE – Usina Hidrelétrica de Energia

UNCED – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	19
1.1 - JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	22
1.2 - ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	25
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1 - CENÁRIO ENERGÉTICO	27
2.1.1 - <i>Atual Configuração Energética Brasileira</i>	31
2.1.2 - <i>Estrutura de Consumo de Energia e o Balanço de Emissão de CO₂ dos Setores Industriais Brasileiros</i>	48
2.2 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO DAS EMPRESAS	59
CAPÍTULO 3 - MÉTODO DA PESQUISA	65
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E MÉTODO CIENTÍFICO PARA O TRABALHO	65
3.2 - PASSOS DE PROCEDIMENTO.....	66
3.3 - TÉCNICA DO INCIDENTE CRÍTICO.....	67
3.3.1 - <i>Estabelecimento do objetivo geral do estudo</i>	69
3.3.2 - <i>Desenvolvimento de um plano de coleta de dados</i>	69
3.3.3 - <i>Coleta de dados</i>	70
3.3.4 - <i>Análise dos dados</i>	71
3.3.5 - <i>Interpretação dos dados</i>	72
3.4 - ANÁLISE CONJUNTA	73
3.4.1 - <i>A função utilidade na análise conjunta</i>	74
3.4.2 - <i>Planejamento de experimento em análise conjunta</i>	76
Estágio 1: Objetivos da análise conjunta	78
Estágio 2: Projeto de uma análise conjunta.....	79
Estágio 3: Suposições da análise conjunta	87
Estágio 4: Estimação do modelo conjunto	88
Estágio 5: Interpretação dos resultados	89
Estágio 6: Validação dos resultados	91
3.5 - FASES DO TRABALHO	92
CAPÍTULO 4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	95
4.1 - TÉCNICA DO INCIDENTE CRÍTICO.....	95
4.1.1 - <i>Obtenção e coleta de dados</i>	96
4.2 - ANÁLISE CONJUNTA	98
4.2.1 - <i>Estágio 1: Objetivos da análise conjunta</i>	99
4.2.2 - <i>Estágio 2: Projeto de uma análise conjunta</i>	100
4.2.3 - <i>Estágio 3: Suposições da análise conjunta</i>	103
4.2.4 - <i>Estágio 4: Estimação do modelo conjunto</i>	103
4.2.5 - <i>Estágio 5: Interpretação dos resultados</i>	104
A função de utilidade estimada	121
4.2.6 - <i>Estágio 6: Validação dos resultados</i>	122
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

APÊNDICE A – MATERIAL UTILIZADO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS INCIDENTES CRÍTICOS ..	135
APÊNDICE B - DADOS DA AMOSTRA DA TÉCNICA DO INCIDENTE CRÍTICO	137
APÊNDICE C – RESULTADOS DA TÉCNICA DO INCIDENTE CRÍTICO	138
APÊNDICE C 1– ATRIBUTOS DE VALOR E ITENS DE SATISFAÇÃO – PESQUISADORA A	143
APÊNDICE C 1– ATRIBUTOS DE VALOR E ITENS DE SATISFAÇÃO – PESQUISADORA B	145
APÊNDICE D – RESULTADOS DA ANÁLISE CONJUNTA	147

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

Ao longo da história, os seres humanos tiveram uma postura puramente extrativista em relação aos recursos naturais. A adoção do processo de produção em massa, desencadeado pela Revolução Industrial acelerou a degradação ambiental (JARDIM, 2006). Os danos ambientais ocorridos, tais como enchentes, chuvas ácidas, erosão dos solos, desertificação, entre outros, demonstram a exploração incessante do homem no meio ambiente.

Após três décadas de debate sobre os limites ambientais do crescimento econômico, percebeu-se que não foi o crescimento que chegou ao seu limite, mas o padrão tecnológico até então adotado pelos países industrializados. Este padrão tecnológico, que sustenta o crescimento econômico, é intensivo no uso de matérias-primas e energia, podendo esbarrar nos limites de finitude dos recursos ambientais (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2003).

Assim, devido aos problemas gerados pela exploração incessante dos recursos naturais, a ONU criou na década de 80 a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), que ficou conhecida como Comissão Brundtland. Para estarem de acordo com os preceitos estabelecidos por esta comissão, as empresas devem gerar desenvolvimento que satisfaça às necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas necessidades. A comissão critica o risco do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas,

apontando a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes (BRAGA, 2007).

No entanto, anualmente, cresce a necessidade de energia para sustentar o desenvolvimento dos países e suas respectivas atividades industriais. Paralelamente, aumenta a concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO₂), na atmosfera, intensificando o efeito estufa natural e o aquecimento decorrente deste. De acordo com May, Lustosa e Vinha (2003), o processo de intensificação do efeito estufa teve início justamente no período da Revolução Industrial, durante o qual foram desenvolvidos combustíveis fundamentados em aproveitamento de depósitos de hidrocarbonetos - os combustíveis fósseis, aumentando progressivamente o uso destes em paralelo ao aumento das atividades industriais. Logo, este processo de intensificação do efeito estufa é associado, com grande probabilidade, às emissões decorrentes da crescente utilização dessas fontes de energia.

Dentre as consequências da intensificação do efeito estufa e do aquecimento global estão: elevação do nível dos oceanos, perda da biodiversidade, intensificação do processo de desertificação e de acesso a água potável, entre outros.

Atualmente, a mudança climática está sendo estudada pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), que busca fornecer ao mundo uma visão científica sobre o estado atual da mudança do clima e das suas potenciais consequências ambientais e socioeconômicas (IPCC, 2010).

Nesse sentido, as implicações ambientais da produção e do uso dos recursos energéticos têm-se apresentado como um grande desafio aos países desenvolvidos e em desenvolvimento, uma vez que a produção, distribuição, transformação e consumo de energia deve ser orientado de modo a garantir o desenvolvimento dos mesmos sem ampliar os efeitos negativos ao meio ambiente.

Logo, para acompanhar o atual ritmo de desenvolvimento e manter o crescimento econômico sem desgastar os recursos naturais é preciso estudar novas maneiras sustentáveis de geração energética. No entanto, primeiramente, é importante entender que não existe uma energia completamente limpa, uma vez que se deve considerar todo o seu ciclo de vida, desde a construção da infraestrutura necessária para a produção de energia até o seu consumo e, em alguns casos, destino dos resíduos. Desta forma, é preciso buscar a ecoeficiência, ou seja, a otimização das fases do ciclo de vida associada à redução do impacto ambiental.

No entanto, Kuehr (2007) afirma que apesar de um conjunto de processos industriais não atingir um nível zero de emissões, uma vez que sempre haverá resíduos, é possível pensar em emissões “zero” ao considerar outros processos industriais e naturais, que utilizam estes resíduos.

Neste trabalho, o termo “energia limpa” está sendo usado para representar as fontes de energia mais limpas, ou seja, aquelas que quando comparadas com o combustível fóssil apresentam menos emissões de poluentes na atmosfera.

Segundo May, Lustosa e Vinha (2003, p. 240), o Brasil “possui um vasto potencial para projetos de mitigação do setor energético. Apesar da matriz já estar calcada em fontes renováveis de energia, ainda há espaço para aumentar a participação dessas fontes” ou mesmo de fontes fósseis com baixos índices de emissão de poluentes, como é o caso do gás natural.

Além disso, devido à falta de investimentos no setor elétrico, o Brasil passou no final da década de 1990 por uma crise no setor. Isso fez com que fontes de energias não convencionais se tornassem uma boa opção de geração descentralizada e uma saída rápida para suprir a falta de energia no mercado, garantindo uma maior segurança energética dos países e, conseqüentemente, de suas indústrias.

Diante deste cenário, encontra-se a proposta desta dissertação de mestrado em identificar os atributos percebidos com maior valor pelos principais setores industriais do Estado de São Paulo ao optar por uma fonte de energia mais limpa nos seus processos produtivos - cujos resultados permitirão às empresas usuárias e não usuárias de energias limpas ter conhecimentos sobre a opinião de seus pares com relação às vantagens e desvantagens do uso destes energéticos nos processos produtivos, assim como ao governo estabelecer estratégias adequadas para orientar e estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente.

1.1 - Justificativa do trabalho

Uma justificativa para o desenvolvimento do presente trabalho pode ser dada pela relevância do tema a ser discutido. A preocupação com o meio ambiente passa a ser exigência de qualquer negócio, pois consumidores, governos e sociedade estão começando a dar prioridade às atividades que garantam o desenvolvimento sustentável, ou seja, atividades que garantam a possibilidade do desenvolvimento da atual geração sem comprometer as possibilidades das gerações futuras, reduzindo os níveis de poluição mesmo com o aumento da produção (LIMA; REBELATTO, 2008).

Nesse sentido, o uso de fontes limpas de energia pode proporcionar diversos benefícios ambientais e de saúde à população, uma vez que emitem menos poluentes na atmosfera. Além disso, uma penetração maior destas fontes no mercado implica a diversificação da matriz energética e, por conseguinte, reduz o risco de abastecimento

garantindo, assim, a segurança energética dos países. Isso é importante em um contexto de alta volatilidade de preço do petróleo.

De acordo com o BEN 2008, o Brasil possui uma grande vantagem comparativa no uso dessas fontes devido à tecnologia e processos já dominados, como o álcool e as hidrelétricas. O país, também, possui condições climáticas favoráveis e terras propícias para o plantio de cana, soja e demais insumos energéticos renováveis. Neste caso, não enfrentaria grandes dificuldades na adoção de energias limpas, além da possibilidade de obter lucro com o desenvolvimento de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (LIMA; REBELATTO; SAVI, 2006).

O setor industrial foi escolhido por ser, segundo o BEN (2008), o setor brasileiro que mais consome energia (38% do total do consumo brasileiro). Além disso, é, de acordo com o BEESP (2007), o segundo maior emissor de CO₂, uma vez que muitas das atividades industriais são dependentes de combustíveis fósseis, que são esgotáveis e altamente poluentes. Estes números evidenciam a grande influência que medidas de eficiência energéticas bem implementadas e a mudança na estrutura de consumo de energéticos podem causar no nível de emissões do setor, sendo estas iniciativas favorecidas pelo dinamismo da indústria brasileira, o que pode tornar a sua adaptação às fontes limpas de energia fácil e rápida.

Assim sendo, para o presente trabalho selecionaram-se setores industriais altamente poluentes e que consomem grande quantidade de combustíveis fósseis, pois possuem alto potencial de redução de emissão de GEE. Para isso, foi realizada uma análise da estrutura de consumo de energia e do balanço de emissão de CO₂ dos setores industriais brasileiros e foram selecionadas, a princípio, as empresas citadas no “Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas Emissões de CO₂ – Fontes Industriais – Combustíveis Fósseis”,

divulgado pela CETESB em 2008, no qual estão listadas as 100 (cem) empresas com maior potencial de emissão de CO₂ do Estado de São Paulo (CETESB, 2009).

O Estado de São Paulo foi escolhido por ser o estado no qual está concentrada a maior quantidade das indústrias, além da disponibilidade de fontes de informação referentes à emissão de CO₂ pelos diversos setores industriais. Tais informações não foram encontradas para os demais estados brasileiros.

No entanto, para que as empresas adotem este tipo de energia efetivamente, é importante identificar o valor percebido pelas mesmas ao optar por estes energéticos. Para isso, o presente trabalho pretende apresentar uma aplicação da técnica estatística de Análise Conjunta (AC) como ferramenta de avaliação quantitativa do valor percebido pelas empresas em relação à utilização de energia limpa. Além disso, o trabalho apresentará uma avaliação qualitativa dos atributos de valor nas empresas no que diz respeito à utilização de energia limpa por meio da Técnica do Incidente Crítico (TIC).

Decorrente destes argumentos elaborou-se o principal objetivo desta dissertação que é o de analisar os fatores intervenientes na adoção de energias limpas nos processos produtivos dos principais setores industriais do Estado de São Paulo por meio da Técnica do Incidente Crítico e da Análise Conjunta. Para que este objetivo seja atendido, estabeleceu-se as seguintes metas intermediárias:

- Revisar a bibliografia relacionada aos conceitos e métodos utilizados, tais como: o atual cenário energético brasileiro, desenvolvimento sustentável, a Técnica do Incidente Crítico e o método da Análise Conjunta;
- Selecionar os setores e empresas que participaram da pesquisa;
- Realizar as pesquisas de campo utilizando a TIC e AC;

- Analisar os resultados obtidos a partir das entrevistas e verificar as conclusões da pesquisa.

1.2 - Organização do Texto

A estrutura e organização do texto desta dissertação estão definidas da seguinte maneira:

- Capítulo 1 – Introdução: apresenta o tema a ser abordado nesta dissertação, os objetivos, as justificativas, além da organização do texto;
- Capítulos 2 – Revisão Bibliográfica: este capítulo reporta à pesquisa bibliográfica feita durante o desenvolvimento da dissertação e constitui o embasamento teórico dos estudos realizados, considerando os principais temas envolvidos no trabalho – cenário energético brasileiro, desenvolvimento sustentável e as variáveis que influenciam na tomada de decisão das empresas, Técnica do Incidente Crítico e o método da Análise Conjunta;
- Capítulo 3 – Método da Pesquisa: neste capítulo encontra-se a caracterização da pesquisa, bem como a definição do método que foi desenvolvido nesta dissertação e os passos de procedimentos necessários para alcançar os objetivos definidos;
- Capítulo 4 – Apresentação e Discussão dos Resultados: este capítulo apresenta o estudo realizado na identificação dos atributos de valor no

processo de escolha por uma fonte energética mais limpa pelas empresas pesquisadas, segundo a Técnica do Incidente Crítico. Também, neste capítulo, encontra-se uma aplicação da Análise Conjunta, visando atribuir aos fatores representativos no processo de escolha por uma energia limpa uma função utilidade que represente efetivamente o valor percebido pelas empresas;

- Capítulo 5 – Considerações Finais: neste capítulo são apresentadas as considerações e conclusões alcançadas com a realização do trabalho, bem como as generalizações admissíveis para o mesmo;
- Capítulo 6 – Referências Bibliográficas: apresenta as obras consultadas para o desenvolvimento desta dissertação.

Capítulo 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Cenário Energético

A energia é um dos componentes essenciais para o desenvolvimento econômico de uma nação, sendo o seu suprimento um pré-requisito fundamental às atividades humanas, ao desenvolvimento e ao crescimento econômico. No entanto, de acordo com UNDP (2000) o uso da energia em uma sociedade não é um fim em si próprio. A energia é consumida para a satisfação das necessidades dos consumidores por serviços como transporte, produção de bens materiais, aquecimento, iluminação, força motriz, entre outros. Principalmente em países em desenvolvimento, cuja estrutura social encontra-se em processo de reorganização, devido ao aumento da urbanização e à industrialização, cresce cada vez mais a demanda por energia para a manutenção das atividades industriais, agrícolas, de transporte e de consumo residencial (COHEN, 2002).

Assim, não resta dúvida de que a energia assumiu um caráter essencial com relação ao desenvolvimento das nações, tornando-se a força motriz das atividades econômicas e sociais desenvolvidas pelo homem (CIMA, 2006).

O mercado de energia/eletricidade está no centro das atividades econômicas dos Estados Nacionais e interfere diretamente no movimento das relações sociais, sendo vital

ao sistema produtor de bens e serviços. Desta forma, as decisões verificadas no setor energético podem repercutir de forma marcante na economia regional e também mundial.

No setor energético, quando se considera a tríade qualidade, quantidade e preço, o último tem se mostrado a base para a garantia do abastecimento. A partir do preço, determinam-se as quantidades e o nível técnico (indicador de qualidade) dos volumes a serem ofertados. Assim, o que se mostra factível no plano tecnológico, nem sempre é no plano econômico. As possíveis alternativas energéticas apresentadas pelas inovações tecnológicas se submetem à avaliação, do ponto de vista econômico, dos custos das mesmas e de suas repercussões nos preços dos produtos da cadeia energética (SILVA, 2006).

Da mesma forma que as atividades do setor elétrico interferem no movimento das relações sociais e econômicas, as suas etapas de exploração, transformação, distribuição e uso também afetam o meio ambiente. Os danos mais expressivos estão relacionados com as emissões de poluentes atmosféricos, contaminação dos meios aquáticos e terrestres e a geração de resíduos, além do esgotamento dos recursos naturais, produção de ruídos, impactos visuais e os efeitos negativos à biodiversidade (SILVA, 2006).

O aumento das emissões dos poluentes atmosféricos gera danos ambientais que atingem escalas globais, regionais e locais. Entre esses danos, podemos citar a intensificação do efeito estufa, a depleção da camada de ozônio e a chuva ácida.

Segundo a ANEEL (2002), a geração de eletricidade a partir de recursos fósseis lança na atmosfera compostos contaminantes, o que contribui para a acidificação do solo e dos recursos hídricos, como por exemplo: o dióxido de enxofre (SO_2), que é o principal poluente para a formação da chuva ácida; o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4), que são alguns dos principais gases do efeito estufa (GEE); além de metais pesados e de hidrocarbonetos, estes últimos são responsáveis pela formação do “smog fotoquímico”.

Logo, apesar das necessidades humanas se mostrarem crescentes, os recursos naturais, fonte primária de suprimento dessas necessidades, são limitados. Desta forma, a produção, distribuição, transformação e consumo de energia deve ser orientada de modo a satisfazer essas necessidades, porém de forma racional frente aos limitantes naturais.

De maneira geral, as implicações ambientais da produção e do uso dos recursos energéticos têm-se apresentado como um grande desafio aos países desenvolvidos e emergentes na busca e adoção de modelos de crescimento que garantam o desenvolvimento dos mesmos sem ampliar os efeitos negativos ao meio ambiente.

Considerando tal desafio, em 1997, foi elaborado o Protocolo de Quioto, no qual os países signatários comprometeram-se em reduzir suas emissões de poluentes em pelo menos 5,2% abaixo dos índices de 1990, no período de 2008 a 2012 (ROCHA, 2003).

Por causa do alto custo e das dificuldades de se reduzir a emissão dos gases poluentes do efeito estufa em países desenvolvidos, criou-se o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo). Logo, os grandes centros produtivos podem optar por financiar ações desta ordem em países em desenvolvimento adquirindo, em troca, créditos de carbono, evitando que sua competitividade seja afetada pelos custos da adequação (PRAÇA, 2003).

O MDL “possui dois objetivos: diminuir o custo global de redução de emissões de gases lançados na atmosfera e que produzem o efeito estufa (GEE) e, ao mesmo tempo, também, apoiar iniciativas que promovam o desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento” (MOTTA et al., 2000, p. 1).

A proposta do MDL consiste na negociação no mercado mundial das toneladas de CO₂ deixadas de ser emitidas ou retiradas da atmosfera por um país em desenvolvimento. Assim, as empresas que não conseguirem reduzir suas emissões poderão comprar Certificados de Emissões Reduzidas (CER) em países em desenvolvimento, que o usarão para investir em desenvolvimento sustentável (ROCHA, 2003).

Contudo, apesar do Protocolo de Quioto e dos limitantes impostos aos países ricos, a emissão de gases que causam o efeito estufa, em especial o dióxido de carbono (CO₂), continua crescendo.

Cada vez mais, consumidores, políticos e investidores acreditam que a responsabilidade para com o meio ambiente é uma tarefa que cabe a todas as empresas – de frigoríficos a fabricantes de chips de computador, de bancos a siderúrgicas, de varejistas a companhias aéreas. Mesmo nos Estados Unidos, país que não aderiu a Quioto, vários estados estão instituindo restrições a emissão de dióxido de carbono e incentivando fontes limpas (TEIXEIRA JR, 2007).

As empresas brasileiras, de acordo com os acordos internacionais, ainda não têm obrigação de reduzir emissões. O país é um dos beneficiários do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Porém, a primeira fase do Protocolo de Quioto termina em 2012 e já começaram as negociações para incluir o país na lista dos devedores. Além disso, é importante considerar que as corporações do país passam por um processo de internacionalização e, portanto, dependem de investidores estrangeiros e da manutenção de uma boa imagem perante consumidores europeus, japoneses e americanos, cada vez mais preocupados com o meio ambiente.

No entanto, a transformação de métodos de produção custa caro e afeta a competitividade de muitas empresas e setores, porém a preocupação com o meio ambiente não significa necessariamente desacelerar o desenvolvimento econômico. De acordo com Teixeira Jr (2007), somente o mercado de novas energias vai movimentar meio trilhão de dólares anuais na metade do século. Os aportes de capital em energias limpas passaram de 30 bilhões em 2004 para 63 bilhões em 2007 e estima-se que o volume deve ultrapassar 100 bilhões de dólares anuais a partir de 2010. Parte desses recursos deve ser investida no Brasil,

seja em incentivos à produção de biocombustíveis, seja em investimentos em projetos de redução de emissões.

2.1.1 - Atual Configuração Energética Brasileira

Com os avanços do conhecimento científico e dos domínios tecnológicos, diferentes fontes energéticas surgiram como forma de suprir a demanda de energia, como por exemplo: a madeira; o vento; a energia hidráulica; o carvão; o petróleo; o gás natural; a energia nuclear e solar; entre outras.

De acordo com Luncon e Goldemberg (2007), os padrões atuais de produção e consumo de energia no mundo são baseados nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa e põem em risco o suprimento de longo prazo no planeta, por ser uma fonte não renovável.

No entanto, no Brasil, assim como no resto do mundo, os subsídios oferecidos a combustíveis fósseis são enormes. Importantes setores econômicos estão baseados em atividades de extração, produção e uso de carvão, petróleo e gás natural. Isso pode ser verificado nas oscilações de preços internacionais de petróleo e suas imediatas repercussões na economia mundial. O próprio embate político vivido em torno do Protocolo de Quioto reflete os interesses de grandes corporações e de países industriais, em particular o caso dos Estados Unidos (JANNUZZI, 2002).

Entre as vantagens estratégicas do país que detém e controla as reservas de petróleo e a estrutura de refino estão: importância geopolítica; segurança interna em setores vitais como transporte e produção de eletricidade; e aumento da participação no comércio internacional, seja por meio da exportação direta do óleo e seus derivados, seja pelo custo e, portanto, pela competitividade dos produtos industrializados. Em razão destes elementos, aliás, ao mesmo tempo em que provocou acentuado

desenvolvimento econômico e social, o petróleo também gerou sucessivas guerras e crises internacionais ao longo do século XX (ANEEL, 2008, p. 108).

Das crises, as mais representativas foram a de 1973 e a de 1979, que provocaram problemas econômicos em vários países - inclusive um racionamento de derivados no Brasil – e sinalizaram para a necessidade de redução da dependência do petróleo.

Nos últimos anos houve um aumento na busca por fontes alternativas devido à perspectiva de esgotamento, em médio prazo, das reservas existentes e, principalmente, pelas questões ambientais: a cadeia produtiva do petróleo e seus derivados é extremamente agressiva ao meio ambiente, produzindo em várias etapas, como na geração de energia elétrica e no consumo de combustíveis, emissões de gases que contribuem para o efeito estufa (ANEEL, 2008).

Logo, tão acentuado quanto os efeitos socioeconômicos do petróleo, é o seu impacto ambiental. Em terra, a exploração, prospecção e a produção podem provocar alterações e degradação do solo, enquanto que no mar, além da interferência no ambiente, podem ocorrer vazamentos do óleo, colocando em risco a fauna e a flora aquática. Já na combustão dos derivados – seja para geração de energia elétrica, seja para utilização nos motores – o maior fator de agressão é a emissão de gases poluentes, responsáveis pelo efeito estufa. Os mais problemáticos são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) (ANEEL, 2008).

Nesse sentido, o uso de petróleo para geração de eletricidade tem sido decrescente desde os anos 1970, como é possível observar na Tabela 1, que mostra a comparação das estruturas das ofertas internas de energia do Brasil, do mundo e dos países que compõe a OCDE. Tal fato se deve, principalmente, ao obsolescência das plantas de geração, aos requerimentos de proteção ambiental e ao aumento da competitividade de fontes alternativas. Além disso, desde a assinatura do Protocolo de Quioto nos anos 90, existe a

pressão sobre os grandes consumidores em reduzir a dependência deste energético, e, conseqüentemente, às emissões, (ANEEL, 2002).

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia (% e tep)

Especificação	BRASIL		OECD		MUNDO	
	1973	2007	1973	2006	1973	2006
Petróleo e Derivados	45,6	37,4	52,8	39,3	46,1	34,4
Gás Natural	0,4	9,3	18,8	22,6	16,0	20,5
Carvão Mineral	3,1	6,0	22,5	20,8	24,5	26,0
Urânio	0,0	1,4	1,3	10,6	0,9	6,2
Hidráulica e Eletricidade	6,1	14,9	2,1	1,9	1,8	2,2
Biomassa	44,8	31,1	2,5	4,8	10,7	10,7
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total - milhões tep	82	239	3.747	5.590	6.115	11.741

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

Na Tabela 1 também é possível observar que, além do petróleo, outra fonte de energia fóssil possui grande contribuição na matriz energética mundial: o carvão mineral.

Existem dois tipos básicos de carvão provenientes da natureza: vegetal e mineral. O vegetal é obtido a partir da carbonização da lenha. O mineral é formado pela decomposição da matéria orgânica (como restos de árvores e plantas) durante milhões de anos. Ambos podem ser usados na indústria (principalmente siderúrgica) e na produção de energia elétrica. No entanto, enquanto o carvão vegetal é pouco utilizado – exceto no Brasil, maior produtor mundial – o segundo possui um elevado consumo, como é possível observar na Tabela 1. Este movimento tem a ver não só com a disponibilidade de reservas, mas com a qualidade do carvão, favorecido pela incidência de carbono e prejudicado pela quantidade de impurezas. No carvão vegetal, o poder calorífico é baixo enquanto a participação de impurezas é elevada. No carvão mineral, o poder calorífico e a quantidade de impurezas

variam, o que determina a subdivisão do minério nas categorias: baixa qualidade e alta qualidade (ANEEL, 2008).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008), o carvão mineral é a fonte mais utilizada para geração de energia elétrica no mundo, respondendo por 41% da produção total. A sua participação na produção global de energia primária é de 26%, como apresentado na Tabela 1. Além disso, o carvão é considerado a maior fonte de energia para uso local. Isso se deve a distribuição geográfica das mesmas, ao baixo custo e estabilidade nos preços relativamente a outros combustíveis, além da abundância das reservas. No Brasil, no entanto, o minério representa pouco mais de 1,5% da matriz de energia elétrica, de acordo com a Tabela 2. Essa aplicação restrita é resultante de fatores como a vocação brasileira para a utilização de fontes hídricas na produção de energia elétrica e a baixa qualidade da maior parte do carvão nacional.

Essa fonte, assim como o petróleo, gera fortes impactos socioambientais provocados em todas as etapas do processo de produção e também no consumo. Os impactos negativos decorrem de sua mineração que afeta os recursos hídricos, o solo e o relevo de áreas circunvizinhas, porém o efeito mais severo é o volume de emissão de gases como o nitrogênio (N) e o dióxido de carbono (CO₂) provocado pela combustão. Estimativas apontam que o carvão é responsável por entre 30% e 35% do total de emissões de CO₂, principal agente do efeito estufa (ANEEL, 2008).

Assim, devido aos impactos ambientais causados pelas fontes fósseis de energia, além da perspectiva de esgotamento, em médio prazo, das reservas existentes, o recente processo de reestruturação do setor elétrico tem estimulado a geração descentralizada de energia elétrica, de modo que as fontes não convencionais ocupem mais espaço na matriz energética brasileira (SILVA, 2006). Os estudos estão sendo direcionados nos mais variados mecanismos de produção de energia limpa: o gás natural, o biogás, o uso

de hidrelétrica, as usinas nucleares, o hidrogênio, a energia eólica, as células solares fotovoltaicas, a força das marés ou ainda o calor do interior da terra. No entanto, as discussões nos acordos internacionais sobre os mecanismos de redução das emissões de gases de efeito estufa baseiam-se na ampliação das fontes renováveis de energia (BELINI, 2006).

Por outro lado, apesar das fontes renováveis se destacarem como as mais cotadas na substituição das fontes fósseis, esta seria uma condição necessária, mas não suficiente, para atenuar a mudança climática, pois são necessárias mudanças na infraestrutura, na tecnologia e na economia dos países (BELINI, 2006). Nesse sentido, o Brasil apresenta uma condição bastante favorável em relação ao resto do mundo. Atualmente, o país conta com uma participação de 45,9% de renováveis, contrastando significativamente com a média mundial que é de 12,9 %, e mais ainda com a média dos países da OECD, quase todos os países desenvolvidos, que é de apenas 6,7%, como é possível observar no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Estrutura da Oferta Interna de Energia (%)
Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

Com relação à matriz elétrica brasileira, o percentual de participação de energia renovável é ainda mais expressivo, alcançando 88,7%, como é possível observar na Tabela 2.

Tabela 2 - Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil

Fontes	%	
	2006	2007
Energia Não renovável	11,3	10,2
Gás Natural	4	3,3
Derivados de Petróleo	2,7	2,8
Nuclear	3	2,5
Carvão e Derivados	1,6	1,6
Energia Renovável	88,7	89,8
Hidráulica ¹	84,7	85,6
Biomassa ²	4	4,1
Eólica	<0,1	0,1

¹ Inclui importação.

² Inclui lenha, bagaço de cana, lixo e outras recuperações.

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

Deste modo, não haveria grandes dificuldades para o Brasil lucrar com o desenvolvimento de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, uma vez que o país possui grande experiência no uso de fontes renováveis, além de condições climáticas favoráveis e terras propícias para o plantio de cana, soja e demais insumos energéticos renováveis.

No entanto, o estímulo ao uso de fontes de energias renováveis no país ainda é bastante incipiente comparado à média mundial, apesar dos esforços feitos pelo governo federal por meio do Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Eletricidade (PROINFA). (LUNCON; GOLDEMBERG, 2007).

O PROINFA é um instrumento para a diversificação da matriz energética nacional, o que garante maior confiabilidade e segurança ao abastecimento. Tal programa estabelece a contratação de 3.300 MW de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN), produzidos por fontes eólicas, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), sendo 1.100 MW de cada fonte (MME, 2008).

Além do PROINFA, o Plano Nacional sobre a Mudança do Clima pretende incentivar o desenvolvimento das ações colaborativas ao esforço mundial de combate à

mudança climática global e criar as condições internas para enfrentar suas consequências. Entre essas ações, o Brasil busca manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica, preservando a posição de destaque que o país sempre ocupou no cenário internacional, uma vez que o setor energético nacional relativamente aos demais países é extremamente limpo (PNMC, 2008).

Nesse sentido, é possível observar na Tabela 3, que apresenta a evolução da oferta interna de energia no Brasil em 2006 e 2007, o crescimento da demanda por energia renovável em todas as fontes, sendo que a “lenha e carvão vegetal” apresentaram o menor desempenho, mas ainda assim apresentam uma grande participação na oferta energética nacional. Já a energia não renovável apresentou uma queda na sua participação em 2007 que se deu, principalmente, em função do desempenho negativo da energia nuclear e do crescimento pouco expressivo do gás natural neste ano.

Tabela 3 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 2007

Especificação	mil tep		07/06 %	Estrutura %	
	2006	2007		2006	2007
Não renovável	124.464	129.102	3,7	55,0	54,1
Petróleo e Derivados	85.545	89.239	4,3	37,8	37,4
Gás Natural	21.716	22.199	2,2	9,6	9,3
Carvão Mineral e Derivados	13.537	14.356	6,1	6,0	6,0
Urânio (U308) e Derivados	3.667	3.309	-9,8	1,6	1,4
Renovável	101.880	109.656	7,6	45,0	45,9
Hidráulica e Eletricidade	33.537	35.505	5,9	14,8	14,9
Lenha e Carvão Vegetal	28.589	28.628	0,1	12,6	12,0
Derivados da Cana de Açúcar	32.999	37.847	14,7	14,6	15,9
Outras Renováveis	6.754	7.676	13,7	3,0	3,2
Total	226.344	238.758	5,5	100,0	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

Também é possível observar que em 2007, a participação da energia “hidráulica e eletricidade” (14,9%) foi superada pelos “derivados da cana de açúcar” (15,9%)

e pelo “petróleo e derivados” (37,4%). No entanto, com relação à oferta interna de energia elétrica, que totalizou 482,6 TWh, a energia de fonte hidráulica representou 85,6% (incluindo importação), constituindo-se de longe, na maior produtora de eletricidade do país (ANEEL, 2008). Isso ocorre devido à abundância dos recursos hídricos no Brasil que fez com que o aproveitamento destes se diferenciasse marcadamente das demais opções energéticas que se apresentam viáveis em escala comercial no mundo (SILVA, 2006).

A energia hidrelétrica possui uma importante penetração na matriz energética nacional, contribuindo para isso a larga experiência de construção, uso e manutenção da mesma (SILVA, 2006). Entre as vantagens da hidroeletricidade, está o seu alto rendimento, além de ser um dos sistemas mais baratos de produção de eletricidade. Como desvantagem desta fonte de energia pode-se citar o grande impacto ambiental na fase de construção e operação, uma vez que causa inundações em grandes áreas que muitas vezes são consideradas produtivas e/ou de grande diversidade biológica (LIMA; REBELATTO; SAVI, 2006).

Além disso, é importante citar que as hidrelétricas, de acordo com Fearnside (2004), emitem quantidades significativas de gases de efeito estufa, quando construídas em áreas florestadas nos trópicos. Isso se deve a liberação de dióxido de carbono oriundo da decomposição aeróbica de biomassa de floresta morta nos reservatórios que projeta fora da água e, também, pela liberação de metano oriundo da decomposição anaeróbica de matéria não lignificada.

Segundo esse autor, essas emissões estão concentradas no início de vida de uma hidrelétrica, de forma que o impacto de efeito estufa provocado pela geração de energia hidrelétrica tenha um perfil temporal significativamente diferente das emissões produzidas pela produção da mesma quantidade de energia a partir de combustíveis fósseis.

Entretanto, a demanda crescente por energia elétrica e a perspectiva de esgotamento em longo prazo do potencial hidrelétrico nacional, acrescida das questões de natureza socioambiental, a par da prioridade que possa merecer a hidroeletricidade

na expansão da oferta do sistema elétrico, permitem admitir que outras fontes deverão compor essa expansão (PNMC, 2008, p. 8).

Nesse sentido, o Brasil dispõe de diversas alternativas para a expansão da oferta de energia limpa. Entre elas, inclui-se a geração a partir de fontes renováveis – biomassa, eólica e solar (PNMC, 2008), que serão analisadas a seguir.

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Ela é considerada, tanto no mercado interno como no externo, uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. A partir dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina (ANEEL, 2008).

No mercado internacional, o Brasil se destaca como o segundo maior produtor de etanol, obtido a partir da cana de açúcar. Segundo o BEN, entre 2007 e 2006 a produção brasileira deste combustível aumentou 34,7%. Já a produção nacional de biodiesel, segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), aumentou de 69.002 metros cúbicos (m³) em 2006 para 402.154 m³ em 2007 (ANEEL, 2008).

O uso da biomassa como fonte de energia tem sido crescente no Brasil, principalmente, em sistemas de cogeração (pelo qual é possível obter energia térmica e elétrica) dos setores industriais e de serviços. Em 2007, este energético teve participação de 31,1% na matriz energética nacional, sendo a segunda maior fonte de energia, sendo superada apenas por “petróleo e derivados”, como é possível observar na Tabela 3. Ela ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder por 3,7% da oferta, sendo superada pela hidroeletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total (ANEEL, 2008).

A utilização da biomassa no Brasil é resultado de um conjunto de fatores, incluindo a disponibilidade de recursos de mão de obra barata, rápida urbanização e

industrialização e a experiência histórica com aplicações industriais dessa fonte de energia em grande escala. A aplicação das tecnologias de energia de biomassa é uma das características particulares do país. Como exemplo é possível citar, além da produção do etanol a partir da cana-de-açúcar, o carvão vegetal oriundo de plantações de eucaliptos, a cogeração de eletricidade do bagaço de cana e o uso da biomassa em indústrias de papel e celulose (cascas e resíduos de árvores, serragem, licor negro, etc.) (LUNCON; GOLDEMBERG, 2007).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), em novembro de 2008 existiam 302 termelétricas movidas a biomassa no país, o que corresponde a um total de 5,7 mil MW (megawatts) instalados. Do total de usinas relacionadas, 13 são abastecidas por licor negro (resíduo da celulose); 27 por madeira (232 MW); três por biogás (45 MW); quatro por casca de arroz (21 MW) e 252 por bagaço de cana (4 mil MW).

A cana de açúcar é um recurso com grande potencial, dentre as fontes de biomassa, para geração de eletricidade existente no país, por meio da utilização do bagaço e da palha. A sua participação é importante não só para a diversificação da matriz elétrica, como também porque a safra coincide com o período de estiagem na região Sudeste/Centro-Oeste, onde está concentrada a maior potência de hidrelétricas (UHEs) do país, auxiliando, portanto, na preservação dos níveis dos reservatórios das UHEs (ANEEL, 2008). Os produtos energéticos resultantes dos derivados da cana contribuíram com 15,9% da matriz energética brasileira de 2007, como é possível observar na Tabela 3.

Além da cana-de-açúcar, outra maneira de obter energia é por meio do biogás. Este é um gás combustível produzido a partir de biomassa e/ou da fração biodegradável, em processos de digestão anaeróbica de resíduos e efluentes.

Em termos ambientais a utilização do biogás representa uma melhoria global no rendimento do processo e seus benefícios estão vinculados ao tipo de aproveitamento a que

ele está destinado: conversão em energia elétrica ou aproveitamento térmico (PECORA, 2006).

A emissão de biogás para a atmosfera provoca impactos negativos ao meio ambiente e para a sociedade, uma vez que contribui para o agravamento do efeito estufa através da emissão de metano para atmosfera. Além disso, provoca odores desagradáveis pela emissão de gases fétidos e tóxicos, devido à concentração de compostos de enxofre presentes no gás além de uma pequena, mas não desprezível presença de bactérias responsáveis pela digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos. (PECORA, 2006).

Quando convertido em energia elétrica, a vantagem da utilização do biogás está relacionada à eficiência dos sistemas de conversão, além das emissões que são evitadas uma vez que se utiliza uma fonte renovável (PECORA, 2006).

Com relação à energia eólica, embora ainda haja divergências entre especialistas e instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, vários estudos indicam valores extremamente consideráveis, o que tem dado suporte e motivado a exploração comercial dessa energia no país (ANEEL, 2002).

A energia eólica é, basicamente, aquela obtida da energia cinética gerada pela movimentação das massas de ar provocada pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta. A geração ocorre pelo contato do vento com as pás do cata vento, que dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade (ANEEL, 2008).

O equipamento ocupa 1% da área da usina eólica, e o restante pode ser ocupado por lavoura ou pastagem. Pode-se morar a uma distância de 400 metros das usinas eólicas sem que seu ruído cause danos ou perturbações ao ser humano (PETROBRAS, 2009).

Os grandes argumentos favoráveis à fonte eólica são: renovabilidade, perenidade, grande disponibilidade, independência de importações e custo zero para obtenção

de suprimento (ao contrário do que ocorre com as fontes fósseis). Além disso, esta fonte de energia traz baixo impacto ambiental quando comparada com as demais, mas, ainda assim, não é completamente limpa uma vez que deve-se considerar todo o ciclo de vida das fontes energéticas ao se analisar o impacto causado ao meio ambiente pelas mesmas. O principal argumento contrário a essa fonte é o custo que, embora seja decrescente, ainda é elevado quando comparado com outras fontes (ANEEL, 2008).

Outro impasse, além do custo, é o fato de que para essa energia ser considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 metros; o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m (ANEEL, 2002).

As regiões brasileiras com maior potencial medido são Nordeste, principalmente o litoral (75 GW); Sudeste, particularmente o Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e Sul (22,8 GW). De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG) da Aneel, as 17 usinas eólicas em operação em novembro de 2008 apresentavam capacidade instalada de 273 MW, sendo que o crescimento verificado nos últimos anos ocorreu a uma taxa média anual de 65% (ANEEL, 2008).

Um grande incentivo para a energia eólica é o resgate equivalente de carbono decorrente da produção de energia limpa, quando comparada com uma mesma quantidade de energia produzida por fontes que utilizam combustíveis fósseis. Desta forma, a geração de energia por fonte eólica poderá se beneficiar fortemente com o Protocolo de Quioto por meio da emissão dos certificados de carbonos cujos valores poderão ser expressivos, contribuindo para melhorar o rendimento econômico dos projetos eólicos (LIMA; REBELATTO; SAVI, 2006).

Um exemplo disso foi o registro de primeiro projeto de MDL enquadrado nas regras do Protocolo de Quioto que o Brasil recebeu, em março de 2007, por meio de uma usina eólica, localizada em Macau (RN). A usina representa cerca de 1.300 toneladas evitadas de CO₂ por ano, pela geração renovável, substituindo dois geradores elétricos e uma bomba mecânica de petróleo, ambos a diesel, por três geradores eólicos de energia elétrica com capacidade de 1,8 MW (PETROBRAS, 2009).

Com relação à energia produzida a partir do sol, apesar dos custos serem relativamente altos, sua participação tende a superar sua fração de consumo mundial: hoje, de acordo com Belini (2006), corresponde a apenas 0,5%. No entanto, segundo a ANEEL (2008) ela aumentou mais de 2000% entre 1996 e 2006.

Comparada a outros recursos, como a energia hidráulica, por exemplo, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar. No Brasil, existe uma infinidade de pequenos aproveitamentos desta energia, mas isso ainda é pouco significativo, diante do grande potencial existente, visto que o país é privilegiado em termos de radiação solar, principalmente no Nordeste, que possui radiação comparável às melhores regiões do mundo nessa variável (ANEEL, 2002).

Além disso, é uma energia que não traz grandes prejuízos ambientais, pois contribui com o baixo nível de gases do efeito estufa na atmosfera, o que garante que projetos que envolvem a utilização de energia solar possam negociar créditos carbono na Bolsa de Valores.

Entre as outras tecnologias geradoras de eletricidade utilizadas no país estão a termonuclear e as termelétricas a gás natural.

A geração termonuclear teve início no final dos anos 1960. Na época, cogitava-se sobre a necessidade de complementação térmica para o suprimento de eletricidade no Rio de Janeiro. Decidiu-se então que essa complementação ocorresse por meio da

construção de uma usina nuclear (Angra I) com capacidade nominal da ordem de 600 MW, na cidade de Angra dos Reis – RJ. Em junho de 1975, foi assinado com a República Federal da Alemanha o Acordo de Cooperação para o Uso Pacífico da Energia Nuclear. Em julho do mesmo ano, foi feita a aquisição das usinas de Angra II e Angra III, junto à empresa alemã Kraftwerk Union A.G. – KWU, subsidiária da Siemens (ANEEL, 2002).

Atualmente, o suprimento de eletricidade do Estado do Rio de Janeiro é fortemente dependente da operação das usinas nucleares Angra I e II, e espera-se que, juntamente com as termelétricas do Programa Prioritário de Termoeletricidade (PPT) programadas para o Estado, haja minimização da dependência externa de energia e maior diversificação das fontes locais de suprimento (ANEEL, 2002).

Embora seja a terceira maior fonte geradora de eletricidade no mundo, evitando a emissão de consideráveis quantidades de dióxido de carbono e outros poluentes, a produção de eletricidade utilizando a tecnologia nuclear apresenta problema com relação ao destino dos resíduos radioativos que são gerados, que possuem elevado grau de periculosidade, bem como o risco de acidentes durante a operação das unidades geradoras. Estes problemas têm restringido a expansão desta tecnologia (SILVA, 2006).

Já o gás natural (GN) vem recebendo incentivos por parte do governo e da Petrobrás e representa uma boa escolha na redução da dependência dos países desenvolvidos e dos países em desenvolvimento em relação ao petróleo, tornando-se cada vez mais viável depois da descoberta de reservas no litoral de Santos.

Segundo Lima (2007), com as novas reservas comprovadas, as novas técnicas de exploração e produção que vem sendo empregadas e o interesse governamental, o Brasil certamente alterará a participação deste energético na sua matriz energética considerando uma política de preços e tarifas favoráveis a indução de seu emprego extensivo na indústria. Atualmente, a participação do GN é de 9,3%, ocupando a quinta posição na matriz energética

nacional, conforme a Tabela 3. Na produção de energia elétrica, a participação é de 3,3%, ficando atrás da energia hidráulica e da biomassa (ANEEL, 2008).

Apesar de ser um combustível fóssil, este energético é considerado limpo no mundo todo por apresentar baixos índices de emissão de poluentes na atmosfera, como óxidos de nitrogênio, óxido de enxofre e particulados, bem como de dióxido do carbono, quando comparado aos demais combustíveis fósseis (RIBEIRO, 2003). Apenas como exemplo, o estudo sobre gás natural do Plano Nacional de Energia 2030 registra que o volume de CO₂ lançado na atmosfera pode ser entre 20% e 23% inferior àquele produzido pela geração a partir do óleo combustível e entre 40% e 50% inferior aos casos de geração a partir de combustíveis sólidos, como o carvão (ANEEL, 2008).

Além disso, este energético traz benefícios econômicos, uma vez que reduz custo com operação e manutenção, e benefícios operacional-tecnológicos, devido à sua queima completa, ao aumento da vida útil dos equipamentos, ao seu elevado rendimento térmico, por ser mais seguro, entre outros. O GN proporciona, também, benefícios em relação à qualidade do produto, pois o produto entra em contato com menos impurezas durante a queima desse combustível (CORREA, 2002).

Outra característica do GN é o seu alto poder calorífico por unidade de massa, além de ser encontrado na natureza praticamente pronto para o consumo e seu transporte, apesar de exigir grandes investimentos iniciais na construção de rede de dutos, é dos mais seguros e confiáveis. O GN possui uma ampla utilização e praticamente pode substituir qualquer tipo de combustível em qualquer aplicação com exceção do querosene de aviação (MONTES, 2000).

Com relação à facilidade de operação, este energético pode ser comparado à energia elétrica. Ele aproxima-se do usuário final de energia, uma vez que apresenta queimas praticamente isentas de contaminantes, o que evita etapas intermediárias de transformação de

energia e representa grandes ganhos em termos de eficiência e racionalidade do uso do GN (SANTOS, 2002).

Assim, existem diversas alternativas energéticas para as indústrias brasileiras reduzirem a emissão de poluentes na atmosfera.

No entanto, com a queda dramática no preço do barril de petróleo a partir de setembro de 2008, fica difícil pensar em energias alternativas em curto prazo. Porém, não se imagina que programas de energias renováveis sejam abandonados, como aconteceu com o Proálcool nos anos 80*. Nesse período, não havia consciência do aquecimento global e a preocupação com o dano causado pela queima de combustíveis fósseis era restrito à poluição atmosférica localizada. Hoje, a pressão para a preservação do meio ambiente e o aquecimento global já começam a provocar profundas mudanças estruturais em algumas das indústrias mais tradicionais do planeta, como a de automóveis. Outro alento é que o petróleo continua sendo uma fonte de energia finita e as fontes renováveis serão necessárias no futuro. Mas, apesar da viabilidade financeira das fontes de energia ser essencial, haverá uma pressão crescente para que os governos subsidiem pelo menos parte do desenvolvimento de alternativas energéticas limpas (LAHOZ, 2008).

Assim, de acordo com o Plano Nacional de Mudança do Clima (2008) os esforços governamentais serão empreendidos para que a variável socioambiental seja introduzida, cada vez mais, no processo de planejamento da expansão da oferta de eletricidade. Porém, a grande extensão do território nacional, a distribuição geográfica dos recursos e as peculiaridades regionais são importantes desafios ao planejamento da oferta e gerenciamento da demanda nacional (ANEEL, 2002).

* Nos anos 80 o preço do petróleo despencou, e os usineiros, sem subsídios do governo passaram a usar a cana para produzir açúcar. O carro a álcool se tornou um péssimo negócio e boa parte deles foi convertida para rodar com gasolina (LAHOZ, 2008).

Desta forma, o planejamento energético surgiu como meta principal de otimização da oferta de recursos energéticos, tendo como principal objetivo o acesso a fontes de energia de forma adequada, confiável e de qualidade (CIMA, 2006).

Para que ocorra esse planejamento é necessário que a demanda de energia seja avaliada considerando um amplo conhecimento das características do mercado consumidor e das características do sistema energético e suas perspectivas de expansão (CIMA, 2006).

Outros fatores que também merecem destaque são: o crescimento do setor terciário, o deslocamento de indústrias energo-intensivas para países em desenvolvimento, a substituição entre as fontes de energia, assim como o progresso técnico e a redução de desperdícios por meio da eficiência energética. Assim, desenvolveu-se um conjunto de técnicas de uso racional de energia e gerenciamento da demanda (GLD), que se consolidaram no Planejamento Energético Integrado (PEI) (CIMA, 2006).

Tal abordagem significa integrar, por um lado, uma gama mais ampla de opções tecnológicas, incluindo tecnologias para a eficiência energética e a gestão de carga no lado da demanda, assim como fontes alternativas e descentralizadas de oferta de energia; e por outro, integrar uma faixa mais ampla dos componentes de custo, incluindo custos ambientais e sociais, dentro da avaliação de mínimo custo para atendimento do serviço energético. A possibilidade de substituição inter-energética, o aumento da eficiência energética e o gerenciamento pelo lado da demanda começam a ser incorporados aos estudos de planejamento energético sob um mesmo patamar de análise, dando origem ao PEI (CIMA, 2006, p. 2).

Assim, considerando tal enfoque, além das características do sistema energético e suas perspectivas de expansão, abordadas neste tópico, é importante analisar a estrutura de consumo dos setores industriais brasileiros como forma de conhecer as características do mercado consumidor de energia.

2.1.2 - Estrutura de Consumo de Energia e o Balanço de Emissão de CO₂ dos Setores Industriais Brasileiros

Em países em desenvolvimento como o Brasil, o consumo de energia per capita ainda é pequeno quando comparado a média mundial. De acordo com o BEN 2008, o consumo final de energia no Brasil em 2007 foi cerca de 215,6 milhões de tep (Mtep), pouco mais de 2 % do consumo mundial.

No entanto, apesar de ainda ser pequeno, é indispensável que o consumo de energia cresça para promover o desenvolvimento. Assim, o uso de tecnologias modernas e eficientes pode ser introduzido logo no início do processo de desenvolvimento. Esse é o chamado efeito *leapfrogging*, que se contrapõe ao pensamento de que, para haver desenvolvimento é preciso que ocorram impactos ambientais (LUNCON; GOLDEMBERG, 2007).

Este efeito pode ser concretizado por meio de ações ou políticas relativamente simples e muitas vezes economicamente atrativas. Novas tecnologias mais eficientes para diversos equipamentos já são produzidas e/ou comercializadas no país. A conservação de eletricidade reduz o consumo e posterga a necessidade de investimentos em expansão da capacidade instalada, sem comprometer a capacidade dos serviços prestados aos usuários finais. A eficiência energética é, sem dúvida, a maneira mais efetiva de ao mesmo tempo reduzir os custos e os impactos ambientais locais e globais. Além disso, a conservação diminui a necessidade de subsídios governamentais para a produção de energia (LUNCON; GOLDEMBERG, 2007).

Segundo David (2007), o Brasil pode desde já reduzir até 30% o consumo de energia elétrica aplicando as práticas de eficiência energética, como revelou estudo conjunto

da UNICAMP e do WWF-Brasil. Uma redução de 10% já significaria para o país um fôlego de dois anos no atendimento à crescente demanda nacional por energia, estimada em 5% ao ano.

No entanto, desde a década de 70, os países em desenvolvimento vêm reforçando sua posição de produtores de bens intermediários energo-intensivos provocando um aumento da intensidade energética de seu aparelho industrial. Esse é o caso da indústria siderúrgica brasileira, na qual se verifica um aumento da intensidade energética, não por questões de eficiência, mas por questões monetárias (COHEN, 2002).

Assim, a matriz energética brasileira depende dos rumos que o desenvolvimento econômico do país vai seguir. Porém, em todos os casos, a preocupação com o meio ambiente passa a ser uma exigência do negócio, sendo possível mitigar muitos dos impactos e proceder a compensações ambientais justas.

Diante disso, existem diversas alternativas para o Brasil reduzir os impactos ambientais, entre eles, a emissão de poluentes na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono. Entre essas alternativas, como já mencionadas, pode-se destacar, além de projetos de eficiência energética, a diminuição do uso de combustíveis fósseis, o aumento do uso de energias renováveis e projetos de reflorestamentos de áreas usadas para suprir os processos produtivos.

O controle do consumo de energéticos da indústria também se apresenta como uma alternativa para a redução de GEE. De acordo com o BEN 2008, este é o setor brasileiro que mais consome energia, 38% do total do consumo brasileiro, de acordo com a Tabela 4, sendo este um dos motivos do setor industrial se caracterizar como um dos principais causadores de impactos ambientais, entre eles a emissão de poluentes na atmosfera. Segundo Goldemberg e Villanueva (2003), a indústria é responsável por aproximadamente 20% da poluição total do ar.

Tabela 4 - Consumo Final de Energia por Setor em 2007 (% e tep)

Especificação	BRASIL		OECD		OUTROS (*)	
	1973	2007	1973	2006	1973	2006
Indústria	29,8	38,0	30,8	21,0	35,8	27,9
Transporte	25,0	26,7	23,3	31,6	23,4	19,7
Setor Energético	3,3	9,8	8,3	7,1	6,9	8,1
Outros Setores	38,7	18,9	30,4	30,9	29,7	36,6
Uso Não energético	3,1	6,6	7,1	9,4	4,2	7,7
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total - milhões tep	76,3	215,6	3.097,4	4.118,9	1.478,3	4.443,0

(*) Exclusive Brasil e países da OECD

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

O elevado percentual de consumo energético enfatiza a importância do setor industrial como objeto de pesquisa. Além disso, por ser um número muito significativo, evidencia a grande influência que medidas de eficiência energéticas bem implementadas e a mudança na estrutura de consumo de energéticos pode causar no nível de emissões do setor. Estas iniciativas são favorecidas pelo grande potencial da indústria brasileira para o desenvolvimento de projetos para mitigação da mudança do clima. Este é um setor dinâmico no qual a adaptação às fontes renováveis pode ser rápida e fácil, reduzindo a resultante de emissões de poluentes e o uso de energia por meio da modificação do perfil de consumo desse setor (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003).

A Tabela 5 ilustra a atual estrutura de consumo de energéticos no setor industrial brasileiro. Percebe-se que fontes renováveis são mais usadas, com destaque para a eletricidade (20,2%), e o bagaço de cana (19,7%), o que se traduz como um indicador positivo do setor industrial na mitigação do aquecimento global.

Tabela 5 - Consumo Energético Industrial em 2007 (%)

Identificação	%
Eletricidade	20,2
Bagaço de Cana	19,7
Outras	10,6
Gás Natural	9,9
Coque de Carvão Mineral	8,2
Lenha	7,4
Carvão Vegetal	6,9
Outras Fontes Prim. Renováveis	6,1
Óleo Combustível	5,2
Carvão Mineral	4,6
Gás Coqueria	1,3
Total	100

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

No entanto, os processos industriais não são 100% eficientes, o que significa que sempre serão gerados resíduos a serem descartados no meio ambiente. O acúmulo destes resíduos oriundos do desenvolvimento econômico exige uma postura pró-ativa por parte dos agentes econômicos a fim de promover o desenvolvimento sustentável. Neste caso, se houver o comprometimento das indústrias para promover ações que reduzam a quantidade de resíduos, será possível proporcionar melhor qualidade de vida para as gerações futuras (LIMA; REBELATTO, 2008).

Além disso, cabe ressaltar que muitas das atividades industriais são dependentes de combustíveis fósseis, estes são esgotáveis e altamente poluentes. Portanto, é indispensável investimentos em fontes limpas de energia, minimizando o risco de interrupção das atividades dos consumidores por falta de insumos energéticos, além de reduzir os prejuízos oriundos de atuações pelos órgãos de controle.

É sobre esse conjunto de incertezas que se apontam as fontes renováveis como uma alternativa possível de garantir a provisão de energia em um novo modelo de desenvolvimento econômico que seja ambientalmente sustentável. Estabelecendo urgência nas ações, de forma que o processo de substituição das fontes convencionais tenha início imediato, abreviando desde já, as repercussões ambientais de seu uso (Silva, 2006, p.80).

Assim, cabe analisar a estrutura de consumo dos principais consumidores industriais de energia a fim de identificar os setores com maior potencial de contribuição na redução de emissões a partir da substituição por fontes energéticas limpas.

Segundo o BEN (2008), os principais consumidores de energéticos são: o setor de “Alimentos e Bebidas”, seguido do setor de “Ferro Gusa e Aço”, em terceiro lugar está o setor de “Papel e Celulose” e na quarta posição está o setor da Indústria “Química”, conforme é possível observar na Tabela 6.

Tabela 6 - Consumo Final Energético por Setor Industrial (10³ tep)

IDENTIFICAÇÃO	2007
Indústria Total	81.915
Cimento	3.373
Ferro-Gusa e Aço	18.241
Ferro-Ligas	1.803
Mineração e Pelotização	3.342
Não ferrosos e outros metal.	5.982
Química	7.715
Alimentos e Bebidas	21.262
Têxtil	1.275
Papel e Celulose	8.555
Cerâmica	3.841
Outros	6.525
Consumo não identificado	0

* Mineração e pelotização. Exclui exploração de petróleo, gás natural e mineração de carvão mineral.
Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

O setor de Alimento e Bebidas possui como principal energético o bagaço da cana, totalizando uma participação de 75,8% da estrutura de consumo do ano de 2007, como é possível observar na Tabela 7. Este energético constitui-se em uma fonte de energia renovável, assim, parte da quantidade de CO₂ é absorvido durante o plantio da cana, resultando em um menor impacto para o aquecimento global (efeito estufa).

Tabela 7 - Consumo Energético do Setor de Alimentos e Bebidas em 2007

Identificação	%
Carvão Vapor	0,2
Gás Natural	2,8
Lenha	8,9
Bagaço de Cana	75,8
Óleo Combustível	2,1
Eletricidade	9,1
Outras	1,2
Total	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

Já o setor de Ferro Gusa e Aço, de acordo com o BEN 2008, possui como principal fonte de energia o coque de carvão mineral (34,6%), conforme Tabela 8. Assim, a substituição dos combustíveis fósseis desse setor por fontes limpas pode alcançar um grande potencial de redução na emissão de poluentes.

Tabela 8 - Consumo Energético do Setor de Ferro Gusa e Aços em 2007

Identificação	%
Gás Natural	6,7
Óleo Combustível	0,8
Gás de Coqueria	5,7
Coque de Carvão Mineral	34,6
Eletricidade	8,7
Carvão Vegetal	26,2
Outras	17,4
Total	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

O setor de Papel e Celulose possui como principais fontes de energia a lenha (44,9%), a eletricidade (16,7%) e a lenha (15,1%). Logo, apresenta uma elevada participação de fontes renováveis na sua estrutura de consumo energético. Além disso, também possui alta participação do gás natural (7,0%), que é um combustível com menor emissão de poluentes quando comparado aos demais combustíveis fósseis.

Tabela 9 - Consumo Energético do Setor de Papel e Celulose em 2007

Identificação	%
Carvão Vapor	0,9
Gás Natural	7,0
Lenha	15,1
Lixívia	44,9
Óleo Combustível	5,5
Elettricidade	16,7
Outras	9,9
Total	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

O quarto setor no ranking de consumo industrial energético é o setor da Indústria Química, este possui como principal energético o gás natural (29,3%), seguido pela eletricidade (25,7%). Também apresenta uma elevada participação de óleo combustível (6,2%). Logo, este setor possui potencial para diminuir as emissões através da substituição por fontes limpas.

Tabela 10 - Consumo Energético do Setor da Indústria Química em 2007

Identificação	%
Gás Natural	29,3
Carvão Vapor	1,1
Lenha	0,7
Óleo Combustível	6,2
Elettricidade	25,7
Outras	37,0
Total	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional (2008)

Além da estrutura de consumo dos principais consumidores de energia, também é interessante analisar o nível de emissão de CO₂ pelos diversos setores industriais, uma vez que um dos principais impactos ambientais causados pelo consumo de combustível fóssil é a emissão de poluentes na atmosfera, em especial o dióxido de carbono, principal responsável pelo efeito estufa.

Segundo o BEESP (2007), o setor industrial é o segundo maior emissor de CO₂, pois o primeiro é o setor de transportes. Pela Tabela 11, verifica-se que o setor de Ferro Gusa e Aço é o principal emissor de CO₂ do setor industrial com 7,03x10⁶t/ano, em segundo lugar encontra-se a indústria Química com 2,75x10⁶ t/ano (menos da metade da emissão do setor de ferro gusa e aço), seguido dona do setor de Papel e Celulose com 2,36x10⁶t/ano e na quarta posição encontra-se o setor de Alimentos e Bebidas com 2,29x10⁶t/ano. Logo, é possível observar que os principais consumidores industriais de energéticos, são também os maiores emissores de CO₂,

Tabela 11 - Emissão de CO₂ por setor no Estado de São Paulo em 2006 (10⁶t/ano)

Operação	Carvão Vapor	Gás Natural	Óleo Diesel	Óleo Combustível	Gasolina	GLP	Nafta	Querosene	Gás Canalizado	Gás de Coqueria	Coque de Carvão Mineral	Gás de Refinaria	Outras Secundárias	Total Biomassa	Total
Setor Energético	0,00	0,00	0,09	0,31	0	0,04	0	0	0	0,00	0	1,71	0	0,00	2,15
Residencial	0,00	0,22	0,00	0,00	0	3,40	0	0,02	0,00	0	0	0	0	0,42	4,06
Comercial	0,00	0,18	0,08	0,04	0	0,36	0	0,00	0	0	0	0	0	0,18	0,84
Público	0,00	0,04	0,21	0,03	0	0,10	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0,38
Agropecuário	0,00	0,00	2,43	0,05	0,00	0,02	0	0,00	0	0	0	0	0	0,03	2,53
Transportes -Total	0,00	1,03	18,85	1,50	11,53	0	0	4,63	0	0	0	0	0	-6,32	31,22
Rodoviário	0,00	1,03	18,21	0,00	11,50	0	0	0	0	0	0	0	0	-6,32	24,42
Ferrovário	0,00	0,00	0,38	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,38
Aéreo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0	0	4,63	0	0	0	0	0	0,00	4,66
Hidroviário	0,00	0,00	0,26	1,50	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1,76
Industrial - Total	0,09	7,64	1,66	1,93	0	1,00	0,00	0,03	0	0,54	4,81	0,21	3,76	2,04	23,91
Cimento	0,08	0,00	0,05	0,02	1	0	0	0	0	0	0,09	0	1,69	0,03	1,96
Ferro Gusa e Aço	0,00	1,01	0,05	0,22	2	0,14	0	0	0	0,54	4,72	0	0	0,35	7,03
Ferro Ligas	0,00	0,00	0,00	0,00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Mineração e Pelotiz.	0,00	0,00	0,13	0,04	4	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0,17
Não Fer./Out. Metal.	0,00	0,00	0,00	0,14	5	0	0	0,00	0	0	0	0	1,05	0,00	1,19
Química	0,00	1,65	0,42	0,26	6	0,12	0,00	0,00	0	0	0	0,21	0,05	0,02	2,75
Alimentos e Bebidas	0,01	0,61	0,75	0,48	7	0,09	0	0,00	0	0	0	0	0	0,35	2,29
Têxtil	0,00	0,36	0,00	0,08	8	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,53
Papel e Celulose	0,00	0,93	0,02	0,49	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,92	2,36
Cerâmica	0,00	1,06	0,01	0,12	10	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0,25	1,62
Outros	0,00	2,02	0,43	0,06	11	0,46	0	0,03	0	0	0	0	0,97	0,04	4,01
Total	0,09	9,11	23,52	3,35	11,53	4,32	0,00	4,68	0	0,54	0	1,92	3,76	-3,05	65,09

Fonte: BEESP (2007)

Além do BEESP 2007, outra fonte de informação que também é importante considerar é o “Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas Emissões de CO₂ – Fontes Industriais – Combustíveis Fósseis”, no qual estão listadas as 100 maiores empresas emissoras de CO₂ (ano base 2006). Este inventário foi divulgado em abril de 2008 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e encontra-se disponível no site da companhia.

Para a elaboração deste inventário, foram selecionadas pela CETESB 371 empresas do Estado com maior potencial de emissões. Dessas, 329 disponibilizaram de forma voluntária as informações solicitadas pela CETESB.

Das 329 indústrias que constituem o universo do inventário de CO₂, 49 delas possuem emissões potenciais pelo tipo de produção (matéria-prima) utilizada e somente uma não possui emissões potenciais provenientes do uso de combustíveis. A Tabela 12 mostra as emissões potenciais de CO₂ de cada um dos setores participantes do levantamento no que se refere à queima de combustível fóssil e ao processo industrial utilizado, sendo possível observar que a maior emissão potencial de CO₂ é proveniente da queima de combustível fóssil (CETESB, 2006).

Tabela 12 - Emissões potenciais de CO₂ no Estado de São Paulo provenientes da queima de combustível e da produção por tipologia industrial

Tipologia industrial	Emissão Potencial de CO ₂ (Mt/ano)		
	Queima de Comb. Fóssil	Produção	Total
Aço e Ferro Gusa	1,01	6,36	7,37
Minerais não metálicos	3,48	3,11	6,59
Químico	1,71	1,47	3,18
Petroquímico	9,17	0,21	9,38
Papel e Celulose	1,01	0,38	1,39
Ferro ligas	0,44	0,23	0,67
Alimentício	0,71		0,71
Têxtil	0,26		0,26
Outros	0,03		0,03

Obs: Mt/ano equivale a 1.000.000 t/ano

Fonte: CETESB (2006)

Das 329 indústrias participantes, 100 (cem) respondem por 98,1% da emissão potencial de CO₂ de todo o Estado, sendo 99,7% quando se refere à emissão proveniente ao processo produtivo e 97% quando se refere somente à emissão gerada pelo consumo de combustível (CETESB, 2006).

Das empresas listadas, oito do setor de aço, ferro gusa, minerais não metálicos, químico e petroquímico são líderes na emissão de gás carbônico (CO₂) no Estado de São

Paulo, com 63% do total de emissões, o que corresponde a mais de 18 milhões de toneladas por ano (CETESB, 2006). Por se apresentarem como indústrias altamente poluentes, a seleção das empresas que participaram das entrevistas deste trabalho foi feita, a princípio, a partir das empresas listadas neste relatório, considerando suas diversas plantas e filiais.

Devido à elevada emissão de GEE proveniente da queima de combustível fóssil, esses setores podem apresentar grandes ganhos ambientais na substituição do petróleo ou carvão mineral por fontes limpas de energia.

Esses ganhos ambientais podem proporcionar vantagem competitiva para a empresa, uma vez que é vista como socialmente responsável, além de evitar futuros riscos para o negócio no caso de alguns setores. No trabalho de Kolk e Pinske (2004), as empresas que são impactadas diretamente pela mudança do clima no seu negócio, como por exemplo, as empresas do setor de alimentos e bebidas, citam eventos climáticos resultantes das alterações climáticas, devido à intensificação do efeito estufa, como um potencial risco para o seu negócio em longo prazo.

A Figura 1 ilustra algumas das diversas possibilidades de substituição de energia no Brasil. Na linha superior, além da energia nuclear, estão os combustíveis fósseis que emitem GEE, na linha inferior estão as fontes renováveis de energia, que não emitem gases ou emitem em baixa quantidade. Algumas aplicações, como o uso da energia solar e o uso do hidrogênio nos combustíveis, não foram consideradas, pois estão pouco difundidas no mercado brasileiro.

Figura 1 - Múltiplas possibilidades de substituição de energia no Brasil quanto a emissões de CO₂.
Fonte: Adaptada de Rosa (2005)

De acordo com May, Lustosa e Vinha (2003), a substituição do diesel e do óleo combustível por biomassa vegetal para geração elétrica em comunidades e indústrias isoladas representa um enorme potencial para o desenvolvimento sustentável das regiões nas quais esses sistemas de geração forem implantados. Também é possível promover a substituição dos óleos diesel e combustível por outras fontes renováveis, como eólica ou solar, ou mesmo por fontes fósseis menos intensivas em carbono, como por exemplo, o gás natural.

No entanto, esse tipo de decisão empresarial sofre influência de algumas variáveis que serão discutidas a seguir.

2.2 - Desenvolvimento Sustentável: variáveis que influenciam no processo de tomada de decisão das empresas

No princípio, as organizações precisavam preocupar-se apenas com a eficiência dos sistemas produtivos. No entanto, com o crescimento da consciência ecológica, na sociedade, no governo e nas próprias empresas, que passaram a incorporar essa orientação em suas estratégias, o contexto de atuação das organizações está se tornando cada dia mais complexo.

As empresas que eram vistas apenas como instituições econômicas com responsabilidades referentes a resolver os problemas econômicos fundamentais (o que produzir, como produzir e para quem produzir) têm presenciado o surgimento de novos papéis que devem ser desempenhados, como o resultado das alterações no ambiente em que operam.

Na visão tradicional da empresa como instituição apenas econômica, sua responsabilidade ia pouco além da busca de maximização dos lucros e da minimização dos custos. Já a visão moderna da empresa em relação a seu ambiente é muito mais complexa, pois ela é vista como uma instituição sociopolítica. Como resultado da ampliação desse contexto, tem ocorrido uma proliferação de novas pressões por parte da sociedade (DONAIRE, 1999).

Portanto, muitas das decisões internas das organizações hoje requerem considerações explícitas das influências provindas do ambiente externo, e seu contexto inclui considerações de caráter social, político e ambiental que se somam às tradicionais considerações econômicas (DONAIRE, 1999).

Nesse contexto, o conceito de desenvolvimento sustentável vem ganhando força desde que a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas

(ONU) publicou seu relatório, em 1987, sob a denominação de “Nosso futuro comum”, que teve sua inspiração na 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente realizada em 1972, em Estocolmo, na Suécia.

O termo desenvolvimento sustentável é definido pela *World Commission on Environment and Development* (1987) como o desenvolvimento que busca a satisfação das necessidades das gerações atuais sem comprometer a habilidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades.

Almeida (2002) reconhece que apesar do termo desenvolvimento sustentável ser novo, o mesmo já se firmou a ponto de incorporar as dimensões econômica, ambiental e social das ações do Homem. De acordo com esse autor, “no novo mundo tripolar, o paradigma é o da integração de economia, ambiente e sociedade, conduzida e praticada em conjunto por três grupos: empresários, governo e sociedade civil organizada” (ALMEIDA, 2002, p. 23).

Logo, para ser sustentável, uma empresa ou empreendimento tem que buscar, em todas as suas ações e decisões, em todos os seus processos e produtos, incessantemente e permanentemente, a ecoeficiência, o que significa dizer que a organização deve produzir mais produtos de melhor qualidade, com menos poluição e menos uso dos recursos naturais. Além disso, a empresa deve ser socialmente responsável (ALMEIDA, 2002).

De acordo com Almeida (2002), a empresa que quer ser sustentável deve incluir entre os seus objetivos o cuidado com o meio ambiente, o bem-estar do *stakeholder*^{*} e a constante melhoria da sua própria reputação. Seus procedimentos consideram os custos futuros e não apenas os custos presentes, o que estimula a busca constante de ganhos de eficiência e o investimento em inovação tecnológica e de gestão.

^{*} **Stakeholder**: termo em inglês amplamente utilizado para designar as partes interessadas, ou seja, qualquer indivíduo ou grupo que possa afetar o negócio, por meio de suas opiniões e ações, ou ser por ele afetado: público interno, fornecedores, consumidores, comunidade, governo, acionistas, etc.

Desta forma, a preocupação central das empresas deve ir além da produção e geração de dividendos. Almeida (2002, p. 65) afirma que no mundo sustentável “uma atividade – a econômica, por exemplo – não pode ser pensada ou praticada em separado, porque tudo está inter-relacionado, em permanente diálogo”.

Nesse contexto, uma empresa sustentável, com base na classificação de Elkington (1994), é aquela que contribui para o desenvolvimento sustentável ao gerar, simultaneamente, benefícios econômicos, sociais e ambientais, conhecidos com o *triple bottom line*, os três pilares do desenvolvimento sustentável - expressão que se tornou popular com a divulgação de seu livro *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*, em 1997. Com essa definição o autor indica que a atuação das empresas deve atender a integração das dimensões sociais e ambientais nas estratégias econômicas (ELKINGTON, 2001).

De acordo com Hart e Milstein (2003), esse conceito, baseia-se na ideia de que um desempenho nas esferas ambiental e social agrega valor à organização e, por isso, deve ser tratada com importância equivalente ao desempenho econômico.

Nesse sentido, a publicação do “Nosso futuro comum” pela *World Commission on Environment and Development* com o aval da ONU teve o grande mérito de fazer com que todas as nações, desenvolvidas e subdesenvolvidas, passassem a encarar o problema ecológico como um problema de capital importância tanto em nível interno, quanto em nível externo (DONAIRE, 1999).

A cotação de um país, para receber investimentos estrangeiros, está cada vez mais relacionada com sua imagem internacional associada com seus cuidados com o meio ambiente. Tal fato, somado aos protestos crescentes da população contra os riscos de desastres ecológicos ou da deterioração da qualidade de vida, vem pressionando os governos locais e nacionais a implantar normas severas de proteção e conservação. Por outro lado, fica

demonstrado que os custos, monetários e sociais, impingidos por uma poluição desenfreada, são muito maiores do que os investimentos necessários para evitar ou eliminá-las (DONAIRE, 1999).

Esses custos podem ser previstos nos princípios da sustentabilidade, que têm como objetivo guiar os esforços da comunidade internacional para alcançar o desenvolvimento sustentável. Entre eles estão o princípio precaucionário, o princípio preventivo, o princípio compensatório e o princípio poluidor-pagador.

- Princípio precaucionário: de acordo com a Organização das Nações Unidas – ONU (1997), esse princípio determina que onde houver possibilidade de prejuízos sérios a saúde dos seres vivos, a ausência de certezas científicas não deve adiar medidas preventivas;
- Princípio preventivo: para a ONU (1996), os riscos e os danos ambientais devem ser evitados o máximo possível, devendo ser avaliados previamente como objetivo de escolher a solução adotada;
- Princípio compensatório: segundo a ONU (1997) compensações às vítimas de poluição e outros danos ambientais deve estar previstas na legislação;
- Princípio poluidor-pagador: para a ONU (1997), os custos de remediação ambiental e de medidas compensatórias devem ser arcados pelas partes responsáveis.

Além de atingir o governo, as preocupações com o meio ambiente atingiram o próprio mercado, culminando com o estabelecimento de um verdadeiro mercado verde, que torna os consumidores tão temíveis quanto os órgãos do meio ambiente. Estes consumidores já estão satisfeitos com suas necessidades quantitativas, e se preocupam com o conteúdo dos

produtos e a forma como são feitos, rejeitando os que lhes pareçam mais agressivos ao meio ambiente (DONAIRE, 1999).

Como consequência, começou a ocorrer uma mudança no ambiente de negócios em que as organizações atuam, fazendo com que a preocupação ambiental deixe de ser uma exigência punida com multas e sanções e inscreve-se em um quadro de ameaças e oportunidades, em que as consequências passam a significar posições na concorrência e a própria permanência no mercado (DONAIRE, 1999).

Diante desse contexto, a proteção do meio ambiente passou a interferir no planejamento estratégico das organizações. De acordo com Donaire (1999), as estratégias nas quais as empresas passam a enxergar as despesas com a proteção ambiental como uma forma de adquirir vantagem competitiva são conhecidas como estratégias ambientais.

As mudanças nas estratégias adotadas pelas organizações, durante a evolução das tecnologias e procedimentos, devido à atenção voltada às questões ambientais, são iniciadas com a estratégia reativa, seguida da estratégia ofensiva e finaliza com a estratégia inovativa (FERNANDES et al., 2001).

A estratégia reativa é aquela em que as empresas se limitam em atender a legislação ambiental, incorporando tratamentos para mitigar os impactos que seus efluentes causam ao meio ambiente. Neste caso, a questão ambiental é considerada como um custo a mais e, assim, uma ameaça à competitividade da empresa (FERNANDES et al, 2001).

Já a estratégia ofensiva apresenta uma preocupação além das exigências da legislação ambiental, como a prevenção da poluição e a redução de consumo de recursos naturais. São realizadas mudanças incrementais nos processos, produtos ou serviços como forma de passar uma boa imagem para o consumidor, conscientizando para a questão ambiental e redução de custo. Nessa fase, os gastos com a questão ambiental são encarados como uma oportunidade de redução nos custos de produção (FERNANDES et al, 2001).

Por fim, a estratégia inovativa tem como princípio integrar a função ambiental ao planejamento estratégico da empresa, por meio do desenvolvimento, produção e comercialização de produtos com alterações substanciais de desempenho ambiental e o gerenciamento dos seus respectivos ciclos de vida. A empresa que adota esse tipo de estratégia antecipa os futuros problemas ambientais, adotando uma postura pró-ativa e de excelência ambiental. A questão ambiental passa a ser uma preocupação de toda a administração da empresa, sendo percebida como uma oportunidade e uma ameaça, simultaneamente (FERNANDES et al, 2001).

Portanto, tendo visto os conceitos e consequências do desenvolvimento sustentável, independente do tipo de estratégia ambiental que uma organização adote, no processo de decisão interna, ela deve sempre considerar aspectos de caráter ambiental, que se somam às considerações econômicas e sociais, como forma de responder as pressões da sociedade, evitar multas e sanções, garantir posição na concorrência e a própria permanência no mercado.

Nesse sentido, a utilização de fontes limpas de energia nos processos produtivos das indústrias apresenta-se como uma boa opção para diminuir os impactos ambientais, contribuindo, desta forma, com o desenvolvimento sustentável.

No entanto, é importante identificar o valor percebido pelas empresas ao optar por estes energéticos, possibilitando, desta forma, que o governo estabeleça estratégias adequadas para estimular o uso dessas fontes pelas organizações. Para tanto, é possível utilizar a Técnica do Incidente Crítico e o método da Análise Conjunta que serão explicados no Capítulo 3 – Método da Pesquisa.

Capítulo 3 - MÉTODO DA PESQUISA

3.1 - Caracterização da pesquisa e método científico para o trabalho

Para Cervo e Bervian (2002), a pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas, por meio do emprego de processos científicos. A pesquisa parte, pois, de uma dúvida ou problema e, com o uso do método científico, busca uma resposta ou solução.

Para esse fim, dispõe-se de variadas abordagens, métodos de pesquisa, coleta e análise de dados. Neste capítulo serão feitas as considerações, análises e definições dos procedimentos utilizados no desenvolvimento do presente trabalho para alcançar o objetivo proposto.

Desta forma, a pesquisa apresentada, do ponto de vista de sua natureza, pode ser classificada como aplicada, devido ao seu objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos.

Por meio da análise dos fatores que interferem na adoção de energia limpa, as empresas usuárias e não usuárias destes energéticos poderão ter conhecimentos sobre a opinião de seus pares com relação às vantagens e desvantagens do uso destes energéticos nos processos produtivos, assim como ao governo estabelecer estratégias adequadas para orientar e estimular a adoção de energias limpas.

Com relação a seus objetivos, o presente trabalho possui caráter exploratório, uma vez que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Vale ressaltar que este trabalho busca relacionar o comportamento dos principais setores industriais com relação à adoção de energias limpas por meio da identificação dos atributos relevantes na escolha deste energético como fonte de energia.

Quanto a sua abordagem, a pesquisa segue os pressupostos dos métodos de análise qualitativa e quantitativa. Na análise qualitativa foi utilizada a Técnica do Incidente Crítico (TIC) com o objetivo de identificar os atributos que as empresas selecionadas consideram importantes ao escolher fontes limpas de energia nos seus processos produtivos. Já a análise quantitativa, foi realizada por meio da Análise Conjunta (AC), que será utilizada para determinar a utilidade e importância relativa dos atributos relevantes na escolha das empresas.

3.2 - Passos de procedimento

O primeiro passo deste trabalho foi o de selecionar os setores industriais que participariam da pesquisa. Conforme já mencionado, foram selecionados setores que consomem elevada quantidade de energia e que são os principais emissores de CO₂. De acordo com a revisão bibliográfica, baseada no Balanço Energético Nacional, os principais setores consumidores de energia são, respectivamente: Alimentos e Bebidas, Ferro Gusa e Aço, Papel e Celulose e Indústria Química. Já os maiores emissores de CO₂ são, respectivamente: Ferro Gusa e Aço, Indústria Química, Papel e Celulose e Alimentos e

Bebidas. Logo, considerou-se importante a participação destes 4 setores na pesquisa.

As empresas que representariam estes setores foram selecionadas, a princípio, a partir do “Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas Emissões de CO₂ – Fontes Industriais – Combustíveis Fósseis”, divulgado pela CETESB em 2008, no qual estão listadas as 100 (cem) indústrias com maior potencial de emissão de CO₂ do Estado de São Paulo.

Entre as empresas que constam neste relatório que concordaram em participar da pesquisa, 3 (três) são do setor de Papel e Celulose, 1 (uma) é do setor de Ferro Gusa e Aço, 2 (duas) são indústrias Químicas e 1 (uma) é do setor Petroquímico. Nenhuma das empresas contatadas do setor de Alimentos e Bebidas presente no relatório concordou em participar do projeto. Desta forma, optou-se por convidar uma empresa deste setor que não constava no relatório divulgado pela CETESB, cuja localização seria de fácil acesso para a pesquisadora. Assim, no total, 8 (oito) empresas participaram da pesquisa.

Vale ressaltar que, nesta dissertação, os nomes das empresas pesquisadas não foram revelados, uma vez que não houve autorização por parte das mesmas.

Tendo definido as empresas que participaram da pesquisa, as próximas etapas foram a aplicação da Técnica do Incidente Crítico e do método da Análise Conjunta, que serão explicados a seguir.

3.3 - Técnica do Incidente Crítico

A Técnica do Incidente Crítico (TIC) surgiu nos anos 1950 a partir da necessidade, encontrada por diversos pesquisadores, de estruturar maneiras de mensurar o comportamento humano. A abordagem dessa técnica é atribuída a John C. Flanagan (1954),

que a definiu como um conjunto de procedimentos para coletar dados observáveis, diretamente por meio do comportamento humano, a fim de solucionar problemas práticos e desenvolver amplos princípios psicológicos.

A técnica procura obter informações de clientes, observadores qualificados ou ambos a respeito de serviços ou produtos. Segundo Castro (2006), a TIC tem como característica a clareza no aspecto das melhores e piores práticas de cada estudo, ou seja, buscam-se os extremos positivo e negativo do comportamento em estudo. De acordo com este autor, há três suposições geralmente associadas a esta técnica:

- O termo incidente crítico refere-se a uma cena claramente demarcada do que se quer medir;
- O incidente crítico não será válido no caso de não ser possível obter uma detalhada medida para o comportamento real;
- O incidente crítico por si só é uma unidade básica de análise.

De acordo com Flanagan (1954), por meio de um incidente crítico percebe-se qualquer atividade humana observável que seja suficiente para entendê-la por si só, permitindo interferências ou previsões sobre a ação humana. Para um incidente ser crítico, ele deve ocorrer em situações nas quais a intenção da ação é claramente identificada pelo observador e suas consequências são definidas de tal forma que não há dúvidas sobre os seus efeitos. Em outras palavras, o incidente crítico representa o desempenho organizacional sob o ponto de vista do cliente.

De acordo com Flanagan (1954), a técnica do incidente crítico deve ser pensada como um conjunto de princípios flexíveis que deve ser adaptado para atender a cada situação específica. Este autor estabeleceu cinco passos fundamentais na aplicação dessa técnica:

1. Estabelecimento do objetivo geral do estudo;

2. Desenvolvimento de um plano de coleta de dados;
3. Coleta de dados;
4. Análise dos dados;
5. Interpretação dos dados.

3.3.1 - Estabelecimento do objetivo geral do estudo

O primeiro passo na aplicação da Técnica do Incidente Crítico é definir, de forma adequada, o propósito do estudo, ou seja, uma breve declaração do objetivo da pesquisa, sendo essa etapa, de acordo com Flanagan (1954) de fundamental importância para a realização da pesquisa.

Nesta pesquisa, esta técnica está sendo aplicada com o objetivo de definir os atributos relevantes no processo de escolha por um energético limpo como fonte de energia nas organizações selecionadas.

3.3.2 - Desenvolvimento de um plano de coleta de dados

O segundo passo da TIC é planejar e especificar como os incidentes críticos relacionados com a pesquisa serão levantados. Entre as especificações a serem determinadas está a delimitação da situação a ser observada. Nesta situação, o pesquisador deve ser capaz de identificar incidentes práticos e relevantes para o propósito do estudo, além de ser capaz de

determinar qual é a importância do efeito destes incidentes (positivo/negativo) para o objetivo geral do trabalho, sendo que este entendimento direcionará o desenvolvimento dos critérios a serem utilizados na observação e na coleta de dados. Nesta etapa também deve ser selecionado os observadores que participarão deste trabalho (FLANAGAN, 1954).

Neste trabalho, para a aplicação desta técnica, foi estabelecido um roteiro de entrevista individual (Apêndice A), constituído da seguinte questão: “Quais fatores contribuem e quais fatores dificultam na adoção de energias consideradas limpas no processo produtivo de sua empresa?” Durante a realização da pesquisa, foi solicitado que o entrevistado identificasse de 5 a 10 fatores positivos e negativos que ele considerasse importante.

Os observadores que participaram da pesquisa eram funcionários das empresas selecionadas, considerando suas diversas filiais e plantas.

3.3.3 - Coleta de dados

O próximo passo na TIC é a coleta de dados. Essa coleta pode ser por meio de entrevistas ou por um relatório feito pelo próprio pesquisador. De acordo com Flanagan (1954), os dados devem ser objetivos para validarem o comportamento das pessoas.

Para a TIC, Hayes (2003) recomenda que o número de entrevistados seja entre 10 a 20 pessoas. Este número é recomendado para que possíveis informações deficientes ou com baixa avaliação de um entrevistado seja compensada pelas informações de outro.

Neste trabalho, a coleta de dados foi realizada com 12 (doze) funcionários das oito empresas selecionadas durante os meses de maio e junho de 2009. As entrevistas foram

realizadas por e-mail e telefone por ser mais conveniente para as empresas pesquisadas, além de trazer vantagens econômicas, apesar das desvantagens em relação ao tempo necessário para o retorno da resposta.

Ao realizar o contato com as organizações, solicitou-se às empresas que os entrevistados possuíssem conhecimentos das diversas fontes de energia utilizadas na empresa e que fossem capazes de citar/reconhecer fatores que interferem na adoção de energéticos considerados limpos no processo produtivo da sua indústria. Além disso, ressaltou-se a importância dos funcionários conhecerem as consequências do uso das diversas fontes energéticas tanto para o processo produtivo como para o meio ambiente. Desta forma, entre as pessoas que foram entrevistadas encontram-se gestores, engenheiros, coordenadores, supervisores, analistas, técnicos, entre outros.

3.3.4 - Análise dos dados

O quarto passo na TIC é a análise de dados. O objetivo dessa análise é resumir e descrever os dados de tal forma que eles possam ser utilizados para efeitos práticos (FLANAGAN, 1954). O propósito é aumentar a utilidade dos dados sacrificando o menos possível a sua compreensão, especificidade e validade.

Nesta dissertação a análise dos dados foi realizada com a sistematização dos dados por meio de frases representativas do evento, e em seguida, foram formulados os atributos de valor para as empresas.

Para isso, os IC observados foram classificados em itens de satisfação. Segundo Hayes (2003), esta lista obtida contém incidentes semelhantes que devem ser

agrupados. Para isso, deve-se concentrar nos verbos e adjetivos específicos que são comuns entre determinados incidentes. Depois de formado os grupos, deve-se escrever uma frase que reflete o conteúdo dos incidentes críticos. Esta frase é chamada item de satisfação.

O próximo passo consistiu no agrupamento dos itens de satisfação semelhantes para formar uma necessidade do cliente específica, que deve ser rotulada com frase ou uma única palavra (HAYES, 2003). Dessa forma, a partir dos dados obtidos, são identificadas as necessidades dos clientes ou os atributos de valor para o modelo.

No presente trabalho, a classificação dos incidentes críticos em itens de satisfação, bem como o processo de identificação dos atributos de valor, foi realizada por duas pesquisadoras: a autora deste trabalho e uma doutoranda que também estuda a Técnica do Incidente Crítico e o método da Análise Conjunta. Posteriormente, os resultados encontrados por cada uma delas foram comparados. Tal procedimento contribuiu para diminuir possíveis erros que poderiam vir a ocorrer na definição dos atributos de valor para as empresas.

3.3.5 - Interpretação dos dados

O último passo da TIC é a interpretação dos dados e a elaboração do relatório final do estudo, que pode ser uma lista dos incidentes observados ou coletados nas entrevistas.

Estabelecido o entendimento da técnica qualitativa do Incidente Crítico, introduz-se a seguir o método da técnica estatística multivariada da Análise Conjunta, definida como “ferramenta de coleta e análise de dados quantitativos sobre o comportamento do consumidor” (CASTRO, 2006, p.72).

3.4 - Análise Conjunta

A análise conjunta (AC), também conhecida como *Conjoint Analysis*, *State of Preference*, Planejamento Conjunto, Análise Paritária, Preferência Declarada ou *Trade-Off Analysis* é uma ferramenta de auxílio na modelagem das decisões tomadas pelo ser humano (BATTESINI; CATEN, 2005).

De acordo com Kotler (2000), análise conjunta é uma técnica estatística por meio da qual as preferências dos respondentes por diferentes ofertas são decompostas para determinar o grau de utilidade suposto pelos mesmos para cada atributo e sua importância relativa. Em outras palavras, esta técnica tem como objetivo mensurar quantitativamente a preferência dos consumidores em relação aos atributos dos produtos ou serviços por meio de funções de valor parcial ou de utilidade, que descrevem o grau de utilidade que os consumidores associam aos níveis de cada atributo (SPSS, 1997).

Na AC, os pesquisadores descrevem produtos e serviços por meio de um conjunto de atributos e níveis e, a partir disso, quantificam o interesse de consumo para todos os produtos (McCULLOUGH, 2002).

Segundo Malhotra (2001), esta análise procura determinar a importância relativa que os consumidores conferem aos atributos relevantes na escolha do consumidor e a utilidade que eles associam aos níveis de atributos. Os entrevistados se deparam com estímulos que combinam diferentes níveis de atributos e são levados a avaliar esses estímulos de acordo com a sua conveniência.

De acordo com Battesini e Caten (2005), análise conjunta é uma vasta e mal definida família de técnicas, que têm em comum a modelagem estatística das avaliações dos respondentes em relação aos cenários experimentalmente projetados.

Existem diversos modelos de multiatributos desenvolvidos para descrever o modo como os consumidores combinam suas crenças sobre os atributos dos produtos para formar atitudes a respeito das alternativas de marcas ou empresas, entre eles está o modelo de atitude em relação ao objeto, apresentado por Fishbein-Azjen. Este modelo identifica três importantes fatores precursores das atitudes: o primeiro considera as crenças visíveis de uma pessoa como influenciadoras da formação de atitude acerca de um objeto, representando conhecimento a respeito de atributos do mesmo; o segundo considera a força das crenças das pessoas de que um objeto possui o atributo específico em questão e o terceiro fator é a avaliação positiva ou negativa de cada um dos atributos visíveis (MOWEN; MINOR, 2003, apud CASTRO, 2006)*.

Como esta técnica baseia-se na estimativa da função utilidade por meio da percepção dos consumidores frente aos estímulos obtidos na pesquisa de campo, permitindo, a partir desta função, avaliar quais os cenários que mais agradam os entrevistados e calcular a utilidade de cada atributo representativo do produto ou serviço (CASTRO, 2006), uma definição da função utilidade se faz necessária.

3.4.1 - A função utilidade na análise conjunta

Utilidade é a base conceitual para medir valor em análise conjunta; é um julgamento subjetivo de preferência único para cada indivíduo. Em AC, utilidade é tida como baseada no valor colocado em cada um dos níveis dos atributos e expressa em uma relação

* MOWEN, I.C.; MINOR, M.S. (2003). **Comportamento do Consumidor**. São Paulo: Prentice Hall.

que reflete a maneira como a utilidade é formulada para qualquer combinação de atributos (HAIR et al, 2005).

Em outras palavras, de acordo com Castro (2006), a utilidade é um valor que um determinado indivíduo pode atribuir a um produto ou serviço por meio de uma combinação de fatores, sendo que este valor é máximo para a escolha realizada dentro de um conjunto de opções. Assim, ela representa a satisfação ou benefício que um indivíduo percebe quando consome seus recursos em diferentes bens e serviços.

De acordo com Malhotra (2001), o modelo básico de análise conjunta é um modelo matemático que expressa a relação fundamental entre atributos e utilidade em análise conjunta. Quando a utilidade é quantificada matematicamente por meio de uma função, permite exprimir as preferências dos usuários. Este modelo pode ser representado por:

$$U(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k_i} \alpha_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

em que:

$U(X)$ = utilidade global de uma alternativa

α_{ij} = contribuição de valor parcial ou utilidade associada ao $j^{\text{ésimo}}$ nível ($j, j = 1, 2, \dots, k_i$) do $i^{\text{ésimo}}$ atributo ($i, i = 1, 2, \dots, m$)

K_i = número de níveis do atributo i

m = número de atributos

$x_{ij} = 1$ do $j^{\text{ésimo}}$ nível do $i^{\text{ésimo}}$ atributo está presente

$x_{ij} = 0$ em caso contrário

Para Castro (2006), a função utilidade devidamente ajustada permite:

- Estabelecer a importância relativa entre atributos de interesse;
- Determinar os valores marginais de substituição entre os vários

atributos e dinheiro, mesmo para aqueles de difícil quantificação;

- Sua utilização na predição de modelos de demanda;
- Determinar a elasticidade da demanda.

Já a importância relativa, de acordo com Malhotra (2001), que demonstra a importância de cada atributo em relação aos outros, é dada pela Expressão (2).

$$W_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^m I_i} \quad (2)$$

em que: $I_i = \{\max(\alpha_{ij}) - \min(\alpha_{ij})\}$ e $\sum_{i=1}^m W_i = 1$.

3.4.2 - Planejamento de experimento em análise conjunta

A realização de uma pesquisa de análise conjunta requer um planejamento de experimento bem estruturado. De acordo com BATTESINI (2002), uma suposição implícita às pesquisas de AC é que seja possível representar o objeto de pesquisa através de um conjunto de atributos, e assim, o seu significado para o respondente.

De acordo com CASTRO (2006) em função de suas características, uma pesquisa de análise conjunta deve ser cuidadosamente planejada de modo a produzir um modelo de preferência que seja capaz de representar o comportamento do consumidor. Para tanto, KOTLER (2000) sugere o uso do método científico em pesquisas de marketing.

Para KOTLER (2000), a maioria das pesquisas de marketing requer coleta de dados primários, nesse sentido, é possível utilizar diversas abordagens. No entanto, para o

autor, a pesquisa mais válida cientificamente é a experimental. Esta pesquisa tem como propósito capturar as relações de causa-efeito, eliminando as explicações contraditórias de descobertas observadas. Este tipo de pesquisa exige a seleção de assuntos (unidades experimentais) homogêneos que são submetidos a diferentes tratamentos. Na medida em que os fatores externos são eliminados ou controlados, os efeitos observados podem ser relacionados às variáveis de tratamento.

Assim, a estrutura de etapas de uma pesquisa de análise conjunta deve ser compatível com a estrutura de uma pesquisa de marketing e de um planejamento experimental. A compatibilidade entre essas áreas, que são a base de qualquer pesquisa de análise conjunta, pode ser obtida por meio da integração de suas etapas, que estão representadas no Quadro 1 (BATTESINI, 2002).

Etapas	Método Científico	Pesquisa de Marketing	Planejamento Experimental
1	Definição do objeto de observação	-	-
2	Observação do problema	Definição do problema e dos objetivos de pesquisa	Identificação e estabelecimento do problema
3	Formulação das hipóteses	Desenvolvimento do plano de pesquisa	Escolha dos fatores e seus níveis
			Seleção da variável de resposta
			Escolha do projeto experimental
4	Experimentação	Coleta das informações	Execução do experimento
5	Análise dos resultados experimentais	Análise das informações	Análise dos dados
6	Conclusão sobre a validade das hipóteses	Apresentação das Conclusões	Conclusões e recomendações
7	Generalização a respeito das conclusões	-	-

Quadro 1 - Etapas do Método Científico, de uma Pesquisa de Marketing e de um Planejamento Experimental.
Fonte: BATTESINI (2002)

Conforme definiu Hair et al (2005) o processo de decisão começa na especificação dos objetivos da análise conjunta. Como esta análise é muito parecida com um experimento, a conceitualização de pesquisa é crítica para seu sucesso. Com os objetivos definidos, as questões relacionadas ao verdadeiro plano de pesquisa são abordadas e as

suposições avaliadas. O processo de decisão então considera a real estimação dos resultados conjuntos, a interpretação dos resultados e os métodos usados para validar os resultados.

Os estágios da pesquisa de análise conjunta são definidos abaixo, de acordo com Hair et al (2005).

Estágio 1: Objetivos da análise conjunta

Esta é uma etapa comum a toda pesquisa de marketing, em que se define a necessidade do uso de uma pesquisa experimental como a análise conjunta. Uma vez estabelecido o problema de marketing, é preciso definir o problema da pesquisa e identificar com precisão o seu objetivo. De acordo com Yin (2005), é necessário tempo e paciência para a definição da questão da pesquisa, uma vez que este é provavelmente o passo mais importante.

Segundo Evrard et al (1993 apud BATTESINI, 2002)*, o objetivo geral da análise conjunta é estimar um modelo de preferência, baseado nas importâncias de cada atributo, por meio das respostas dadas pelos respondentes aos estímulos apresentados. Assim, o modelo gerado deve ser capaz de representar a preferência do consumidor.

Em análise conjunta o delineamento experimental na obtenção de um modelo de preferência tem como objetivo determinar as contribuições das variáveis independentes, e de seus níveis, na determinação das preferências do consumidor, além de estabelecer um modelo válido de julgamento dos consumidores.

* EVRARD, Yves, PRAS, Bernard e ROUX, Elyette. **Market Etudes et recherches en marketing – Fundements Méthodes**. 1 ed.Paris: Editions Nathan, 1993. 629p.

Assim, neste trabalho, a aplicação deste método visa estabelecer a estrutura da utilidade total do objeto e os fatores determinantes no experimento, para definir o modelo de preferência das oito empresas selecionadas. Para isso, deve-se determinar a função utilidade (expressão 1) que melhor represente o modelo de preferência das empresas.

Assim, a formulação da questão da pesquisa deve ser contextualizada considerando se é possível descrever todos os atributos que conferem utilidade ou valor ao produto ou serviço em estudo e quais são os critérios-chaves de decisão envolvidos no processo de escolha para esse tipo de produto ou serviço.

No estudo em questão, os atributos de utilidade ou valor foram determinados pela Técnica do Incidente Crítico, enquanto os critérios-chaves envolvidos no processo de decisão das empresas foram abordados na discussão sobre “Desenvolvimento Sustentável: variáveis que influenciam no processo de tomada de decisão das empresas”.

Para representar o processo de julgamento do respondente com precisão, todos os atributos que potencialmente criam ou diminuem a utilidade geral do produto ou serviço devem ser incluídos. De acordo com Castro (2006), os atributos selecionados devem ser capazes de representar o objeto de pesquisa, além de influenciar a decisão de compra do consumidor, no caso desta dissertação, a decisão de adotar uma fonte de energia limpa.

Estágio 2: Projeto de uma análise conjunta

Nesta etapa, o pesquisador passa a analisar as questões específicas do delineamento e execução do experimento de análise conjunta. O ponto inicial é definir o método conjunto alternativo que será utilizado na pesquisa. Com o tipo de modelo escolhido,

o pesquisador deverá selecionar os estímulos (combinações), os atributos relevantes, quantos e quais níveis para cada atributo, como irá medir a preferência e coletar os dados, e qual procedimento de estimação será empregado. Em seguida deve-se decidir qual a metodologia de análise conjunta será utilizada: tradicional, adaptativa, ou baseada em escolha.

Os critérios utilizados para definição da metodologia consideram três principais características: número de atributos, nível de análise e forma do modelo.

O Quadro 2 apresenta um resumo das metodologias existentes comparando-as em relação a essas três variáveis.

Característica	Metodologia conjunta		
	Tradicional	Adaptativa	Baseada em escolha
Número máximo de atributos	9	30	6
Nível de análise	Individual	Individual	Agregada
Forma do modelo	Aditiva	Aditiva	Aditiva + efeitos de interação

Quadro 2 - Comparação de Metodologias Conjuntas Alternativas
Fonte: HAIR et al (2005, p. 332)

A análise tradicional é baseada em um modelo aditivo simples que contém até nove fatores para cada indivíduo. O método adaptativo acomoda um número grande de fatores, que pode ser acima de 30, que seriam impraticáveis no método tradicional. O método baseado em escolha emprega uma única forma de apresentar os estímulos em conjuntos e difere no sentido de incluir interações diretamente, logo requer uma estimação em nível agregado. Este último prevê a estimação dos efeitos de interação.

No presente trabalho, optou-se por um número reduzido de atributos, visando um delineamento mais simples para a obtenção de respostas mais confiáveis. Segundo Hair et al. (2005), os modeladores de um modo geral reconhecem o perigo que se incorre ao apresentar tarefas muito complicadas aos entrevistados, o que, geralmente, tem assegurado que tarefas não sejam muito longas e não incluam muitas variáveis.

Em análise conjunta, normalmente, limita-se o número de fatores a seis ou um pouco menos, uma vez que uma quantidade muito grande de fatores gera uma quantidade grande de estímulos, o que confunde os respondentes e pode afetar a eficiência estatística e a validade dos resultados. Assim, os fatores considerados na Análise Conjunta foram definidos a partir de uma análise crítica dos atributos identificados pela Técnica do Incidente Crítico. Essa análise foi realizada pelas mesmas pesquisadoras que participaram da TIC.

Com relação ao nível de análise, nesta pesquisa optou-se por realizar a análise em nível individual com posterior agregação das utilidades parciais de cada indivíduo.

Já para a forma do modelo, foi considerado que os fatores eram razoavelmente ortogonais e optou-se pelo modelo aditivo simples (sem efeitos de interações), no qual o respondente “soma” os valores das utilidades parciais de cada atributo.

Assim, após selecionar os atributos que serão incluídos como fatores, garantindo que as medidas são acionáveis e comunicáveis, o nível de análise e a forma do modelo, o pesquisador deverá planejar os estímulos ou conjunto de atributos de bens ou serviços para proceder com a coleta de dados. Para isso, além de definir o número de fatores a serem incluídos, deve-se considerar a multicolinearidade entre os mesmos e o papel único do preço como um fator.

A multicolinearidade entre os fatores deve ser remediada. A correlação denota dependência entre os fatores, criando estímulos irreais. De acordo com Green e Srinivasan (1990), o problema da correlação negativa pode ser solucionado incluindo-se *superatributos* para substituir conceitualmente aqueles fatores que estão correlacionados ou excluir estímulos irreais, ignorando os conceitos da ortogonalidade*, tolerando assim que alguns fatores possuam correlação. Segundo estes autores, a presença de fatores correlacionados não viola as

* Ortogonal: Restrição matemática que exige que as estimativas das *utilidades parciais* sejam independentes uma das outras. Na AC, a ortogonalidade se refere à habilidade de medir o efeito de mudança de cada nível de atributo e de sua separação dos efeitos de cada mudança de outros níveis de atributo e de erro *experimental* (HAIR et al., 2005, p. 322).

hipóteses da análise conjunta, uma vez que não é assumida a hipótese que as variáveis independentes (fatores) são perfeitamente ortogonais.

Também é importante destacar as particularidades envolvidas ao considerar o preço como um atributo. Este não se relaciona da mesma forma com os demais fatores, uma vez que possui um elevado grau de correlação com os mesmos. Tal fato pode levar o pesquisador a considerar um método de análise conjunta capaz de modelar interações ou, no caso de não ser realizado nenhum ajuste específico, considerar essas questões na definição de níveis de preço e na interpretação dos resultados.

Outro aspecto importante a ser considerado na análise conjunta é a definição dos níveis dos fatores que, segundo Castro (2006), são os diferentes modos de presença dos fatores no estudo e se referem às quantidades ou qualidades específicas dos mesmos. Eles são selecionados a partir da identificação das faixas de variação críticas dos fatores, sendo que a qualidade das conclusões da pesquisa depende da inclusão somente dos níveis necessários. Estes devem ser viáveis e ter relevância prática.

Neste trabalho, os níveis dos atributos foram determinados com base nas respostas dadas pela Técnica do Incidente Crítico.

Além disso, com a finalidade de explicar a estrutura de preferência de um respondente a partir de avaliações gerais de um conjunto de estímulos, o pesquisador deve tomar duas decisões em relação ao modelo de análise: definir a regra de composição e selecionar a relação de utilidades parciais.

A regra de composição descreve como o respondente combina as utilidades parciais dos fatores para obter utilidade geral. De acordo com Castro (2006), dependendo do número de estímulos a serem avaliados e da quantidade de tempo disponível para a pesquisa, os respondentes podem utilizar comportamentos compensatórios ou não compensatórios.

Somado a isso, em função do grau de conhecimento sobre o objeto de pesquisa o respondente pode ter maior ou menor facilidade nas suas avaliações.

O modelo aditivo é a regra de composição mais comum, com a qual o respondente soma as utilidades parciais de cada atributo para obter o valor total de um conjunto de atributos. Já o modelo de acréscimo de efeitos de interação difere do aditivo, pois permite que certas combinações de níveis estejam abaixo ou acima de sua soma.

De acordo com Battesini (2002), quando é utilizado o modelo aditivo, como é o caso desta pesquisa, é necessário um número menor de estímulos para avaliar as utilidades parciais do que quando o modelo inclui efeitos de interação. Portanto, a necessidade de avaliar efeitos de interação reduz o grau de fracionamento possível do número total de estímulos. Como mencionado anteriormente, este trabalho não considerou os efeitos de interação.

Ao tomar decisões sobre a regra de composição, o pesquisador decide como os fatores se relacionam uns com os outros no processo de decisão do respondente. Ao decidir o tipo de relação de utilidades parciais, o pesquisador se concentra em como os níveis de um fator estão relacionados.

Na análise conjunta há três alternativas de relação entre níveis fatoriais: linear, quadrática ou utilidade parcial.

Figura 2 – Os três tipos básicos de relações entre níveis fatoriais em análise conjunta

Fonte: HAIR et al (2005, p. 332)

O modelo linear é o mais simples, nele estimamos apenas uma utilidade parcial, a qual será multiplicada pelo valor do nível para chegar a utilidades parciais separadas para cada nível. Na forma quadrática há uma relação curvilínea simples. Já a estimação de efeitos do tipo utilidade parcial separada é a mais geral, permitindo estimativas separadas para cada nível. Esta investigação, segundo Battesini (2002), é útil quando o efeito dos níveis dos atributos se comporta de maneira instável (crescente ou decrescente).

Assim, nesta pesquisa, os níveis de cada atributo foram analisados, sendo possível definir, antes da estimação, qual seria o modelo mais adequado para cada um dos atributos.

A última etapa deste estágio é a coleta de dados. Nesta fase o pesquisador deve definir o método de apresentação dos estímulos, o tipo de variável de resposta e o método de coleta de dados.

De acordo com Castro (2006), os métodos de apresentação mais amplamente usados na pesquisa de análise conjunta são: matriz de troca (escolha), perfil completo e comparação aos pares.

A matriz de escolha, segundo este autor, compara os atributos aos pares classificando todas as combinações de níveis, o que facilita a apresentação e administração, já que são apresentados apenas dois atributos por vez. Já o método de comparação entre pares combina os dois métodos anteriores, no qual dois perfis incompletos são comparados e a resposta é a intensidade com que um perfil é preferido a outro.

Nesta pesquisa, as alternativas que resultaram do delineamento proposto foram distribuídas em blocos completos, balanceados e ortogonais denominados de perfil completo. De acordo com Hair et al (2005), entre as vantagens deste método, estão: uma descrição mais realista conseguida com a definição de um estímulo em termos de um nível para cada fator, uma descrição mais explícita das trocas entre todos os fatores e as correlações ambientais

existentes entre os atributos, além do possível uso de mais tipo de julgamentos de preferência, como intenções de compra, possibilidade de uso experimental e chances de troca.

Os estímulos foram gerados por meio de um planejamento fracionário especial, chamado método ortogonal ou quadros ortogonais a partir do software SPSS *Conjoint* 13.0.

Esse método foi escolhido, pois, se os atributos e níveis definidos fossem considerados por meio de um planejamento fatorial, apresentariam uma grande quantidade de possibilidades de estímulos para o método de coleta de perfil completo (combinação de todos os níveis de todos os fatores).

De acordo com Malhotra (2001), o planejamento fracionário permite estimar todos os efeitos principais de interesse em uma base não correlacionada. Os quadros ortogonais são construídos a partir de planejamentos fatoriais plenos básicos, substituindo-se por um novo fator os efeitos de interação selecionados que se supõem desprezíveis. De forma geral, obtêm-se dois conjuntos de dados: conjunto de estimação e conjunto de validação. O primeiro é usado para calcular funções de valor parcial para os níveis de atributo. O segundo serve para avaliar a confiabilidade e a validade do modelo.

Para melhorar o entendimento dos entrevistados sobre os diferentes cenários apresentados e reforçar a visualização espacial durante o processo de escolhas, cada alternativa foi apresentada em formato de cartão.

Definido o método de apresentação, atinge-se a etapa de construção de estímulos. De acordo com Hair et al. (2005), o pesquisador deve escolher entre ordenação ou avaliação. Cada medida de preferência possui vantagens e limitações. A ordenação é uma medida confiável, uma vez que é mais fácil do que a avaliação quando o número de estímulos é pequeno (inferior a 20) e ela fornece maior flexibilidade para estimar regras de composição (aditivas ou efeitos de interação), porém é uma medida de difícil administração, pelo fato de exigir o processo de entrevistas individuais.

Neste experimento, a medida escolhida para modelar a variável de resposta foi a ordenação dos cartões. A variável resposta deste experimento é a preferência do consumidor aos estímulos apresentados nos cartões de pesquisa. Assim sendo, durante as entrevistas pessoais, solicitou-se que o respondente ordenasse os cartões (estímulos) de acordo com a preferência.

Com relação ao método de coleta de dados, o mesmo pode ocorrer por entrevistas pessoais, contato telefônico, postal ou e-mail. Nestes últimos, o pesquisador deve dar atenção especial a complexidade do instrumento de coleta de dados, que pode ocasionar dúvidas no preenchimento afetando a taxa de retorno e confiabilidade da pesquisa.

Neste trabalho, antes de realizar a coleta de dados foi realizado um pré-teste com doze pessoas a fim de identificar possíveis melhorias. Tal iniciativa comprovou que os níveis e atributos considerados eram acionáveis e comunicáveis. Com a finalização do pré-teste iniciou-se a pesquisa de campo.

A coleta de dados foi feita a partir de entrevistas pessoais realizadas durante visitas as empresas selecionadas. De acordo com Malhotra (2001), esse método apresenta muitas vantagens, entre eles, a simplicidade de sua aplicação, a confiabilidade dos dados e a facilidade na codificação, na análise, e na interpretação dos dados. Além disso, neste trabalho, tal método possibilitou que possíveis erros de interpretação fossem solucionados pessoalmente pela pesquisadora durante a coleta de dados.

Ao realizar o contato com as empresas pediu-se para que estas selecionassem para a pesquisa pessoas que soubessem dizer os fatores relevantes para selecionar um energético limpo para o processo produtivo.

Na entrevista pessoal, era explicado o objetivo do projeto e suas etapas, além de apresentar os atributos considerados na pesquisa. Em seguida, era solicitado que o entrevistado ordenasse os atributos de acordo com a preferência. Terminada essa etapa, eram

apresentados os dezoito cartões (estímulos) e solicitado ao respondente para ordenar estes cartões de maneira que o primeiro cartão representasse sua primeira opção de escolha e assim sucessivamente, até o último, que representaria sua menor preferência. Cada sequência era devidamente anotada. As instruções utilizadas durante as entrevistas para a condução da coleta de dados estão no Apêndice D.

Foi entrevistado um total de 27 profissionais conhecedores do tema. A amostra considerada foi representada por gerentes, coordenadores e engenheiros das áreas de meio ambiente, utilidades, manutenção, projetos, entre outras.

A condução do projeto experimental, o tipo de material apresentado e as explicações adicionais durante as entrevistas permitiram colocar o problema de forma bastante clara e objetiva.

Realizada a coleta de dados passou-se para a etapa de definição de pressupostos da análise, ou seja, as restrições ou hipóteses estatísticas a serem consideradas no delineamento do experimento, visando garantir a qualidade final do ajuste do modelo.

Estágio 3: Suposições da análise conjunta

Este estágio apresenta os pressupostos estatísticos da análise conjunta. Dentre as técnicas de análise multivariada, a análise conjunta é a que apresenta o menor conjunto restritivo de pressupostos que envolvem a estimação do modelo.

De acordo com Hair et al. (2005), não há necessidade de testes estatísticos de normalidade, homocedasticidade e independência, geralmente realizados para outras técnicas de dependência.

No entanto, ainda que tenha menos restrições estatísticas, os pressupostos conceituais da análise conjunta são, na maioria das vezes, em maior número do que em qualquer outra técnica multivariada.

Nesta dissertação, o universo da amostra do experimento constitui os funcionários disponibilizados pelas oito empresas selecionadas. Foi solicitado a essas empresas que disponibilizassem funcionários que fossem capazes de citar e reconhecer fatores relevantes para selecionar uma fonte de energia limpa.

Foi obtido um total de 27 respostas, sendo três respostas da indústria do setor de alimentos e bebidas, quatro respostas da indústria do setor de ferro gusa e aço, oito respostas das três indústrias do setor de papel e celulose, cinco respostas da indústria petroquímica e sete respostas das duas indústrias químicas.

Os profissionais disponibilizados eram gestores, supervisores, coordenadores, engenheiros, ou analistas das áreas de meio ambiente, manutenção, projetos, processamento ou energia e utilidades e todos se mostraram conhecedores do tema.

Atendido os pressupostos da análise conjunta, a etapa seguinte diz respeito a estimação do modelo, ou seja, definir para cada atributo qual o modelo de ajuste especificado.

Estágio 4: Estimação do modelo conjunto

O pesquisador, a partir da definição da forma de medição da preferência, ordenação ou medida métrica, deve optar por uma determinada técnica de estimação, que podem ser por programas de computador ou por meio de métodos como a regressão múltipla.

De acordo com Castro (2006), na estimação do modelo da análise conjunta, há cinco modelos disponíveis. Dentre as opções apresentadas pela técnica da análise conjunta, estão:

- Modelo discreto: não estabelece relação direta entre os níveis do atributo;
- Modelo linear crescente: define uma relação linear crescente entre os níveis do atributo, do tipo quanto maior, melhor;
- Modelo linear decrescente: define uma relação linear decrescente entre os níveis do atributo, do tipo quanto menor, melhor;
- Ponto ideal: define uma relação quadrática com preferência decrescente entre os níveis do atributo;
- Ponto anti-ideal: define uma relação quadrática com preferência crescente entre os níveis do atributo;

Assim, foi definido um modelo específico para cada atributo de acordo com a relação entre os seus níveis e, posteriormente, foi realizada a estimação do modelo de preferência das empresas por meio do software SPSS *Conjoint* 13.0.

Estágio 5: Interpretação dos resultados

O Estágio 5 apresenta a interpretação dos resultados do experimento. Para isso dois tópicos são abordados: a análise agregada versus a desagregada e a avaliação da importância relativa dos atributos.

A análise conjunta permite que as utilidades parciais sejam calculadas em três níveis, a saber: individual (desagregado), agregado e agregado por estrato.

De acordo com Hair et al (2005), a análise individual, na qual cada respondente é modelado separadamente, é a abordagem mais utilizada nos estudos de análise conjunta por ser mais precisa, porém é de difícil uso por parte dos gerentes no desenvolvimento de estratégias de marketing.

Já a análise agregada falha ao não reconhecer a heterogeneidade das preferências dos indivíduos, uma vez que é gerado um único modelo para representar todos os indivíduos. Enquanto que na análise em nível agregado por estrato é gerado um modelo para representar a preferência de um grupo de indivíduos, assim o modelo possui uma melhor capacidade de previsão (CHURCHILL e NIELSEN, 1996 apud BATTESINI, 2002)*.

Os modelos agregados proporcionam uma clareza à interpretação dos dados, já os modelos desagregados permitem uma precisão dos métodos utilizados. Segundo Hair et al (2005) cabe ao pesquisador definir o propósito do estudo ao escolher o nível de análise.

Em seguida, as utilidades parciais, geralmente, são convertidas em uma escala comum para viabilizar a comparação entre os respondentes. Para isso, é necessário o cálculo da amplitude de cada fator. O fator mais importante, e, portanto, com a maior contribuição para a utilidade geral, é aquele com a maior amplitude. Em uma escala percentual, o valor da importância de cada fator é calculado pela razão entre os valores absolutos da amplitude das suas utilidades parciais e a soma dos valores absolutos da amplitude das utilidades parciais de todos os fatores.

A análise dos dados da Análise Conjunta, nesta dissertação, foi feita em nível individual e em nível agregado para possibilitar a análise da heterogeneidade entre as preferências de cada funcionário e a preferência do grupo de funcionários das empresas.

* CHURCHILL Jr. G.A., NIELSEN Jr. Arthur C. **Marketing Research. Methodological Foundations**. 6 ed. Wisconsin: The Dryden Press, 1996.

Estágio 6: Validação dos resultados

A validação dos resultados de análise conjunta deve ser feita interna e externamente. A validação externa envolve a habilidade da análise conjunta em prever escolhas reais, ou seja, analisar a representatividade da amostra. Neste sentido, o amplo uso e estudo da análise conjunta pouco tem se desenvolvido neste âmbito. Assim, é importante que, nos estudos agregados, o pesquisador garanta que a amostra seja representativa da população do estudo.

Já a validação interna compreende a confirmação de que a regra de composição selecionada é apropriada ao modelo em estudo. Para isso, é possível usar estímulos de validação, ou amostra *holdout*.

Hair et al (2005) acredita que os resultados da análise conjunta são avaliados com precisão tanto em nível individual quanto agregado.

Segundo Castro (2006), a avaliação da qualidade do modelo pode ser feita com a utilização de testes estatísticos não paramétricos no caso de respostas não métricas ou ordenamentos. As principais vantagens destes testes são: a independência das variáveis em relação à distribuição da amostra e o fato de não serem afetados pela presença de valores aberrantes. Na análise estatística são utilizados os coeficientes de correlação de Spearman e Kendall's Tau.

A correlação de Spearman, cujo objetivo é medir o grau de associação entre variáveis, baseia-se na ordenação de duas variáveis sem qualquer restrição quanto à distribuição de valores (CASTRO, 2006).

No caso em que a resposta é não métrica, ou seja, os dados não pertencem a uma escala de medida métrica, mas existe uma ordenação clara, o coeficiente R de Pearson calculado pelo sistema representa o coeficiente de Spearman.

O coeficiente de correlação, R, é determinado por meio da Equação 3:

$$R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3)$$

onde: d_i a diferença entre dois postos (previstos e observados).

Neste teste são desejados altos valores para os coeficientes, já que representa a correlação entre os postos previstos e observados, o que demonstra a qualidade do ajuste do modelo (CASTRO, 2006).

O teste de Kendall's Tau mede a correlação entre pares concordantes e discordantes. Este varia, geralmente, entre 0 (zero) e 1 (um), em que os valores mais altos indicam que o modelo tem melhor capacidade de análise. Este teste calcula quantos pares concordantes há a mais que os discordantes divididos pelo número total de pares, incluindo aqueles com o mesmo valor de resposta (MELO, 2008).

3.5 - Fases do trabalho

Uma vez caracterizada a pesquisa e definido o método a ser desenvolvido, apresenta-se os passos do processo de pesquisa que foram realizados para alcance dos

objetivos estabelecidos.

Pode-se dividir este trabalho em 5 etapas principais, esquematizadas na Figura 3: (1) Revisão bibliográfica; (2) Seleção dos setores industriais e das empresas; (3) Aplicação da Técnica do Incidente Crítico (TIC), (4) Aplicação da Análise Conjunta (AC); (5) Análise e apresentação dos resultados.

Figura 3 - Inter-relações entre as etapas de trabalho

Foi realizada, nesta dissertação, uma revisão bibliográfica com os temas pertinentes para a realização desta pesquisa. Paralelamente a isso, foram realizadas as demais etapas desta pesquisa.

Na fase (2) de “Seleção dos setores industriais e das empresas” foram definidos os setores industriais cuja participação era relevante para a pesquisa, bem como os critérios para a seleção das empresas.

Na fase (3) foi realizada a análise qualitativa dos fatores de valor percebidos pelas empresas, utilizando a Técnica do Incidente Crítico (TIC). Já na fase (4) foi apresentada

a função utilidade dos atributos de valor percebido, bem como suas utilidades parciais, individual e agregada, além dos resultados de ajuste do modelo de preferência, utilizando a Análise Conjunta (AC). As etapas e considerações para a aplicação da TIC e AC foram abordadas na descrição do método da pesquisa.

Na etapa (5) de “Análise e apresentação dos resultados” foi realizada a análise do trabalho e a elaboração dos relatórios científicos com os resultados parciais e finais da pesquisa.

Capítulo 4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo tem por objetivo considerar a aplicabilidade da metodologia proposta para as empresas selecionadas dos setores de Ferro Gusa e Aço, Indústria Química, Papel e Celulose, Alimentos e Bebidas e Petroquímico.

Neste contexto, o problema de pesquisa estabelecido é a definição de quais atributos são percebidos com maior valor pelas organizações ao adotar uma fonte de energia limpa, por meio de uma função de utilidade, aplicando-se o método da TIC e da AC.

A seguir são apresentados os resultados de cada uma das etapas da Técnica do Incidente Crítico e da Análise Conjunta.

4.1 - Técnica do Incidente Crítico

Uma vez definidos os setores e empresas que participaram da pesquisa, iniciou-se a etapa de aplicação da Técnica do Incidente Crítico (TIC), com o objetivo de definir os atributos relevantes no processo de escolha por um energético limpo como fonte de energia nas organizações selecionadas.

Para atingir este objetivo, o presente trabalho visou identificar nesta etapa os incidentes que facilitam ou dificultam a adoção deste tipo de energia, de acordo com os funcionários das empresas selecionadas. Os incidentes serviram de dados de entrada na definição dos atributos ou fatores determinantes na escolha deste energético como fonte de energia no processo produtivo da empresa. Estes, por sua vez, foram objetos de experimento da etapa quantitativa da pesquisa, a Análise Conjunta.

4.1.1 - Obtenção e coleta de dados

Depois de realizadas as entrevistas e coletados os depoimentos dados pelos doze funcionários das empresas selecionadas, foi possível extrair 121 incidentes críticos (IC), caracterizados por frases representativas dos fatores que facilitam ou dificultam a adoção de um energético limpo pelas empresas. Os resultados obtidos com essas entrevistas podem ser vistos no Apêndice C.

Como declarações de incidentes críticos (IC) houve, entre outras:

- Requer mais requisitos de segurança
- Confiabilidade de suprimento (não há garantia de fornecimento em alta escala e contínuo, dependendo da sazonalidade)
- Reduz a emissão de gases efeito estufa e de material particulado
- Requisitar instalações complexas de alto investimento e manutenção elevada
- Dificuldades de manuseio

- Consumo de energia (elétrica ou vapor) para manter o óleo quente no tanque.

Assim, foi possível a elaboração da lista de itens de satisfação e de atributos de valor por cada uma das duas pesquisadoras que participaram desta etapa. Essas listas podem ser encontradas nos Apêndices C 1 e C 2.

Após a comparação das duas listas de atributos geradas, uma análise crítica foi realizada pelas pesquisadoras a fim de definir os atributos de valor para o modelo. Os atributos que resultaram da comparação das duas listas estão citados abaixo:

- Manutenção e Instalação dos Equipamentos: corresponde ao atributo “Equipamentos” da pesquisadora A e “Manutenção” da pesquisadora B.
- Consumo Energético: os atributos “Eficiência Energética” da pesquisadora A e “Consumo Energético” e “Características Técnicas” da pesquisadora B foram considerados conjuntamente nesse único atributo.
- Segurança
- Preço/Custo
- Atendimento às Exigências Legais
- Manuseio do Energético: corresponde ao atributo “Manuseio” da pesquisadora A e “Estoque/Manuseio do Combustível” da pesquisadora B.
- Disponibilidade do Energético: corresponde ao atributo “Disponibilidade” e “Rede de Transporte e Distribuição” da pesquisadora A e “Proximidade/Acesso ao Energético” da pesquisadora B.

- Meio Ambiente: corresponde ao atributo “Impacto Ambiental” da pesquisadora A e “Meio Ambiente/Atributo Ambiental/Resultado ambiental” da pesquisadora B.
- Negociação no Mercado de Carbono: corresponde ao atributo “Créditos Carbono” da pesquisadora A e “Negociação no mercado de carbono” da pesquisadora B.

É importante ressaltar que esta é uma etapa preliminar exploratória e assim deve ser levada em consideração na limitação de suas conclusões.

A seguir, tendo definido os principais atributos relevantes no processo de escolha por uma fonte de energia limpa, foi formulada a função de utilidade característica do valor percebido pelas empresas selecionadas para os atributos qualificados, por meio do método da análise conjunta.

4.2 - Análise Conjunta

No Capítulo 3, buscou-se introduzir o método desta técnica estatística multivariada. Esta etapa apresenta os resultados do experimento e da aplicação da análise conjunta, considerando como entrada os atributos de valor identificados na Técnica do Incidente Crítico, visando estabelecer a função utilidade dos atributos representativos para as empresas no processo de escolha por um energético limpo.

O delineamento deste experimento foi feito segundo o modelo apresentado por Hair et al (2005) e está desenvolvido em sete estágios.

4.2.1 - Estágio 1: Objetivos da análise conjunta

Como mencionado, o objetivo deste experimento conjunto é estabelecer a estrutura da utilidade total do objeto e os fatores determinantes no experimento, para definir o modelo de preferência das oito empresas selecionadas. Para isso, deve-se determinar a função utilidade (expressão 1) que melhor represente o modelo de preferência das empresas.

Os fatores determinantes de satisfação foram identificados a partir dos dados levantados no experimento qualitativo da Técnica do Incidente Crítico. Considerando esses fatores e o conceito de atributos determinantes para este experimento, foram considerados os seguintes fatores:

- Impacto ao meio Ambiente: Emissão de poluentes na atmosfera;
- Segurança: Energético seguro ou com riscos de segurança (asfixia, incêndio ou explosão);
- Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição, além de garantia de suprimento;
- Manuseio: Necessidade de estocagem, facilidade/dificuldade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento;
- Consumo Energético: Contribuição do equipamento com o baixo consumo de energia e/ou contribuição do combustível com o baixo consumo do energético (poder calorífico);
- Manutenção e Instalação dos Equipamentos.

4.2.2 - Estágio 2: Projeto de uma análise conjunta

Os atributos citados foram definidos a partir da consolidação dos atributos identificados na etapa da análise da Técnica do Incidente Crítico, partindo de nove atributos iniciais para seis atributos representativos e importantes para o processo de decisão das empresas ao adotar uma fonte de energia limpa.

Para isso, como mencionado no Capítulo 3, uma análise crítica foi realizada pelas duas pesquisadoras que participaram do experimento qualitativo da Técnica do Incidente Crítico, visando reduzir a complexidade da coleta de dados, prejudicando o menos possível a característica e análise dos atributos identificados na etapa anterior. Logo:

- O atributo manutenção e instalação dos equipamentos foi mantido.
- O atributo consumo de energia foi mantido.
- O atributo segurança foi mantido.
- Os atributos atendimento às exigências legais, meio ambiente e negociação no mercado de carbono foram considerados conjuntamente em um único atributo chamado impacto ao meio ambiente.
- O atributo manuseio do energético foi mantido.
- O atributo disponibilidade do energético foi mantido.
- O atributo preço não foi considerado, uma vez que ele apresenta multicolinearidade fatorial com os demais atributos, ou seja, este atributo tem um grau elevado de correlação interatributos com outros fatores.

De acordo com Hair et al (2005), para muitos atributos um aumento na quantia do atributo é associado com um aumento de preço, e uma queda no nível de preço pode não

ser realista. Em outros casos, a relação preço-qualidade pode ser operante de modo que algumas combinações talvez sejam não realistas ou tenham as percepções não pretendidas. Outro motivo para esse fator não ter sido considerado é o fato de que muitos outros fatores “positivos” podem ser incluídos ao definir a utilidade do produto ou serviço. No entanto, quando se define do que “se abre mão” para essa utilidade (ou seja, preço), apenas um fator é incluído. Isso pode diminuir inerentemente a importância do preço.

Devido a todos esses motivos, decidiu-se não considerar o preço nesse experimento de modo a não prejudicar a precisão dos resultados. No entanto, é indiscutível a importância deste atributo no processo de adoção de um tipo de fonte energética limpa por uma empresa.

A seguir foram definidos os níveis dos atributos, representados no Quadro 3. Estes foram determinados com base nas respostas dadas pela Técnica do Incidente Crítico.

Atributos	Níveis	Descrição
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes
	2	Elevada emissão de poluentes
Segurança	1	Energético seguro
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)
Disponibilidade do Energético	1	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento
	2	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento
	3	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento
Manuseio	1	Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)
Manutenção e Instalação	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Quadro 3 - Atributos e níveis do experimento

As alternativas que resultaram do delineamento proposto foram distribuídas em perfis completos, gerados por meio de um planejamento fracionário especial, chamado método ortogonal ou quadros ortogonais a partir do software SPSS *Conjoint* 13.0, conforme exemplificado no Capítulo 3.

Desta forma, foi gerado um total de dezoito estímulos (cartões) utilizados na coleta de dados. Destes dezoito estímulos, dezesseis representam o modelo de preferência e dois são estímulos de validação do modelo *holdout*. Conforme já comentado, os estímulos gerados foram apresentados em formato de cartões, representado pela Figura 4, para melhorar o entendimento dos entrevistados sobre os diferentes cenários apresentados e reforçar a visualização espacial durante o processo de escolhas.

Projeto de Mestrado em Engenharia de Produção

Cartão A

☐ Impacto ao Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes	☐ Manuseio do Energético: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)
☐ Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	☐ Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)
☐ Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	☐ Manutenção e Instalação dos Equipamentos: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Figura 4 – Exemplo de formato de apresentação de cartões

Com os estímulos gerados foi realizada a coleta de dados, dos 27 funcionários disponibilizados pelas oito empresas. Nessa coleta de dados os cartões foram ordenados de acordo com a preferência dos respondentes.

4.2.3 - Estágio 3: Suposições da análise conjunta

Como visto na descrição do método da Análise Conjunta, o universo da amostra do experimento constitui os funcionários disponibilizados pelas oito empresas selecionadas. Sendo solicitado que os mesmos fossem capazes de citar e reconhecer fatores relevantes para selecionar uma fonte de energia limpa.

Atendido os pressupostos da análise conjunta, a etapa seguinte diz respeito a estimação do modelo, ou seja, definir para cada atributo qual o modelo de ajuste especificado.

4.2.4 - Estágio 4: Estimação do modelo conjunto

Para a estimação do modelo da análise conjunta foi necessário a definição da relação entre os níveis dos fatores selecionados.

Durante as entrevistas observou-se que os níveis dos fatores, com exceção da disponibilidade do energético, apresentam uma relação linear decrescente, ou seja, o respondente apresentou um comportamento linear em relação aos níveis destes atributos, sendo o nível 1 mais preterível do que o nível 2. Nesse sentido, este estudo considerou uma relação linear decrescente para esses atributos do modelo.

Já para o atributo disponibilidade do energético, foi observada uma relação quadrática, na qual existe um ponto ideal e uma relação decrescente de preferência no que difere deste ponto.

O Quadro 4 ilustra o modelo definido. A primeira coluna apresenta os atributos do delineamento experimental, a coluna do meio mostra o modelo definido para cada atributo e a terceira coluna, o número de níveis de cada fator.

Atributos	Relação	Número de níveis
Consumo energético	Linear	2
Segurança	Linear	2
Impacto Meio Ambiente	Linear	2
Manutenção e Instalação	Linear	2
Disponibilidade do Energético	Ideal	3
Manuseio	Linear	2

Quadro 4 – Relação dos atributos e níveis

Uma vez definido o delineamento do experimento completo, com atributos e níveis, função de utilidade definida, estímulos gerados, dados coletados e organizados em planilhas, pressupostos e modelo de estimação definidos, o aplicativo de análise estatística SPSS 13.0 foi executado e obtiveram-se os resultados apresentados a seguir.

4.2.5 - Estágio 5: Interpretação dos resultados

Este estágio apresenta os resultados do experimento de análise conjunta que tem como objetivo identificar os fatores de maior relevância no processo de escolha por uma fonte de energia limpa.

Os dados sobre a preferência dos usuários no processo de escolha por um energético limpo foram analisados por meio do programa computacional SPSS 13.0, que possui um módulo desenvolvido para ajustes de modelos de análise conjunta. A Tabela 13 apresenta os dados de saída do aplicativo utilizado após a execução do experimento.

Tabela 13 – Tabela de Sumário dos resultados da estimação do modelo

Sumário dos resultados do experimento - adaptação do arquivo de saída do SPSS				
Atributo	Nível do Atributo	Descrição	Utilidade	Importância Medida
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)	-2,2685	14,57%
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)	-4,5370	
Segurança	1	Energético seguro	-3,9630	26,06%
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	-7,9259	
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes	-4,9259	32,18%
	2	Elevada emissão de poluentes	-9,8519	
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos	-0,5000	4,25%
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos	-1,0000	
Disponibilidade do Energético	1	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento	-3,7037	19,37%
	2	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	-5,8056	
	3	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento	-6,3056	
Manuseio	1	Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)	-0,3981	3,57%
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)	-0,7963	

Tanto a Figura 5 como a Tabela 13 apresentam os valores da importância obtidos para cada fator para os resultados agregados. Os resultados mostram que o atributo impacto ao meio ambiente é considerado como sendo o de maior importância, quando comparado com os demais atributos do experimento. Este atributo possui uma importância de 32,18%, sendo que baixas emissões de poluentes produz uma redução na utilidade geral do agente de 4,9259; enquanto que elevada emissões de poluentes apresenta uma redução de 9,8519.

Uma vez que as empresas optam por um energético mais limpo, na maioria das vezes, elas estão preocupadas com o impacto causado ao meio ambiente. Esse direcionamento

da empresa pode variar de acordo com a estratégia ambiental ou do estágio social no qual ela se encontra.

Durante as entrevistas, observou-se que a preocupação com o meio ambiente está relacionada, na maioria das vezes, com o atendimento a legislação. Sendo válido ressaltar que algumas empresas informaram que apenas começaram a trabalhar com energéticos menos poluentes, como por exemplo, o gás natural, devido à necessidade de atendimento aos órgãos regulamentadores do governo.

Figura 5 – Importância dos Atributos

A segurança, na ordem de preferência, é o segundo fator com maior importância, 26,06%, sendo que um energético seguro diminui em 3,963 a utilidade geral do agente, enquanto que um energético que apresenta riscos de segurança diminui em 7,9259 a utilidade geral.

Em terceiro lugar está a disponibilidade do energético, que também se mostra um fator com uma importância significativa, 19,37%. Possuir disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento diminui a utilidade geral do agente em 3,7037, enquanto que a disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição, mas sem garantia de suprimento diminui a utilidade em 5,8056. Já a garantia de suprimento sem qualquer infraestrutura diminui a utilidade em 6,3056. É importante observar que esses dois últimos níveis apresentam utilidades muito próximas, sendo que a maior preferência realmente é pela disponibilidade tanto de infraestrutura como de suprimento.

A seguir, na ordem de preferência seguem os atributos consumo energético (14,57%), manutenção e instalação dos equipamentos (4,25%) e manuseio (3,57%).

No entanto, cabe verificar se há heterogeneidade nas preferências ao se analisar os dados de cada setor de empresa.

Para calcular a importância relativa dos atributos por setor empresarial, tomou-se os dados dos respondentes da pesquisa separados por setor empresarial e executou-se o SPSS 13.0 para os mesmos. As Tabelas 14, 15, 16, 17 e 18 apresentam os valores da importância obtidos para cada fator para os resultados agregados por setor.

No caso das duas Indústrias Químicas pesquisadas, o atributo de maior importância é a segurança (35,84%), seguida de impacto ao meio ambiente (22,15%), disponibilidade do energético (18,60%), consumo energético (15,15%), manutenção e instalação dos equipamentos (5,21%) e manuseio (3,04%), como é possível observar na Tabela 14. Essa amostra contou com a participação de sete funcionários disponibilizados por essas empresas.

Tabela 14 - Sumário dos resultados da estimação do modelo para Indústria Química

Sumário dos resultados do experimento para Indústria Química - adaptação do arquivo de saída do SPSS				
Atributo	Nível do Atributo	Descrição	Utilidade	Importância Medida
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)	-2,3929	15,15%
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)	-4,7857	
Segurança	1	Energético seguro	-5,4643	35,84%
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	-10,9290	
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes	-3,3571	22,15%
	2	Elevada emissão de poluentes	-6,7143	
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos	-0,5000	5,21%
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos	-1,0000	
Disponibilidade do Energético	1	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento	-3,8571	18,60%
	2	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	-5,9107	
	3	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento	-6,1607	
Manuseio	1	Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)	-0,1786	3,04%
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)	-0,3571	

Já quando se analisa as respostas dos funcionários do setor petroquímico que participaram da pesquisa, o atributo de maior importância é o impacto ao meio ambiente (33,67%), seguido do consumo energético (26,67%), segurança (21,13%), disponibilidade do energético (10,84%), manutenção e instalação dos equipamentos (4,81%) e manuseio (2,88%). Apenas uma empresa deste setor participou da pesquisa e foram disponibilizados quatro profissionais para a pesquisa.

Tabela 15 - Sumário dos resultados da estimação do modelo para setor Petroquímico

Sumário dos resultados do experimento - setor Petroquímico - adaptação do arquivo de saída do SPSS				
Atributo	Nível do Atributo	Descrição	Utilidade	Importância Medida
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)	-4,2000	26,68%
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)	-8,4000	
Segurança	1	Energético seguro	-3,2000	21,13%
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	-6,4000	
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes	-5,2000	33,67%
	2	Elevada emissão de poluentes	-10,4000	
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos	-0,4500	4,81%
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos	-0,9000	
Disponibilidade do Energético	1	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento	-1,2000	10,84%
	2	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	-2,1250	
	3	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento	-2,7750	
Manuseio	1	Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)	-0,3500	2,88%
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)	-0,7000	

No caso das empresas do setor de papel e celulose que participaram da pesquisa, o impacto ao meio ambiente possui a maior importância (35,16%), seguido pelo atributo segurança (32,45%), com é possível observar na Tabela 16. Um dos respondentes comentou que segurança é importante, mas deve ser garantida independentemente do energético adotado, ou seja, se o energético apresenta riscos de explosão, asfixia ou incêndio, a empresa deve se adaptar de modo a garantir a segurança desejada.

A seguir na ordem de preferência estão os atributos disponibilidade do energético (17,28%), consumo energético (12,09%), manuseio (1,82%) e manutenção e instalação dos equipamentos (1,22%).

Essa amostra contou com a participação de três empresas que disponibilizaram oito funcionários para responder a pesquisa.

Tabela 16 - Sumário dos resultados da estimação do modelo para setor de Papel e Celulose

Sumário dos resultados do experimento - setor Papel e Celulose - adaptação do arquivo de saída do SPSS				
Atributo	Nível do Atributo	Descrição	Utilidade	Importância Medida
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)	-1,8438	12,09%
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)	-3,6875	
Segurança	1	Energético seguro	-4,9375	32,45%
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	-9,8750	
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes	-5,3750	35,16%
	2	Elevada emissão de poluentes	-10,7500	
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos	-0,1875	1,22%
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos	-0,3750	
Disponibilidade do Energético		Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento	-4,0000	17,28%
	1	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	-6,0000	
	2	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento	-6,0000	
Manuseio	1	Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)	-0,2188	1,82%
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)	-0,4375	

Para a empresa do setor de Alimentos e Bebidas, que disponibilizou três funcionários para participar da pesquisa, o atributo que apresenta maior importância é a

disponibilidade do energético (35,03%), seguido pelo atributo impacto ao meio ambiente (34,83%). A seguir está consumo energético (12,66%), segurança (10,33%), manuseio (6,06%) e manutenção e instalação dos equipamentos (1,09%).

Tabela 17 - Sumário dos resultados da estimação do modelo para setor de Alimentos e Bebidas

Sumário dos resultados do experimento - setor Alimentos e Bebidas - adaptação do arquivo de saída do SPSS				
Atributo	Nível do Atributo	Descrição	Utilidade	Importância Medida
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)	-1,9167	12,66%
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)	-3,8333	
Segurança	1	Energético seguro	-1,5833	10,33%
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	-3,1667	
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes	-5,3333	34,83%
	2	Elevada emissão de poluentes	-10,6670	
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos	0,0000	1,09%
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos	0,0000	
Disponibilidade do Energético	1	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento	-6,6667	35,03%
	2	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	-10,6250	
	3	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento	-11,8750	
Manuseio	1	Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)	-0,5833	6,06%
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)	-1,1667	

Para a empresa de Ferro Gusa e Aço, que contou com quatro respondentes, o atributo de maior importância é o impacto ao meio ambiente (39,90%), em segundo lugar está a disponibilidade do energético (23,84%), seguido pela segurança (14,11%), manutenção e

instalação dos equipamentos (10,33%), manuseio (7,00%) e consumo energético (4,83%). Nesse caso, a alta importância dada ao impacto ao meio ambiente pode ser justificada por essa indústria estar localizada na região de Cubatão, onde a legislação atua fortemente devido aos problemas relacionados à poluição que essa área já sofreu.

Tabela 18 - Sumário dos resultados da estimação do modelo para setor de Ferro Gusa e Aço

Sumário dos resultados do experimento - setor Ferro Gusa e Aço - adaptação do arquivo de saída do SPSS				
Atributo	Nível do Atributo	Descrição	Utilidade	Importância Medida
Consumo energético	1	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)	-0,7500	4,83%
	2	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)	-1,5000	
Segurança	1	Energético seguro	-2,1250	14,11%
	2	Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	-4,2500	
Impacto Meio Ambiente	1	Baixa emissão de poluentes	-6,1250	39,90%
	2	Elevada emissão de poluentes	-12,2500	
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos	-1,5625	10,33%
	2	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos	-3,1250	
Disponibilidade do Energético		Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento	-3,7500	23,84%
	1			
	2	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	-6,2188	
Manuseio	3	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento	-7,4063	7,00%
		Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)	-1,0625	
	1			
	2	Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)	-2,1250	

Os resultados agregados por setor demonstram claramente a unicidade e diversidade de cada setor. O setor de papel e celulose foi o setor que apresentou maior

alinhamento com a análise agregada. Da mesma forma, o setor petroquímico e de ferro gusa e aço se assemelharam com a análise que contemplou os 27 funcionários uma vez que apresentaram o impacto ao meio ambiente como o atributo de maior importância.

Já os demais setores apresentaram uma função de utilidade diferente da função que representa o modelo agregado. As empresas dos setores de alimentos e bebidas e das indústrias químicas que participaram da pesquisa consideraram como o fator de maior importância a disponibilidade do energético e o consumo energético, respectivamente.

Além da heterogeneidade observada por setor, também é possível observar heterogeneidade nas preferências de cada respondente, possuindo aspectos únicos e distintos dos demais e dos resultados agregados (geral ou por setor).

Como exemplo da importância relativa dos atributos em nível individual, tomou-se aleatoriamente os dados da Tabela 25, Apêndice D, para os respondentes 16, 20, 21 e 26 para comparar com os resultados agregados do modelo.

Para calcular a importância relativa dos atributos em nível individual, deve-se, primeiramente, calcular as utilidades parciais dos níveis de cada atributo. Para isso, a Tabela 25, Apêndice D, originada da execução do software SPSS 13.0 para o experimento, fornece os coeficientes linear e quadrático de cada fator, consolidados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22 para os respondentes 26, 20, 21 e 16 respectivamente.

No caso do fator possuir níveis com relação linear, deve-se multiplicar o coeficiente linear pelo nível do fator o qual se deseja calcular a utilidade.

No exemplo da Tabela 25, respondente 26, o coeficiente linear para o atributo impacto ao meio ambiente, é $\text{Ambiente}_L = -8,0$. Logo, a utilidade parcial do nível 1 será igual a $[1.(-8,00)] = -8,00$. Já a utilidade parcial do nível 2 será igual a $[2.(-8,00)] = -16,00$.

No caso do fator possuir níveis com relação quadrática, para o cálculo da utilidade parcial deve-se multiplicar o valor do nível pelo coeficiente linear e somar esse valor com o produto do segundo coeficiente quadrático pelo quadrado do valor do nível.

No exemplo, para o respondente 26, o atributo disponibilidade do energético apresenta os coeficientes Disponibilidade_L igual a -4,50 e Disponibilidade_Q igual a 0,50. Logo, a utilidade parcial do nível 1 será igual a $[1.(-4,50)+1^2.(0,50)] = -4,00$. Já a utilidade parcial do nível 2 é igual a $[2.(-4,50)+2^2.(0,50)] = -7,00$. Da mesma forma, a utilidade do nível 3 é igual a $[3.(-4,50)+3^2.(0,50)] = -9,00$.

Tabela 19 – Importância relativa para o respondente 26

Atributo	Nível do Atributo	Coeficiente_L	Coeficiente_Q	Utilidade	Amplitude	Importância Medida
Consumo energético	1	-1,00	-	-1,0000	1	6,67%
	2			-2,0000		
Segurança	1	-1,00	-	-1,0000	1	6,67%
	2			-2,0000		
Impacto Meio Ambiente	1	-8,00	-	-8,0000	8	53,33%
	2			-16,0000		
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	0,00	-	0,0000	0	0,00%
	2			0,0000		
Disponibilidade do Energético	1	-4,50	0,50	-4,0000	5	33,33%
	2			-7,0000		
	3			-9,0000		
Manuseio	1	0,00	-	0,0000	0	0,00%
	2			0,0000		
				Total	15	
Resíduo	29,5000					

Repetindo esse procedimento para os demais atributos, têm-se as utilidades parciais dos níveis de todos os atributos, conforme Tabela 19.

A partir das utilidades parciais de cada nível de atributo, foram calculadas as amplitudes por atributo. A amplitude é determinada pela diferença entre o valor mais alto e o mais baixo de utilidade parcial.

No exemplo da Tabela 19, para o atributo consumo energético, têm-se as seguintes utilidades parciais: nível 1 = -1,0000 e nível 2 = -2,0000.

A amplitude, nesse caso, é calculada pela diferença entre o valor mais alto (nível 1), e valor mais baixo (nível 2), $[-1,0000 - (-2,0000)]$, totalizando 1,0000.

Repetindo este procedimento para os demais atributos, conforme Tabela 19, tem-se o valor da amplitude total, representado pela soma das amplitudes dos fatores, neste caso, 15,0000.

Por fim o valor da importância relativa dos atributos em nível individual é obtido pela razão entre a amplitude do atributo e a soma dos valores absolutos das amplitudes das utilidades parciais de todos os fatores, dada pela Equação 4.

$$IR = \frac{\text{valor_absoluto_das_amplitudes_das_utilidades_parciais_do_atributo_i}}{\sum_{i=1}^n (\text{valor_das_amplitudes_das_utilidades_parciais_do_atributo_i})} \quad (4)$$

Logo, a importância relativa (IR) do atributo equipamentos para o respondente 26, será:

$$IR = \frac{1,0000}{15,0000} = 6,67\% \quad (5)$$

O mesmo raciocínio vale para os demais atributos, que apresentam respectivamente as importâncias relativas de:

$$IR_{\text{Segurança}} = 6,67\%$$

$$IR_{\text{Impacto ao Meio Ambiente}} = 53,33\%$$

$$IR_{\text{Manutenção e Instalação dos Equipamentos}} = 0\%$$

$$IR_{\text{Disponibilidade do Energético}} = 33,33\%$$

$$IR_{\text{Manuseio}} = 0\%$$

Este respondente, como mencionado anteriormente, é profissional de uma das Indústrias Químicas que participaram da pesquisa, sendo que neste trabalho, na análise agregada deste setor, foi considerado o atributo segurança como o mais relevante no processo de escolha por um energético limpo.

No entanto, este respondente comentou que prefere focar nas variáveis que não pode controlar, como o impacto ao meio ambiente e a disponibilidade do energético. O atributo segurança, que ficou como o segundo atributo de maior importância na análise agregada que considerou todos os setores, segundo ele, apesar de ser importante, é gerenciável, sendo possível a empresa se adaptar para garanti-lo. Já os atributos manuseio e manutenção e instalação dos equipamentos tem importância desprezível.

No exemplo da Tabela 20, os dados utilizados foram fornecidos pelo respondente 20. Da mesma forma que para o respondente 26, foram calculadas as utilidades parciais de cada atributo de acordo com os dados da Tabela 25, Apêndice D. No caso do atributo consumo energético, o coeficiente linear é de -2,00, logo a utilidade parcial para o nível 1 é igual a $[1.(-2,00)] = -2,00$. Já para o nível 2, a utilidade parcial é igual a $[2.(-2,00)] = -4,00$.

Para o atributo disponibilidade do energético, o coeficiente linear é igual a 6,00 e o coeficiente quadrático é igual a -2,00. Logo, a utilidade parcial para o nível 1 é igual a $[1.(6,00)+1^2.(-2,00)] = 4,00$. Já para o nível 2 é igual a $[2.(6,00)+2^2.(-2,00)] = 4,00$ e para o nível 3 é de $[3.(6,00)+3^2.(-2,00)] = 0,00$.

Uma vez calculadas as utilidades parciais, deve-se calcular a amplitude para cada atributo. No caso do atributo consumo do energético, há as seguintes utilidades parciais: nível 1=-2,0000 e nível 2=-4,0000.

Tabela 20 - Exemplo de cálculo da importância relativa para o respondente 20

	Nível do					Importância
Atributo	Atributo	Coefficiente_L	Coefficiente_Q	Utilidade	Amplitude	Medida
Consumo energético	1	-2,00	-	-2,0000	2,0	12,50%
	2			-4,0000		
Segurança	1	-0,50	-	-0,5000	0,5	3,13%
	2			-1,0000		
Impacto Meio Ambiente	1	-8,00	-	-8,0000	8,0	50,00%
	2			-16,0000		
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	-1,00	-	-1,0000	1,0	6,25%
	2			-2,0000		
Disponibilidade do Energético	1	6,00	-2,00	4,0000	4,0	25,00%
	2			4,0000		
	3			0,0000		
Manuseio	1	-0,50	-	-0,5000	0,5	3,13%
	2			-1,0000		
				Total	16	
Resíduo	23,5000					

Da mesma forma que no exemplo com o respondente 26, a amplitude é calculada pela diferença entre o valor mais alto (nível 1) e o mais baixo (nível 2), totalizando 2,0.

Repetindo esse procedimento aos demais atributos, como na Tabela 20, é possível calcular o valor da amplitude total, representado pela soma das amplitudes dos fatores, nesse caso, de 16,0000.

Por fim, como já comentado, o valor da importância relativa dos atributos em nível individual é obtido pela razão entre a amplitude do atributo e a soma dos valores absolutos das amplitudes das utilidades parciais de todos os fatores. Assim, o valor da importância relativa (IR) do atributo consumo energético para o respondente 20 é de:

$$IR = \frac{2,0000}{16,0000} = 12,50\% \quad (6)$$

O mesmo raciocínio vale para os demais atributos, que apresentam respectivamente as importâncias relativas de:

$$IR_{\text{Segurança}} = 3,13\%$$

$$IR_{\text{Impacto ao Meio Ambiente}} = 50,00\%$$

$$IR_{\text{Manutenção e Instalação dos Equipamentos}} = 6,25\%$$

$$IR_{\text{Disponibilidade do Energético}} = 25,00\%$$

$$IR_{\text{Manuseio}} = 3,13\%$$

Este respondente é um profissional do setor petroquímico e, assim como o resultado agregado do setor a que ele pertence e o resultado geral, considera o atributo impacto ao meio ambiente como o mais relevante no momento de escolha do energético. Comentou que a refinaria em que trabalha apenas adotou o gás natural por causa da legislação, mas vem desenvolvendo projetos visando aprovação pelo MDL e futuras negociações com créditos carbono.

O atributo segurança, diferentemente dos demais profissionais entrevistados do setor, não apresenta uma importância alta para esse respondente, pois não considera o gás natural um energético seguro, sendo que a empresa apenas optou por essa fonte de energia porque apresenta emissões mais baixas que os demais combustíveis fósseis que já utilizava. No entanto, na empresa, este energético possuía alta disponibilidade, o que contribuiu para a sua adoção.

No exemplo da Tabela 21 (respondente 21), da mesma maneira que no exemplo com o respondente 26 e 20, calculam-se as utilidades parciais, considerando os coeficientes linear e quadrático de cada fator, e, posteriormente, são calculadas suas respectivas amplitudes, por meio da diferença entre o valor mais alto e o mais baixo. Esse procedimento é realizado para todos os atributos, obtendo-se, assim, a amplitude total, representado pela soma das amplitudes dos fatores, nesse caso, de 15,0000. Por fim, para obter o valor da importância relativa dos atributos utiliza-se a Equação 4.

Tabela 21 - Exemplo de cálculo da importância relativa para o respondente 21

Atributo	Nível do Atributo	Coefficiente_L	Coefficiente_Q	Utilidade	Amplitude	Importância Medida
Consumo energético	1	-1,50	-	-1,5000	1,5	10,00%
	2			-3,0000		
Segurança	1	-8,00	-	-8,0000	8,0	53,33%
	2			-16,0000		
Impacto Meio Ambiente	1	-0,50	-	-0,5000	0,5	3,33%
	2			-1,0000		
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	0,00	-	0,0000	0,0	0,00%
	2			0,0000		
Disponibilidade do Energético	1	-10,00	2,00	-8,0000	4,0	26,67%
	2			-12,0000		
	3			-12,0000		
Manuseio	1	-1,00	-	-1,0000	1,0	6,67%
	2			-2,0000		
				Total	15	
Resíduo	35.0000					

Analizando os dados apresentados na Tabela 21, é possível observar que para o respondente 21, o atributo de maior relevância no processo de escolha por um energético limpo é a segurança. Diferentemente da análise agregada, o impacto ao meio ambiente não apresentou uma importância significativa. Sendo que em segundo lugar na ordem de preferência está a disponibilidade do energético.

Já para o respondente 16, de acordo com o exemplo da Tabela 22, o atributo mais relevante no processo de escolha por uma fonte de energia limpa é o impacto ao meio ambiente (52,03%), seguido pelo atributo segurança, disponibilidade do energético, consumo energético, manuseio e manutenção e instalação dos equipamentos. Para chegar a esses resultados foram realizados os cálculos de utilidade parcial dos níveis, de amplitude de cada atributo, da amplitude total e da importância relativa dos atributos conforme os exemplos anteriores.

Tabela 22 - Exemplo de cálculo da importância relativa para o respondente 16

	Nível do					Importância
Atributo	Atributo	Coefficiente_L	Coefficiente_Q	Utilidade	Amplitude	Medida
Consumo energético	1	-0,75	-	-0,7500	0,8	4,88%
	2			-1,5000		
Segurança	1	-4,00	-	-4,0000	4,0	26,02%
	2			-8,0000		
Impacto Meio Ambiente	1	-8,00	-	-8,0000	8,0	52,03%
	2			-16,0000		
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	1	0,25	-	0,2500	0,3	1,63%
	2			0,5000		
Disponibilidade do Energético	1	-5,06	1,06	-4,0000	1,9	12,20%
	2			-5,8750		
	3			-5,6250		
Manuseio	1	0,50	-	0,5000	0,5	3,25%
	2			1,0000		
				Total	15,375	
Resíduo	31,3750					

Os resultados desagregados dos respondentes 16, 20, 21, 26 demonstram claramente a unicidade e diferença dos indivíduos. O indivíduo 16, em termos de preferência, apresentou um forte alinhamento com a análise agregada, enquanto que o indivíduo 21, por exemplo, apresentou uma função de utilidade diferente do modelo agregado.

Já o indivíduo 26 apresentou uma função utilidade diferente do modelo agregado do seu setor e o indivíduo 20 apresentou o atributo de maior importância igual a do seu setor.

Logo, há uma diferença nas preferências individuais *versus* a agregada. Isso não invalida o modelo, sendo que na etapa de validação dos resultados é apresentada a qualidade do ajuste de predição do experimento. Entretanto, é importante na análise dos resultados considerar estas distinções para garantir que a tomada de decisão seja coerente com essas particularidades.

A função de utilidade estimada

A partir dos dados das utilidades parciais apresentadas na Tabela 13, o modelo aditivo simples representativo da estrutura de preferência no processo de escolha por um energético limpo, com base nos seis atributos de valor (consumo energético, segurança, impacto ao meio ambiente, manutenção e instalação dos equipamentos, disponibilidade do energético e manuseio), é definido pela função de utilidade da Equação 1.

$$\begin{aligned}
 U(X) = & (-4,9259) \cdot X_{\text{Im pacto_Meio_Ambiente},1} + (-9,8519) \cdot X_{\text{Im pacto_Meio_Ambiente},2} + \\
 & (-2,2685) \cdot X_{\text{Consumo_energético},1} + (-4,5370) \cdot X_{\text{Consumo_energético},2} + (-3,9630) \cdot X_{\text{Segurança},1} + \\
 & (-7,9259) \cdot X_{\text{Segurança},2} + (-0,5000) \cdot X_{\text{Manut_Inst_equip},1} + (-1,0000) \cdot X_{\text{Manut_Inst_equip},2} \\
 & + (-3,7037) \cdot X_{\text{Disponibilidade_energético},1} + (-5,8056) \cdot X_{\text{Disponibilidade_energético},2} + \\
 & (-6,3056) \cdot X_{\text{Disponibilidade_energético},3} + (-0,3981) \cdot X_{\text{Manuseio},1} + (-0,7963) \cdot X_{\text{Manuseio},2} \\
 & + 31,4630
 \end{aligned} \tag{7}$$

em que:

U = utilidade global de uma alternativa

$X_{i,j}$ representa os níveis dos atributos, em que j representa o nível do atributo (A, B ou C) e i representa o atributo (consumo energético, segurança, impacto ao meio ambiente, manutenção e instalação dos equipamentos, disponibilidade do energético e manuseio)

As utilidades parciais dos atributos por indivíduo e consolidadas são apresentadas no Apêndice D deste trabalho.

Do resultado do experimento tem-se que o resíduo é igual a 31,4630. Este valor, segundo Castro (2006), representa os erros de ajuste do modelo, sendo eles:

- Atributos relevantes não incluídos na função utilidade;

- Erros na medição dos atributos feitos pelo pesquisador;
- Erros de percepção cometidos pelo respondente;
- Diferenças não observáveis na avaliação.

4.2.6 - Estágio 6: Validação dos resultados

Dos resultados da análise conjunta, obteve-se um coeficiente de Spearman de 0,998, ou seja, um valor ótimo muito próximo de um.

No experimento conjunto realizado, o Kendall's Tau foi de 1,000. Para amostra de validação (*holdout*), o Kendall's Tau também apresentou valor igual a 1,000, que é o desejável.

Dessa forma, pode-se concluir que o modelo se ajusta muito bem à realidade e os atributos impacto ao meio ambiente, segurança e disponibilidade do energético devem merecer destaque nas estratégias adotadas pelo governo para orientar e estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente.

Capítulo 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise da estrutura de consumo energético, bem como do balanço de emissão de CO₂, dos principais setores industriais brasileiros, identificou-se que os setores de Alimentos e Bebidas, Ferro Gusa e Aço, Indústrias Químicas e Papel e Celulose apresentam o maior potencial de redução de emissão de dióxido de carbono com a adoção de fontes de energia menos impactantes ao meio ambiente. Logo, para a realização da coleta de dados deste trabalho, foram selecionadas empresas que faziam parte destes setores e/ou estavam entre as 100 empresas que apresentam o maior potencial de emissão de CO₂ do Estado de São Paulo.

Também, foi apresentada uma breve descrição do método utilizado pela pesquisa na identificação e análise dos fatores percebidos com maior valor pelas empresas participantes da pesquisa ao adotar energia limpa.

A Técnica do Incidente Crítico forneceu os atributos importantes no processo de escolha das empresas. Além disso, a partir da TIC, foi possível conhecer os fatores que os doze funcionários das oito empresas que participaram da pesquisa acreditam que dificultam ou contribuem na adoção de energias consideradas limpas nos seus respectivos processos produtivos. Isso possibilitou às empresas, a partir deste trabalho, tomarem conhecimento da opinião de alguns de seus pares no que diz respeito às facilidades e dificuldades ao optarem por um energético mais limpo.

Já a Análise Conjunta mostrou que as principais variáveis da função utilidade na escolha por uma fonte de energia mais limpa, considerando os dados coletados dos 27 funcionários das oito empresas selecionadas, são: impacto ao meio ambiente, com 32,18% de importância, seguido de segurança, com 26,06%, disponibilidade do energético, com 19,37%, consumo energético, com 14,57%, manutenção e instalação dos equipamentos, com 4,25% e manuseio, com 3,57%.

No entanto, é importante considerar que a importância dos atributos varia de acordo com o setor analisado. A indústria química, por exemplo, representada por 7 funcionários de duas empresas, apresentou a segurança como o atributo de maior importância (35,84%), seguido do impacto ao meio ambiente (22,15%), disponibilidade do energético (18,60%), consumo energético (15,15%), manutenção e instalação dos equipamentos (5,21%) e manuseio (3,04%).

Já o setor petroquímico, representado por 4 funcionários de uma empresa, apresentou o impacto ao meio ambiente (33,67%) como o atributo de maior importância, assim como a análise agregada, entretanto, em segundo lugar ficou o consumo energético (26,67%), seguido da segurança (21,13%), disponibilidade do energético (10,84%), manutenção e instalação dos equipamentos (4,81%) e manuseio (2,88%).

Da mesma forma, o setor de alimentos e bebidas, representado por 3 funcionários de uma empresa, se diferenciou da análise agregada ao apresentar como o atributo de maior importância a disponibilidade do energético (35,03%), seguido do impacto ao meio ambiente (34,83%), consumo energético (12,66%), segurança (10,33%), manuseio (7,00%) e, por fim, manutenção e instalação dos equipamentos (1,09%).

O setor de ferro gusa e aço, da mesma forma que a análise agregada, apresentou o atributo impacto ao meio ambiente como o fator de maior importância (39,90%), no entanto se diferenciou nas demais posições, ficando em segundo lugar disponibilidade do

energético (23,84%), seguido de segurança (14,11%), manutenção e instalação dos equipamentos (10,13%), manuseio (7,00%) e, por último, consumo energético (4,83%).

Já o setor de papel e celulose, apesar de não apresentar as mesmas importâncias relativas, foi o setor que apresentou o maior alinhamento com a análise agregada, diferenciando-se no ranking de posições apenas nas duas últimas colocações. Assim, apresentou como o atributo de maior importância o impacto ao meio ambiente (35,16%), seguido da segurança (32,45%), disponibilidade do energético (17,28%), consumo energético (12,09%), manuseio (1,82) e manutenção e instalação dos equipamentos (1,22%).

Assim, os resultados agregados por setor demonstram a unicidade e diversidade de cada setor representado pelas empresas que participaram desta pesquisa. O setor de papel e celulose, o setor petroquímico e o setor de ferro gusa e aço se assemelharam com a análise agregada uma vez que apresentaram o impacto ao meio ambiente como o atributo de maior importância. Já os demais setores apresentaram uma função de utilidade diferente da função que contemplou os 27 funcionários, uma vez que as empresas dos setores de alimentos e bebidas e das indústrias químicas que participaram da pesquisa consideraram como o fator de maior importância a disponibilidade do energético e o consumo energético, respectivamente.

Da mesma forma que ocorre heterogeneidade na análise por setor, também é possível encontrar diferenças nas preferências de cada funcionário com relação à preferência do setor ao qual ele pertence como, também, em relação à análise agregada. Assim, a importância de cada fator no processo de adoção de uma fonte de energia limpa nos processos produtivos das empresas varia de acordo com as pessoas envolvidas no processo de tomada de decisão. Nesta dissertação, conforme comentado no Capítulo 3, contou-se com a participação de vários níveis hierárquicos: gestores, supervisores, coordenadores, engenheiros e analistas.

Além das heterogeneidades por setor e por respondente, também é importante considerar as dificuldades encontradas para o desenvolvimento dessa dissertação, como a

baixa disponibilidade de informações, uma vez que contou-se com a participação de apenas oito empresas e estas disponibilizaram, no total, somente vinte e sete funcionários para responderem a pesquisa. Logo, devido a esse baixo número de respostas generalizações envolvendo os resultados podem ser realizadas, porém, de maneira cuidadosa.

Outro aspecto a ser comentado é a demora no retorno das respostas no caso da Técnica do Incidente Crítico, realizada por e-mail, e a dificuldade para agendar as visitas durante a coleta de dados da Análise Conjunta.

Além dessas dificuldades, outro ponto a ser destacado é que o modelo adotado para o presente trabalho não considerou os efeitos de interação entre os fatores e, desta forma, optou-se por não considerar o fator preço na pesquisa, fator esse muito importante na decisão por uma fonte de energia, conforme resultado da Técnica do Incidente Crítico.

Com relação aos demais atributos, o pré-teste realizado comprovou que os fatores considerados na pesquisa eram comunicáveis e possíveis erros de interpretação foram solucionados pessoalmente pela pesquisadora durante a coleta de dados.

Apesar destes pontos, a função utilidade determinada pode fornecer subsídios para o governo ponderar sobre quais atributos devem orientar suas estratégias para estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente. A aplicação do método proposto permite concluir que esta é uma ferramenta importante no apoio ao processo de tomada de decisão do governo, no que diz respeito ao direcionamento da aplicação de recursos e esforços, orientados às empresas.

Nesse sentido, os atributos impacto ao meio ambiente, segurança, disponibilidade do energético, consumo energético, manutenção e instalação dos equipamentos e manuseio, apesar das limitações deste trabalho, merecem destaque nas estratégias adotadas pelo governo para orientar e estimular a adoção de energias mais limpas. No entanto, é importante ressaltar que a importância desses atributos varia de acordo com o

setor que está sendo analisado e, também, de acordo com as pessoas responsáveis por tomar a decisão.

Capítulo 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

ALMEIDA, F. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 1. Ed. Brasília: ANEEL, 2002.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3. Ed. Brasília: ANEEL, 2008.

BATTESINI, M.; CATEN, C. S. T. Análise Conjunta com estimação em duas etapas. **Produto & Produção**, v. 8, n.1, p. 31-51, Março 2005.

BATESINI, M. **Método de análise conjunta com estimulação em duas etapas**. 2002. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.

BEESP. **Balanco Energético do Estado de São Paulo 2007** (Ano-Base 2006). Divulga alguns dados parciais relativos ao binômio oferta-consumo de fontes de energia do ano de 2006. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

BELINI, L. A Caminho das Energias Renováveis. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 3, 2006, Brasília, DF. **Anais...** Campinas: ANPPAS. CD-ROM.

BEN. Balanço Energético Nacional 2008 (Ano-Base 2007). **Divulga informações relativas ao binômio oferta consumo de fontes de energia**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2009.

BRAGA, C. (Org.), **Contabilidade ambiental**: ferramenta para a gestão da sustentabilidade, São Paulo: Atlas, 2007.

CASTRO, L. R. K. **Valor percebido como ferramenta para tomada de decisão: uma aplicação na indústria hoteleira utilizando análise conjunta**. 2006. 187 f. Dissertação

* De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

(Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia Científica**, 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acessado em: 6 mar. 2009.

_____. **Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas Emissões de CO₂ – Fontes Industriais – Combustíveis Fósseis**. São Paulo, 2008.

CIMA, F. M. **Utilização de indicadores energéticos no Plano Energético Integrado**. 2006. Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

COHEN, C. A. **Padrões de consumo: desenvolvimento, meio-ambiente e energia no Brasil**. 2002. Tese de Doutorado em Ciências em Planejamento Energético. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

CORREA, E. L. **A viabilidade econômica do gás natural**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

DAVID, R. (2007). Eficiência energética, uma necessidade. **Gazeta Mercantil**. Disponível em: <http://www.power.inf.br/notic_dia.php?cod=5991>. Acesso em: 31 jan. 2009.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, Berkeley, v.36, n.3, p. 90-100, Spring, 1994.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. São Paulo: Makron Books, 2001.

FLANAGAN, J.C. The critical incident technique. **Psychological Bulletin**, v. 51, n. 4, p. 327-358, 1954.

FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. **Climatic Change**, v. 66, p.1-8, 2004.

GREEN, P. R.; SRINIVASAN, V. Conjoint Analysis in Marketing: new Developments with Implications for Research and Practice. **Journal of Marketing**. v. 54, p.3-19, 1990.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L.D., 2003, **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**, 2.ed. São Paulo: Editora de Universidade de São Paulo, 2003.

HAIR, J.F. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Creating sustainable value. **Academy of Management Executive**, v. 17, n. 2, 2003.

HAYES, B.E. **Medindo a satisfação do cliente**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2003.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/organization/organization.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2010.

JANNUZZI, G. M. (2002). **Energia e mudanças climáticas: barreiras e oportunidades para o Brasil**. Disponível em: < <http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima13.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2009.

JARDIM, A. (2006). **Que herança deixaremos para os nossos filhos?** Portal Única. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/index.php?Secao=referência&SubSecao=opinião&SubSubSecao=artigos&id=%20and%20id=55>>. Acesso em: 21 ago. 2006.

KOLK, A.; PINKSE, J. Market strategies for climate change. **European Management Journal**, v. 22, n. 3, p. 304-314, 2004.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KUEHR, R. Towards a sustainable society: United Nations University's Zero Emissions Approach. **Journal of Cleaner Production**, 2007.

LAHOZ, A. Energia: a onda verde vai desbotar? **Revista Exame**. São Paulo: Abril, 31 dez. 2008.

LIMA, M. S. O. **O gás natural como alternativa energética para a indústria têxtil: vantagem competitiva ou estratégia de sobrevivência?** 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

LIMA, M. S. O.; REBELATTO, D. A. N.; **Propostas de medidas de mitigação da mudança climática para o setor industrial: O caso do Estado de São Paulo**. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 5., Salvador. Anais... Salvador, 2008.

LIMA, M. S. O.; REBELATTO, D. A. N.; SAVI, E.M.S. **O papel das fontes renováveis de energia na mitigação da mudança climática**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13., Bauru. Anais... Bauru, 2006.

LUCON, J.; GOLDEMBERG, G. Energia e meio Ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C. e VINHA, V. (Org.), **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

McCULLOUGH, D. A User's Guide to Conjoint Analysis. **Marketing Research**, v.14, n.2, p19-23, summer 2002.

MELO, J. C. **Importância do atributo Responsabilidade Socioambiental na escolha da instituição financeira pelo cliente**. Relatório de Iniciação Científica – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Apresentação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programs_display.do?prg=5>. Acesso em: 17 out. 2008.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/30317.html>>. Acesso em: 12 abr. 2009.

MONTANA, P. J.; CHARNOV, B. H. **Administração**. São Paulo: Saraiva, 1998.

MONTES, P. M. F. **O potencial de consumo do gás natural pelo setor industrial no Brasil**. 2000. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

MOTTA, R. S.; FERRAZ, C.; YOUNG, C. E. F.; AUSTIN, D.; FAETH, P. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e o Financiamento do Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2000. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Ministério do Planejamento.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (1996). **Report of the united nations conference on human settlement (HABITAT II)**. Istambul.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (1997). **Rio declaration on environment and development: application and implementation report of secretary-general**. Rio de Janeiro.

PECORA, V. **Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso**. 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE.

PETROBRAS. **Site da empresa brasileira de energia**. Disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/portal/Petrobras.htm>>. Acesso em 24 de janeiro de 2009.

PNMC - **PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**. 2008. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/169/_arquivos/169_29092008073244.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2008.

PRAÇA, E. R. **Distribuição do Gás Natural no Brasil: um Enfoque Crítico e de Minimização de Custos**. 2003. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

RIBEIRO, L. S.. **O Impacto do Gás Natural nas Emissões de Gases de Efeito Estufa: O Caso do Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

ROCHA, M. T. **Aquecimento Global e o Mercado de Carbono:** Aplicação do Modelo CERT. 2003. Tese de Doutorado em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ROSA, L. P. A importância de uma política climática brasileira. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n.21, dez. 2005.

SANTOS, E. M. et al. **Gás natural: estratégias para uma energia nova no Brasil.** 1.ed. São Paulo: ANNABLUME, 2002. 352p. ISBN 85-7419-285-6.

SILVA, N. F. **Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro:** O Caso da Energia Eólica. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SPSS, INC. **SPSS Conjoint 8.0.** Chicago: SPSS, 1997.

TEIXEIRA JR, S. Novo Clima para os Negócios. **Portal Exames**, 31 de janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www.abce.locaweb.com.br/downloads/artigorevistaexame-aquecimento-global.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2008.

UNDP - United Nations Development Programme, **Energy and the challenge of sustainability.** World Energy Assessment, New York, 2000.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future.** Oxford: Oxford University Press, 1987.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** Planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.

APÊNDICE A – MATERIAL UTILIZADO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS INCIDENTES CRÍTICOS

Data: ____/____/____

Setor da Empresa: _____

Cidade: _____

Nome do Entrevistado: _____

Cargo/Função do entrevistado: _____

E-mail: _____

Telefone: (____) _____

Quais energéticos são utilizados no processo produtivo da empresa?

☐ GLP

☐ Gás Natural

☐ Óleo Combustível

☐ Carvão Mineral

☐ Bagaço de Cana

☐ Lenha e Carvão Vegetal

☐ Hidráulica

☐ Outras: _____

Pergunta: Quais fatores contribuem e quais fatores dificultam na adoção de energias consideradas limpas no processo produtivo de sua empresa? Por favor, **não utilize termos genéricos** como, por exemplo, “O fator que contribui para usar energia limpa é o fato de a maioria ser um bom combustível”, neste caso, explicar porque é um bom combustível.

Fatores que contribuem (citar pelo menos 5 fatores):

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

Fatores que dificultam (citar pelo menos 5 fatores):

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

APÊNDICE B - DADOS DA AMOSTRA DA TÉCNICA DO INCIDENTE CRÍTICO

Tabela 23 - Percentual de utilização de energéticos pelas empresas pesquisadas

Energéticos	Percentual
GN	89%
GLP	22%
Óleo Combustível	44%
Coque	22%
Hidrocarboneto Leve de Refinaria	11%
Gás de Refinaria ou Gás Residual	22%
Energia Elétrica	56%
Compra de Vapor	11%
Carvão Mineral	11%
Coque de carvão mineral	11%
Coque de petróleo	11%
Gasolina	11%
Diesel	11%
Licor negro do processo de extração de celulose	11%
Cavacos de madeira próprios para energia e cavacos de madeiras resíduos de serrarias	11%
Bagaço de Cana	11%

Fonte: Pesquisa de Campo

APÊNDICE C – RESULTADOS DA TÉCNICA DO INCIDENTE CRÍTICO

Tabela 24 – Incidentes Críticos

Incidentes Críticos	
1	Relevante redução do Impacto Ambiental, no que se refere a emissões atmosféricas resultantes da queima do Gás Natural, quando comparado à queima do óleo combustível (antiga fonte de combustível das caldeiras)
2	Praticidade e facilidade no uso do Gás Natural, ou seja, não requer logística para compra, estocagem, preparação para queima, não suja equipamentos, etc
3	O Gás Natural, por conter pequena quantidade de enxofre em sua composição, não agride os periféricos das caldeiras. Desta forma, ajuda a reduzir custo com manutenções e aumenta a vida útil das mesmas.
4	O Gás Natural, em nosso caso, aumentou a eficiência energética das caldeiras, ou seja, com mesma quantidade de calor (poder calorífico) fornecida pelos combustíveis conseguimos produzir mais vapor
5	Na época que realizamos a mudança, do Óleo Combustível para o Gás Natural, o custo foi um dos fatores que também ajudaram na decisão. O Gás Natural tinha um custo menor que o Óleo, assim, esta diferença de custo subsidiaram os ganhos operacionais e ambientais.
6	A mudança do combustível possibilitou uma redução considerável nas emissões dos gases que causam o efeito estufa em nosso planeta (GEE). Este fato possibilita a obtenção de Créditos de Carbono, trazendo também possível retorno financeiro para a empresa.
7	Gastos para adequação das caldeiras para queimar o Gás Natural (ex.: compra de novos queimadores, sistema de segurança, tubulações, etc)
8	Risco com Segurança, uma vez que o Gás Natural pode causar acidentes graves (ex: explosões)
9	Os contratos firmados com a distribuidora de Gás Natural são feitos por um período razoavelmente longo (5 anos), o que é um fator preocupante, uma vez que a economia do país não é muito estável, e, com isso, muita coisa pode acontecer ao longo deste período
10	No nosso caso, o Gás Natural é monopolizado, ou seja, só conseguimos comprá-lo por meio de uma distribuidora. Desta forma, não temos força de negociação.
11	Na época de estiagem, ocorre certa instabilidade, ou seja, redução no fornecimento do Gás Natural. Por força legal, o Gás é desviado para as usinas termoeletricas para geração de energia. Isso traz mudanças e mesmo insegurança para o processo
12	Energia Solar: investimento adequado às pequenas demandas de energia térmica, como aquecimento de água para cocção e sanitários.
13	Gás Natural: PETROBRAS é auto-produtora do combustível e há intensa rede de transporte e distribuição
14	Energia Eólica: refinarias localizadas em locais com ventos intensos e constantes podem utilizar esta rota tecnológica como geração complementar
15	Biocombustíveis: pode ser energético para redução de emissões de Gases de Efeito Estufa no Processo de Refino, com sua utilização na combustão em fornos de processo e centrais termoeletricas.

16	Gases de Processo: Recuperação do salto entálpico disponível é realizada através da implantação de turbo-expansores, para geração de energia elétrica ou acionamento de outras máquinas, com redução de emissão de gases de efeito estufa
17	Energia Solar: alto custo e aplicada em pequena escala, porém inviável em grande escala por demandar área extensa
18	Gás Natural: Há dificuldades sazonais de oferta, em função de demandas de Termoelétricas
19	Energia Eólica: valor elevado do investimento por kWh, comparado com outras alternativas
20	Biocombustíveis: custo de matéria prima e logística para sua colocação na refinaria
21	Gases de Processo: Investimento em turbo-expansores tem retorno financeiro que não é competitivo com outras alternativas de investimento na Cia
22	Crédito frente às entidades ambientais (licenciamento ambiental, termos de ajustamentos de conduta, etc)
23	Queima limpa e aumento da confiabilidade dos equipamentos de combustão (para o caso do Gás Natural)
24	Fortalecimento da marca da empresa junto à sociedade (desenvolvimento sustentável)
25	Redução da dependência de fontes fósseis (aumento da flexibilidade e segurança energética)
26	Comercialização de créditos de carbono
27	Custo operacional e investimentos geralmente mais elevados que fontes não renováveis
28	Confiabilidade de suprimento (não há garantia de fornecimento em alta escala e contínuo, dependendo da sazonalidade)
29	Geralmente os processos produtivos geram fontes residuais de energia (ex: gás residual) que não podem ser destinados a outros fins senão à queima
30	Tecnologia da combustão industrial para fontes renováveis em processo de desenvolvimento (ao contrário das fontes fósseis)
31	As empresas que buscam a sustentabilidade e que precisam se adequar às exigências de órgãos ambientais procuram atuar prioritariamente no combate ao desperdício e perdas de energia (eficiência energética), pois são ações de menor custo, de curto prazo e que geram maior retorno
32	Gás natural não deixa resíduos de queima na ponta dos maçaricos do forno como GLP ou óleo por exemplo
33	Usamos o calor dos gases de escape do nosso forno para tocar um chiller de absorção. Esse reaproveitamento é muito interessante em termos econômicos. (chillers elétricos consomem muita energia)
34	Nossa queima é feita com GN + oxigênio puro, o que aumenta significativamente a eficiência do nosso forno, diminuindo consequentemente o consumo de GN
35	A rede de distribuição de GN em nossa região é bem desenvolvida, o que facilita as instalações para o uso
36	O GN é bem mais barato do que os demais combustíveis a até mesmo a energia elétrica (em termos da relação R\$/KW)

37	Qualquer mudança de tecnologia de combustível exige altos níveis de pesquisa e investimento. Se o retorno (payback) não for atrativo a migração para fontes renováveis não acontece
38	Falta de infra para distribuição em alguns locais (apesar de não ser esse o nosso caso)
39	Aproveitamento da energia no gás residual do processo
40	Infraestrutura de abastecimento de gás natural
41	Infraestrutura de abastecimento de energia elétrica
42	Equipamentos fabricados para serem abastecidos a gás natural. Os equipamentos que usamos para a queima de combustível fóssil são dimensionados para o gás natural. Caso fossemos queimar outro combustível fóssil, ele precisaria passar por ajustes e alterações
43	Redução de gastos, pelo reaproveitamento energético do gás residual
44	É indispensável o uso de combustíveis fósseis, pois precisamos de calor em nossa fábrica
45	Falta de espaço para a implantação de estrutura necessária para uso de energia eólica
46	Disponibilidade por proximidade de gasoduto
47	Baixa emissão de particulados (região saturada)
48	Qualidade do combustível para queima e durabilidade dos equipamentos
49	Custo inferior aos combustíveis concorrentes (fósseis)
50	Não necessidade de estocagem
51	Facilidade de instalação / substituição de combustíveis
52	Vulnerabilidade à política de fornecimento
53	Falta de regulamentação nacional (Lei do Gás)
54	Falta de mercado livre (como há para Energia Elétrica)
55	Baixo impacto ambiental: o gás é um combustível ecológico. Sua queima produz uma combustão limpa, melhorando a qualidade do ar, pois substitui formas de energias poluidoras como carvão, lenha e óleo combustível. Contribui ainda para a redução do desmatamento
56	Segurança: Por ser mais leve do que o ar, o gás se dissipa rapidamente pela atmosfera em caso de vazamento. Esta é a grande diferença em relação ao gás de cozinha (GLP) que, por ser mais pesado que o ar, tende a se acumular junto ao ponto de vazamento, facilitando a formação de mistura explosiva
57	O GN tem densidade relativa é igual a 0,6. Isso significa que ele é mais leve do que o ar e em caso de vazamento se dissipa na atmosfera facilmente
58	Facilidade de transporte e manuseio: Contribui para a redução do tráfego de caminhões que transportam outros tipos de combustíveis. Não requer estocagem, eliminando os riscos do armazenamento de combustíveis
59	Vetor de atração de investimentos: A disponibilidade do gás atrai novas empresas, contribuindo para a geração de empregos na região
60	Por ser um combustível fóssil, trata-se de uma energia não renovável, portanto finita
61	Segurança: O gás natural apresenta riscos de asfixia, incêndio e explosão
62	Falta de concorrência no mercado – Monopólio
63	Por ser mais leve que o ar, o gás natural tende a se acumular nas partes mais elevadas quando em ambientes fechados
64	Em caso de fogo em locais com insuficiência de oxigênio, poderá ser gerado monóxido de carbono, altamente tóxico

65	Custo baixo
66	Possuir fornecimento contínuo sem interrupções (continuidade operacional)
67	Ser um combustível mais limpo, emissões mais baixas tipo NOx, SOx
68	Não requisitar instalações complexas de alto investimento e manutenção elevada
69	Fácil manejo
70	Poder calorífico elevado
71	Custo elevado
72	Não ter fornecimento garantido (continuidade operacional)
73	Emissões mais altas de poluentes requerendo equipamentos de controle ambiental
74	Requisitar instalações complexas de alto investimento e manutenção elevada
75	Manejo complexo
76	Acesso difícil, no caso do gás natural falta de redes próximas de distribuição
77	Investimento alto, no caso do gás natural, instalação de city interno, tubulações compra de novos queimadores
78	Não necessita ter tancagem para estocar o combustível
79	Custo de operação é menor quando comparado com outros combustíveis
80	Não há sujeiras nos equipamentos e na área de serviço
81	Reduz a mão de obra na área. (não necessita de ajudantes no setor)
82	Redução de 4 a 5 % nos custos indiretos de manuseio e preparação para queima do combustível óleo
83	Não há entrada de veículos na sua fábrica. Reduz controles internos administrativos (menos notas fiscais)
84	Reduz a emissão de gases efeito estufa e de material particulado
85	Possibilita plano de “créditos de carbono”
86	Há necessidade de tancagem para armazenar o combustível
87	Necessita todo um aparato para descarga e transferência do combustível
88	Consumo de energia (elétrica ou vapor) para manter o óleo quente no tanque
89	Poder calorífico inferior ao do óleo combustível
90	Depende muito da política externa do governo. (Ex. Brasil x Bolívia)
91	Mais ofensivo para o meio ambiente (particulados e gases efeito estufa).
92	Facilidade na operação (ajuste da caldeira)
93	Maior período entre as limpezas da caldeira (equipamento disponível por mais tempo)
94	Melhor controle de poluentes atmosféricos (controle de fuligem e CO ₂ , NO e SO ₂)
95	Economia no custo de pré-queima (armazenamento, transporte e atomização)
96	Redução com custo de tratamento dos gases (custo com lavar de gás)
97	Reduz problemas com poluição e ajuda o meio ambiente
98	Requer mais requisitos de segurança
99	Dificuldades de manuseio
100	Variação de preço muito forte. (instabilidade motivada pela política)
101	Custo para troca (queimadores)
102	Dificuldades de realizar manutenção no local tanto na linha de gás quanto nas caldeiras (requer grandes paradas da produção)
103	Atendimento as exigências legais de emissão de SO ₂

104	Controle de emissão de fumaça preta (com o uso de gás natural em substituição ao óleo combustível)
105	Localização da indústria em áreas urbanas ou em zonas de saturação atmosféricas. Mostrando a preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade da operação da fábrica
106	Diretrizes da empresa, que tem como premissa e política de responsabilidade o desenvolvimento econômico e social em harmonia com a preservação ambiental
107	Estimulo as ações de cultura ambiental assumindo atitudes de prevenção da poluição
108	Instabilidade dos preços/custos gás natural
109	Disponibilidade/política em torno do gás natural
110	Grande procura e por consequência a instabilidade nos preços dos combustíveis renováveis, como madeira reciclada ou de reflorestamento, por exemplo
111	Tecnologias ambientalmente corretas, com alto custo de desenvolvimento e aplicação
112	Disponibilidade de bagaço de cana
113	Autossuficiência em energia elétrica
114	O excedente de energia é comercializado (torna-se um negócio)
115	Obtenção de créditos de carbono com projetos de MDL
116	Aumento dos indicadores de sustentabilidade da empresa
117	Baixo preço de venda de energia elétrica
118	O investimento em novas plantas de cogeração é elevado
119	Dificuldades de conexão com o sistema nacional
120	As dificuldades e o risco envolvido ao entrar com pedido de aprovação do projeto de MDL
121	As novas exigências para obtenção das reduções de emissões certificadas (CERs)

Fonte: Pesquisa de Campo

APÊNDICE C 1– ATRIBUTOS DE VALOR E ITENS DE SATISFAÇÃO – PESQUISADORA A

Equipamentos
Equipamentos fabricados para serem abastecidos a gás natural. Os equipamentos que usamos para a queima de combustível fóssil são dimensionados para o gás natural. Caso fossemos queimar outro combustível fóssil, ele precisaria passar por ajustes e alterações.
Facilidade de instalação e manutenção do equipamento
Queima limpa e aumento da vida útil do equipamento
Requisitar instalações complexas de alto investimento e manutenção elevada
Tecnologia da combustão industrial para fontes renováveis em processo de desenvolvimento (ao contrário das fontes fósseis).
Eficiência Energética
Aumento da eficiência energética dos equipamentos diminuindo o consumo de energético
Baixa eficiência energética comparado a dos combustíveis fósseis
Redução de gastos, pelo reaproveitamento energético de gases de escape
Segurança
Rápida dissipação na atmosfera em caso de vazamento. Energético seguro
Risco de asfixia, incêndio e explosão. Requer requisitos de segurança
Preço/Custo
As empresas que buscam a sustentabilidade e que precisam se adequar às exigências de órgãos ambientais procuram atuar prioritariamente no combate ao desperdício e perdas de energia (eficiência energética), pois são ações de menor custo, de curto prazo e que geram maior retorno.
Baixo custo de operação quando comparado às demais opções de energia
Economia no custo de pré queima (armazenamento, transporte e atomização)
Gastos elevados para adequação de equipamentos
Investimento ou custo de operação elevado quando comparado as demais opções de energia
Redução com custo de tratamento dos gases
Instabilidade do preço
Atendimento as exigências legais
Atendimento as exigências legais de emissão de SO ₂ .
Crédito frente às entidades ambientais (licenciamento ambiental, termos de ajustamentos de conduta, etc).
Manuseio
Demanda área extensa para a implantação da estrutura necessária para o uso do energético
Dificuldade de manuseio
Dificuldades de realizar manutenção no local tanto na linha de gás quanto nas caldeiras (requer grandes paradas da produção)
Facilidade na operação (ajuste da caldeira),
Não há necessidade de estocagem
Necessita todo um aparato para descarga e transferência do combustível.
Praticidade e facilidade de transporte e manuseio
Reduz a mão de obra na área. (não necessita de ajudantes no setor).

Disponibilidade

Possuir fornecimento contínuo sem interrupções (continuidade operacional)

Redução da dependência de fontes fósseis (aumento da flexibilidade e segurança energética).

Vulnerabilidade em torno da política de fornecimento

Falta de concorrência no mercado - Monopólio

Falta de mercado livre (como há para Energia Elétrica)

Os contratos firmados com a distribuidora de Gás Natural são feitos por um período razoavelmente longo (5 anos), o que é um fator preocupante, uma vez que a economia do país não é muito estável, e, com isso, muita coisa pode acontecer ao longo deste período;

Por ser um combustível fóssil, trata-se de uma energia não renovável, portanto finita;

Confiabilidade de suprimento (não há garantia de fornecimento em alta escala e contínuo, dependendo da sazonalidade).

Energia Eólica: refinarias localizadas em locais com ventos intensos e constantes podem utilizar esta rota tecnológica como geração complementar.

O excedente de energia é comercializado (torna-se um negócio).

Vetor de atração de investimentos: A disponibilidade do gás atrai novas empresas, contribuindo para a geração de empregos na região.

Rede de transporte e distribuição

Falta de redes próximas de distribuição

Não há entrada de veículos na sua fábrica. Reduz controles internos administrativos (menos notas fiscais)

Rede de distribuição e transporte bem desenvolvida

Impacto Ambiental

Melhor controle de emissões de poluentes atmosféricos

Redução de emissão de poluentes

Diretrizes da empresa voltadas para a preservação ambiental

Aproveitamento da energia no gás residual do processo

Geralmente os processos produtivos geram fontes residuais de energia (ex: gás residual) que não podem ser destinados a outros fins senão à queima.

Aumento dos indicadores de sustentabilidade da empresa.

Créditos Carbonos

As dificuldades e o risco envolvido ao entrar com pedido de aprovação do projeto de MDL.

As novas exigências para obtenção das reduções de emissões certificadas (CERs).

Obtenção de créditos carbono com projeto de MDL

Fortalecimento da marca da empresa (não considerar)

Fortalecimento da marca da empresa junto à sociedade (desenvolvimento sustentável).

Quadro 5 – Atributos de valor com os respectivos Itens de Satisfação (Pesquisadora A)

Fonte: Pesquisa de Campo

APÊNDICE C 1– ATRIBUTOS DE VALOR E ITENS DE SATISFAÇÃO – PESQUISADORA B

Manutenção
Custos com manutenção e vida útil do equipamento
Dispensa instalações complexas e manutenção elevada
Requer instalações complexas e muita manutenção
Características técnicas
Poder calorífico elevado
Poder calorífico inferior ao que outros energéticos
Consumo de energia
Eficiência energética
Consumo de energia p/ manter óleo quente
Adequado p/ pequeno consumo
Segurança
Segurança (menos risco de explosão)
Apresenta riscos de asfixia, incêndio e explosão
Preço/Custo
Investimento alto
Redução de gastos pelo reaproveitamento energético
Custo elevado
Custo operacional é menor
Instabilidade dos preços/custos
Baixo preço de venda
Questões legais/contratuais
Condições contratuais
Facilidades concedidas pelas entidades ambientais
Estoque/Manuseio do combustível
Fácil manuseio
Não precisa estocar
Dispensa grande número de mão de obra
Necessidade de armazenamento
Necessita de equipamentos p/ descarga e transferência do combustível
Dificuldade de manuseio
Comercialização
Falta de concorrência no mercado
O excedente é comercializado
Dificuldade de conexão com o sistema nacional
Vulnerabilidade à política de fornecimento
Proximidade/Acesso ao energético
Disponibilidade de infraestrutura para produção, transporte e distribuição
Falta de infraestrutura de distribuição
Autossuficiência

Redução da dependência de fontes fósseis (flexibilidade)
Confiabilidade de suprimento
Não ter fornecimento garantido
Meio Ambiente/Atributo Ambiental/Resultado ambiental
Redução de emissão GEE
Comercialização de créditos de carbono
Mais ofensivo p/ o meio ambiente
Maior período entre as limpezas
Melhor controle de poluentes
Preocupação com o meio ambiente
Estímulo às ações de cultura ambiental
Aumento dos indicadores de sustentabilidade
Negociação no mercado de carbono
Dificuldade com pedido de aprovação do projeto de MDL

Quadro 6– Atributos de valor com os respectivos Itens de Satisfação (Pesquisadora B)

Fonte: Pesquisa de Campo

APÊNDICE D – RESULTADOS DA ANÁLISE CONJUNTA

Fatores e Níveis no SPSS 13.0

Impacto ao meio Ambiente

1. Baixa emissão de poluentes
2. Elevada Emissão de Poluentes

Figura 6 – Fatores e Níveis no SPSS 13.0

Segurança

1. Energético seguro
2. Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Figura 7 - Fatores e Níveis no SPSS 13.0 (Continuação)

Disponibilidade do Energético

1. Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento
2. Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento
3. Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento

Figura 8 - Fatores e Níveis no SPSS 13.0 (Continuação)

Manuseio

1. Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)
2. Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Figura 9 - Fatores e Níveis no SPSS 13.0 (Continuação)

Consumo energético

1. Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)
2. Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Figura 10 - Fatores e Níveis no SPSS 13.0 (Continuação)

Manutenção e Instalação dos Equipamentos

1. Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos
2. Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Figura 11 - Fatores e Níveis no SPSS 13.0 (Continuação)

Desenho Ortogonal

1. Inclusão dos fatores e níveis
2. Definição da amostra *holdout*

Figura 12 – Delineamento fatorial fracionário no SPSS 13.0, com estímulos de validação

Cartões Energia Limpavf.sav - SPSS Data Editor

	Ambiente	Segurança	Disponibilidade	Manuseio	Consumo	Manutenção	STATUS	CARD	var
1	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0	1	
2	1,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	0	2	
3	1,00	1,00	3,00	1,00	2,00	2,00	0	3	
4	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0	4	
5	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	0	5	
6	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	6	
7	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	0	7	
8	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0	8	
9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	9	
10	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	0	10	
11	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	0	11	
12	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	0	12	
13	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	0	13	
14	2,00	2,00	3,00	2,00	1,00	2,00	0	14	
15	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	0	15	
16	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	0	16	
17	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1	17	
18	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1	18	
19									

Figura 13 - Resultado do delineamento fatorial fracionário (plano ortogonal)

Estímulos gerados pelo planejamento fatorial fracionário da função Orthogonal design do software estatístico SPSS 13.0

Cartão 1

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 2

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 3

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 4

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 5

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 6

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 7

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 8

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 9

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 10

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 11

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 12

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 13

Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 14

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 15

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 16

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 17

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Cartão 18

Meio Ambiente: Elevada emissão de poluentes

Segurança: Energético Seguro

Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento

Manuseio: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)

Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Manutenção e Instalação: Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos

Instruções de Coleta de Dados do Método da Análise Conjunta

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Cidade: _____ Data: ____/____/____

Empresa: _____

Nome completo do entrevistado: _____

Área da empresa que trabalha: _____

Cargo/Função do entrevistado: _____

E-mail: _____

Telefone: () _____

INSTRUÇÕES

Este questionário contempla duas fases: (1) Determinar a ordem de preferência dos principais atributos envolvidos no processo de escolha por uma fonte de energia mais limpa; (2) Ordenar os cartões com diferentes cenários para a escolha de um energético mais limpo. Para isso:

1) Leia atentamente os atributos apresentados a seguir:

Atributos	Níveis
Consumo energético	1 Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia) 2 Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)
Segurança	1 Energético seguro 2 Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)
Impacto Meio Ambiente	1 Baixa emissão de poluentes 2 Elevada emissão de poluentes
Manutenção e Instalação	1 Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos 2 Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos
Disponibilidade do Energético	1 Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento 2 Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento 3 Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento
Manuseio	1 Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento) 2 Dificuldade de manuseio (necessita estocagem, necessita aparato para descarga e transferência e dificuldade de operacionalização do equipamento)

- 2) Entre os principais atributos envolvidos no processo de escolha por uma fonte de energia mais limpa enumere (1 a 6) por ordem de preferência aqueles que o (a) senhor (a) considera mais importante:

- _____ **Impacto ao Meio Ambiente**
_____ **Segurança**
_____ **Disponibilidade do Energético**
_____ **Manuseio do Energético**
_____ **Consumo Energético**
_____ **Manutenção e Instalação dos equipamentos**

- 3) A seguir serão apresentados alguns cartões. Cada cartão apresenta um **cenário fictício para a escolha por uma fonte de energia mais limpa** criado a partir da combinação de atributos considerados relevantes para a definição por um energético mais limpo.

Considerando sua preferência para selecionar um energético mais limpo, ordene os cartões de maneira que o primeiro cartão represente sua primeira opção de escolha e assim sucessivamente, até o último, que representará sua menor preferência.

Ordem	Cartão	Ordem	Cartão	Ordem	Cartão
1		7		13	
2		8		14	
3		9		15	
4		10		16	
5		11		17	
6		12		18

Gráfico 2 - Preferência dos atributos pelos respondentes na coleta de dados preliminar

Figura 14 – Sintaxe do planejamento do experimento

Arquivo de Saída do SPSS, versão 13.0 para os Dados Agregados

Factor	Model	Levels	Label
Ambiente	l<	2	Meio Ambiente
Segurança	l<	2	Segurança
Disponibilidade	i	3	Disponibilidade do Energético
Manuseio	l<	2	Manuseio
Consumo	l<	2	Consumo Energético
Manutenção	l<	2	Manutenção e Instalação

(Models: d=discrete, l=linear, i=ideal, ai=antiideal, <=less, >=more)

All the factors are orthogonal.

SUBFILE SUMMARY

Averaged Importance	Utility	Factor	
32,18	-4,9259 -9,8519 B = -4,9259	Ambiente	Meio Ambiente
		--	Baixa emissão de pol
		----	Elevada emissão de p
26,06	-3,9630 -7,9259 B = -3,9630	Seguranç	Segurança
		--	Energético Seguro
		---	Riscos de Segurança
3,57	-,3981 -,7963 B = -,3981	Manuseio	Manuseio
			Facilidade de manuse
			Dificuldade de manus
14,57	-2,2685 -4,5370 B = -2,2685	Consumo	Consumo Energético
		-	Baixo consumo energé
		--	Alto consumo energét
4,25	-,5000 -1,0000 B = -,5000	Manutenç	Manutenção e Instalação
			Facilidade de manute
			Dificuldade de manut
19,37	-3,7037 -5,8056 -6,3056 B = -4,5046	Disponib	Disponibilidade do Energético
		--	Disponibilidade infr
		--	Disponibilidade infr
		---	Falta de infra estr.
		C = ,8009	Ideal Pt = 2,8121

Page	Reversals	Subject
30	1	1
30	2	2
30	1	3
30	0	4
30	2	5
30	1	6
30	0	7
30	0	8
30	1	9
30	2	10
30	1	11
30	1	12
30	1	13
30	1	14
30	1	15
30	3	16
30	2	17
30	2	18
30	0	19
30	0	20
30	1	21
30	1	22
30	1	23
30	0	24
30	2	25
30	1	26
30	1	27

Abbreviated Name	Extended Name
---------------------	------------------

Disponib ▼	Disponibilidade
---------------	-----------------

Manutenç Seguranç	Manutenção Segurança
----------------------	-------------------------

Figura 15 – Utilidade individual do atributo impacto ao meio ambiente

Figura 16 - Utilidade individual do atributo segurança

Figura 17 - Utilidade individual do atributo manuseio

Figura 18 - Utilidade individual do atributo consumo energético

Figura 19 - Utilidade individual do atributo manutenção e instalação dos equipamentos

Figura 20 - Utilidade individual do atributo disponibilidade do energético

Figura 21 – Utilidade individual consolidada dos atributos do experimento

Figura 22 – Utilidade agregada do atributo impacto ao meio ambiente

Figura 23 - Utilidade agregada do atributo segurança

Figura 24 - Utilidade agregada do atributo manuseio

Figura 25 – Utilidade agregada do atributo consumo energético

Figura 26 - Utilidade agregada do atributo manutenção e instalação dos equipamentos

Figura 27 - Utilidade agregada do atributo disponibilidade do energético

Figura 28 – Utilidade agregada do experimento

Tabela 25– Resultado das utilidades parciais e scores por respondente

ID	CONSTANT	Ambiente	L	Segurança	L	Manuseio	L	Consumo	L	Manutenção	L	Disponibilidade	L	Disponibilidade	L	SCORE 1	SCORE 2	SCORE 3	SCORE 4	SCORE 5	SCORE 6	SCORE 7	SCORE 8	SCORE 9	SCORE 10	SCORE 11	SCORE 12	SCORE 13	SCORE 14	SCORE 15	SCORE 16	SCORE 17	SCORE 18
1,00	31,88	-4,00	-8,00	-0,75	-1,00	-0,25	-2,56	0,56	7,00	5,50	14,00	9,25	14,00	3,88	1,75	11,25	15,88	6,63	14,13	10,63	6,88	2,25	2,13	10,88	3,63	10,75							
2,00	32,88	-4,00	-8,00	-0,75	-0,50	0,25	-5,06	1,06	6,00	5,00	14,00	8,75	13,50	3,88	1,75	10,25	15,88	7,63	14,63	11,63	7,38	1,75	2,63	11,38	4,13	10,25							
3,00	32,00	-2,50	-8,00	0,00	-3,50	-1,00	-1,38	0,38	7,75	4,75	11,75	9,75	14,75	5,50	0,75	13,75	16,00	3,50	12,50	9,00	7,00	4,75	2,00	12,50	4,50	12,25							
4,00	28,88	-2,00	-8,00	-0,25	-3,00	-0,75	1,56	-0,56	7,75	3,25	10,75	10,50	14,75	5,88	2,00	12,50	15,88	4,13	12,63	10,13	6,88	3,50	2,63	12,88	5,13	13,00							
5,00	29,88	-3,75	-4,00	1,00	-0,75	-2,75	-6,38	1,38	8,38	9,13	9,38	8,88	10,63	6,88	1,13	9,13	14,63	7,13	14,88	7,38	8,88	3,38	7,13	9,13	4,13	5,88							
6,00	33,00	-8,00	-1,00	0,00	-4,00	0,00	-5,00	1,00	13,00	9,00	10,00	2,00	14,00	7,00	1,00	6,00	16,00	11,00	12,00	4,00	15,00	5,00	3,00	8,00	7,00	6,00							
7,00	22,38	-8,00	-1,00	-0,75	-2,00	-0,25	7,31	-2,31	14,75	7,75	9,25	5,00	14,75	6,38	4,50	3,50	15,38	12,13	12,63	5,13	13,38	1,50	3,63	6,38	6,13	7,50							
8,00	30,38	-8,00	-4,00	-0,25	-2,00	-0,25	0,06	-0,06	11,75	9,25	13,25	5,50	15,25	3,88	1,50	7,50	15,88	9,63	13,63	5,63	11,38	3,00	1,63	7,38	3,63	7,50							
9,00	44,00	-3,00	-1,50	-0,50	0,00	0,00	-31,00	7,00	3,50	7,00	9,00	1,50	4,50	10,50	0,50	6,00	15,00	13,50	14,50	12,00	13,00	4,00	10,00	11,50	10,50	2,00							
10,00	30,88	-4,00	-8,00	0,25	-2,00	-0,25	-1,19	0,19	7,25	5,25	12,75	9,50	15,25	3,88	1,00	11,00	15,88	5,63	14,13	9,63	7,88	3,00	2,13	11,88	3,63	11,00							
11,00	34,00	-4,00	-8,00	-0,25	-0,75	0,00	-6,38	1,38	5,75	5,25	13,50	8,75	13,50	4,00	1,00	10,25	16,00	7,25	15,00	11,25	7,75	2,00	3,00	11,75	4,00	9,75							
12,00	32,00	-4,00	-8,00	0,00	-2,00	0,00	-2,50	0,50	7,00	5,00	13,00	9,00	15,00	4,00	1,00	11,00	16,00	6,00	14,00	10,00	8,00	3,00	2,00	12,00	4,00	11,00							
13,00	32,13	-4,00	-8,00	-0,25	-2,00	-0,75	-1,31	0,31	7,75	5,75	13,25	9,50	14,75	4,13	1,00	12,00	16,13	5,38	13,88	9,38	7,13	3,00	1,88	11,13	3,38	11,00							
14,00	35,38	-8,00	-0,25	-0,75	-2,00	-0,25	-10,00	2,00	11,88	9,13	9,88	1,38	11,13	7,88	1,63	4,13	16,13	13,63	13,38	5,88	14,88	2,88	5,13	7,13	7,63	3,88							
15,00	28,00	0,00	-0,50	-1,50	-3,00	0,00	-9,00	1,00	8,50	0,00	2,00	4,50	7,50	14,50	5,50	5,00	15,00	11,50	10,50	12,00	13,00	3,00	10,00	13,50	14,50	9,00							
16,00	31,38	-8,00	-4,00	0,50	-0,75	0,25	-5,06	1,06	9,50	9,50	13,25	5,25	14,25	3,38	1,00	5,75	15,38	10,88	15,13	6,88	12,13	2,50	3,13	8,13	3,63	5,75							
17,00	33,63	-2,00	-1,75	-0,75	-8,00	0,75	-7,50	1,50	11,13	2,38	5,63	2,13	12,88	12,13	1,88	10,88	15,88	6,88	7,13	6,63	14,13	9,13	3,38	13,88	12,88	11,63							
18,00	32,13	-4,00	-1,75	0,25	-8,00	-0,75	-2,63	0,63	13,38	6,13	6,88	3,38	14,63	10,13	0,63	11,63	15,88	5,38	8,13	3,13	13,63	9,38	2,38	11,38	9,38	10,38							
19,00	31,00	-8,00	-4,00	0,00	-2,00	-1,00	0,00	0,00	12,00	10,00	13,00	6,00	15,00	4,00	1,00	8,00	16,00	9,00	14,00	5,00	11,00	3,00	2,00	7,00	3,00	7,00							
20,00	23,50	-8,00	-0,50	-0,50	-2,00	-1,00	6,00	-2,00	15,00	8,50	8,50	5,00	14,00	7,00	4,00	3,50	15,50	12,00	13,00	4,50	13,50	1,50	4,50	6,00	6,00	6,50							
21,00	35,00	-0,50	-8,00	-1,00	-1,50	0,00	-10,00	2,00	4,00	1,50	10,50	9,00	11,00	7,50	2,00	11,50	16,00	6,50	13,50	14,00	7,00	2,50	5,00	14,50	7,50	11,50							
22,00	32,00	-8,00	0,00	-2,00	0,00	-4,00	-2,50	0,50	15,00	13,00	11,00	5,00	9,00	8,00	3,00	7,00	16,00	12,00	14,00	4,00	10,00	1,00	6,00	2,00	4,00	3,00							
23,00	29,50	-8,00	0,00	-0,50	0,00	-1,50	-4,50	0,50	12,50	10,00	9,00	4,00	10,50	7,50	3,00	2,50	15,50	14,00	15,00	6,00	13,50	0,50	7,00	5,50	6,00	3,00							
24,00	28,38	-8,00	-0,50	-0,75	-1,50	-0,75	-0,56	-0,44	13,50	8,50	9,00	3,75	12,50	7,38	3,25	3,25	15,88	13,13	13,63	5,63	13,88	1,25	5,13	6,38	6,63	5,25							
25,00	36,38	-1,75	-1,25	-0,75	-8,00	0,75	-13,06	3,06	10,25	3,75	6,50	1,00	11,50	12,38	1,25	12,00	15,38	6,88	6,63	6,38	14,13	10,75	3,63	13,63	13,13	10,50							
26,00	29,50	-8,00	-1,00	0,00	-1,00	0,00	-4,50	0,50	11,50	8,50	9,50	3,50	12,50	6,50	2,50	2,50	15,50	13,50	14,50	6,50	14,50	1,50	5,50	7,50	6,50	4,50							
27,00	29,50	-1,50	-8,00	-0,50	0,00	0,00	-4,50	0,50	4,50	2,00	10,50	10,50	12,00	6,00	3,00	9,00	15,50	7,50	15,00	14,00	7,00	0,50	5,50	13,50	6,00	11,00							

Arquivo de Saída do SPSS, versão 13.0 para Indústria Química

Factor	Model	Levels	Label
Ambiente	l<	2	Meio Ambiente
Segurança	l<	2	Segurança
Disponibilidade	i	3	Disponibilidade do Energético
Manuseio	l<	2	Manuseio
Consumo	l<	2	Consumo Energético
Manutenção	l<	2	Manutenção e Instalação

(Models: d=discrete, l=linear, i=ideal, ai=antiideal, <=less, >=more)

All the factors are orthogonal.

SUBFILE SUMMARY

Averaged Importance	Utility	Factor	
		Ambiente	Meio Ambiente
22,15	-3,3571	-	Baixa emissão de pol
	-6,7143	--	Elevada emissão de p
	B = -3,3571		
		Seguranç	Segurança
35,84	-5,4643	--	Energético Seguro
	-10,929	----	Riscos de Segurança
	B = -5,4643		
		Manuseio	Manuseio
3,04	-,1786		Facilidade de manuse
	-,3571		Dificuldade de manus
	B = -,1786		
		Consumo	Consumo Energético
15,15	-2,3929	-	Baixo consumo energé
	-4,7857	--	Alto consumo energét
	B = -2,3929		
		Manutenç	Manutenção e Instalação
5,21	-,5000		Facilidade de manute
	-1,0000		Dificuldade de manut
	B = -,5000		
		Disponib	Disponibilidade do Energético
18,60	-3,8571	-	Disponibilidade infr
	-5,9107	--	Disponibilidade infr
	-6,1607	--	Falta de infra estr.
	B = -4,7589	C = ,9018	Ideal Pt = 2,6386

	31,2857	CONSTANT	
Pearson's R	= ,988		Significance = ,0000
Kendall's tau	= ,929		Significance = ,0000
Kendall's tau	= 1,000 for 2 holdouts		Significance = .

▼

SUBFILE SUMMARY

Reversal Summary:

3 subjects had 2 reversals
 3 subjects had 1 reversals

Reversals by factor:

Disponibilidade 6
 Manutenção 2
 Manuseio 1
 Consumo 0
 Segurança 0
 Ambiente 0

Reversal index:

Page	Reversals	Subject
6	2	2
6	1	3
6	0	4
6	2	5
6	2	25
6	1	26
6	1	27

Abbreviated	Extended
Name	Name

Disponib	Disponibilidade
Manutenç	Manutenção
Seguranç	Segurança

Figura 29 - Utilidade individual do atributo disponibilidade do energético para Indústria Química

Figura 30 - Utilidade individual do atributo impacto ao meio ambiente para Indústria Química

Figura 31 - Utilidade individual do atributo segurança para Indústria Química

Figura 32 - Utilidade individual do atributo manuseio Indústria Química

Figura 33 - Utilidade individual do atributo consumo energético Indústria Química

Figura 34 - Utilidade individual do atributo manutenção e instalação dos equipamentos Indústria Química

Figura 35 - Utilidade individual consolidada dos atributos do experimento para a Indústria Química

Figura 36 - Utilidade agregada do atributo disponibilidade do energético para a Indústria Química

Figura 37 - Utilidade agregada do atributo impacto ao meio ambiente para a Indústria Química

Figura 38 - Utilidade agregada do atributo segurança para a Indústria Química

Figura 39 - Utilidade agregada do atributo manuseio para a Indústria Química

Figura 40 - Utilidade agregada do atributo consumo energético para a Indústria Química

Figura 41 - Utilidade agregada do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para a Indústria Química

Figura 42 - Utilidade agregada do experimento para a Indústria Química

Arquivo de Saída do SPSS, versão 13.0 para setor Petroquímico

Factor	Model	Levels	Label
Ambiente	l<	2	Meio Ambiente
Segurança	l<	2	Segurança
Disponibilidade	i	3	Disponibilidade do Energético
Manuseio	l<	2	Manuseio
Consumo	l<	2	Consumo Energético
Manutenção	l<	2	Manutenção e Instalação

(Models: d=discrete, l=linear, i=ideal, ai=antiideal, <=less, >=more)

All the factors are orthogonal.

SUBFILE SUMMARY

Averaged Importance	Utility	Factor	
		Ambiente	Meio Ambiente
33,67	-5,2000	--	Baixa emissão de pol
	-10,400	----	Elevada emissão de p
	B = -5,2000		
		Seguranç	Segurança
21,13	-3,2000	-	Energético Seguro
	-6,4000	--	Riscos de Segurança
	B = -3,2000		
		Manuseio	Manuseio
2,88	-,3500		Facilidade de manuse
	-,7000		Dificuldade de manus
	B = -,3500		
		Consumo	Consumo Energético
26,68	-4,2000	--	Baixo consumo energé
	-8,4000	---	Alto consumo energét
	B = -4,2000		
		Manutenç	Manutenção e Instalação
4,81	-,4500		Facilidade de manute
	-,9000		Dificuldade de manut
	B = -,4500		
		Disponib	Disponibilidade do Energético
10,84	-1,2000		Disponibilidade infr
	-2,1250	-	Disponibilidade infr
	-2,7750	-	Falta de infra estr.
	B = -1,3375	C = ,1375	Ideal Pt = 4,8636

	30,4250	CONSTANT	
Pearson's R	= ,996		Significance = ,0000
Kendall's tau	= ,962		Significance = ,0000
Kendall's tau	= 1,000 for 2 holdouts		Significance = .

▼

SUBFILE SUMMARY

Reversal Summary:

2 subjects had	2 reversals
1 subjects had	1 reversals

Reversals by factor:

Disponibilidade	3
Manutenção	1
Manuseio	1
Consumo	0
Segurança	0
Ambiente	0

Reversal index:

Page	Reversals	Subject
10	1	1
10	2	17
10	2	18
10	0	19
10	0	20

Abbreviated	Extended
Name	Name

Disponib	Disponibilidade
Manutenç	Manutenção
Seguranç	Segurança

Figura 43 - Utilidade individual do atributo disponibilidade do energético para setor Petroquímico

Figura 44 - Utilidade individual do atributo impacto ao meio ambiente para setor Petroquímico

Figura 45 - Utilidade individual do atributo segurança para setor Petroquímico

Figura 46 - Utilidade individual do atributo manuseio para setor Petroquímico

Figura 47 - Utilidade individual do atributo consumo energético para setor Petroquímico

Figura 48 - Utilidade individual do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para setor Petroquímico

Figura 49 - Utilidade individual consolidada dos atributos do experimento par a o setor Petroquímico

Figura 50 - Utilidade agregada do atributo segurança para o setor Petroquímico

Figura 51 - Utilidade agregada do atributo impacto ao meio ambiente para o setor Petroquímico

Figura 52 - Utilidade agregada do atributo consumo energético para o setor Petroquímico

Figura 53 - Utilidade agregada do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para o setor Petroquímico

Figura 54 - Utilidade agregada do atributo disponibilidade do energético para o setor Petroquímico

Figura 55 - Utilidade agregada do atributo manuseio para o setor Petroquímico

Figura 56 - Utilidade agregada do experimento para o setor Petroquímico

Arquivo de Saída do SPSS, versão 13.0 para setor Alimentos e Bebidas

Factor	Model	Levels	Label
Ambiente	l<	2	Meio Ambiente
Segurança	l<	2	Segurança
Disponibilidade	i	3	Disponibilidade do Energético
Manuseio	l<	2	Manuseio
Consumo	l<	2	Consumo Energético
Manutenção	l<	2	Manutenção e Instalação

(Models: d=discrete, l=linear, i=ideal, ai=antiideal, <=less, >=more)

All the factors are orthogonal.

SUBFILE SUMMARY

Averaged Importance	Utility	Factor	
		Ambiente	Meio Ambiente
34,83	-5,3333	--	Baixa emissão de pol
	-10,667	----	Elevada emissão de p
	B = -5,3333		
		Seguranç	Segurança
10,33	-1,5833	-	Energético Seguro
	-3,1667	-	Riscos de Segurança
	B = -1,5833		
		Manuseio	Manuseio
6,06	-,5833		Facilidade de manuse
	-1,1667		Dificuldade de manus
	B = -,5833		
		Consumo	Consumo Energético
12,66	-1,9167	-	Baixo consumo energé
	-3,8333	-	Alto consumo energét
	B = -1,9167		
		Manutenç	Manutenção e Instalação
1,09	,0000		Facilidade de manute
	,0000		Dificuldade de manut
	B = ,0000		
		Disponib	Disponibilidade do Energético
35,03	-6,6667	--	Disponibilidade infr
	-10,625	----	Disponibilidade infr
	-11,875	----	Falta de infra estr.
	B = -8,0208	C = 1,3542	Ideal Pt = 2,9615

	31,5833	CONSTANT	
Pearson's R	= ,998		Significance = ,0000
Kendall's tau	= ,983		Significance = ,0000
Kendall's tau	= 1,000 for 2 holdouts		Significance = .

▼

SUBFILE SUMMARY

Reversal Summary:

1 subjects had 3 reversals
 2 subjects had 1 reversals

Reversals by factor:

Disponibilidade 3
 Manutenção 1
 Manuseio 1
 Consumo 0
 Segurança 0
 Ambiente 0

Reversal index:

Page	Reversals	Subject
16	1	14
16	1	15
16	3	16

Abbreviated Name	Extended Name
---------------------	------------------

Disponib	Disponibilidade
Manutenç	Manutenção
Seguranç	Segurança

Figura 57 - Utilidade individual do atributo impacto ao meio ambiente para setor Alimentos e Bebidas

Figura 58 - Utilidade individual do atributo segurança para setor Alimentos e Bebidas

Figura 59 - Utilidade individual do atributo manuseio para setor Alimentos e Bebidas

Figura 60 - Utilidade individual do atributo consumo energético para setor Alimentos e Bebidas

Figura 61 - Utilidade individual do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para setor Alimentos e Bebidas

Figura 62 - Utilidade individual do atributo disponibilidade do energético para setor Alimentos e Bebidas

Figura 63 - Utilidade individual consolidada dos atributos do experimento para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 64 - Utilidade agregada do atributo impacto ao meio ambiente para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 65 - Utilidade agregada do atributo segurança para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 66 - Utilidade agregada do atributo manuseio para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 67 - Utilidade agregada do atributo consumo energético para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 68 - Utilidade agregada do atributo manutenção e instalação de equipamentos para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 69 - Utilidade agregada do atributo disponibilidade do energético para o setor Alimentos e Bebidas

Figura 70 - Utilidade agregada do experimento para o setor Alimentos e Bebidas

Arquivo de Saída do SPSS, versão 13.0 para setor Ferro Gusa e Aço

Factor	Model	Levels	Label
Ambiente	l<	2	Meio Ambiente
Segurança	l<	2	Segurança
Disponibilidade	i	3	Disponibilidade do Energético
Manuseio	l<	2	Manuseio
Consumo	l<	2	Consumo Energético
Manutenção	l<	2	Manutenção e Instalação

(Models: d=discrete, l=linear, i=ideal, ai=antiideal, <=less, >=more)

All the factors are orthogonal.

SUBFILE SUMMARY

Averaged Importance	Utility	Factor	
39,90	-6,1250	Ambiente	Meio Ambiente
	-12,250	--	Baixa emissão de pol
	B = -6,1250	----	Elevada emissão de p
14,11	-2,1250	Seguranç	Segurança
	-4,2500	-	Energético Seguro
	B = -2,1250	-	Riscos de Segurança
7,00	-1,0625	Manuseio	Manuseio
	-2,1250	-	Facilidade de manuse
	B = -1,0625		Dificuldade de manus
4,83	-,7500	Consumo	Consumo Energético
	-1,5000		Baixo consumo energé
	B = -,7500		Alto consumo energét
10,33	-1,5625	Manutenç	Manutenção e Instalação
	-3,1250	-	Facilidade de manute
	B = -1,5625	-	Dificuldade de manut
23,84	-3,7500	Disponib	Disponibilidade do Energético
	-6,2188	--	Disponibilidade infr
	-7,4063	--	Falta de infra estr.
	B = -4,3906	C = ,6406	Ideal Pt = 3,4268

	31,2188	CONSTANT	
Pearson's R	= ,998	Significance =	,0000
Kendall's tau	= ,937	Significance =	,0000
Kendall's tau	= 1,000 for 2 holdouts	Significance =	.

▼

SUBFILE SUMMARY

Reversal Summary:

3 subjects had 1 reversals

Reversals by factor:

Disponibilidade	3
Manutenção	0
Consumo	0
Manuseio	0
Segurança	0
Ambiente	0

Reversal index:

Page	Reversals	Subject
18	1	21
18	1	22
18	1	23
18	0	24

Abbreviated Name	Extended Name
Disponib	Disponibilidade
Manutenç	Manutenção
Seguranç	Segurança

Figura 71 - Utilidade individual do atributo manuseio para setor Ferro Gusa e Aço

Figura 72 - Utilidade individual do atributo segurança para setor Ferro Gusa e Aço

Figura 73 - Utilidade individual do atributo manuseio para setor Ferro Gusa e Aço

Figura 74 - Utilidade individual do atributo consumo energético para setor Ferro Gusa e Aço

Figura 75 - Utilidade individual do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para setor Ferro Gusa e Aço

Figura 76 - Utilidade individual do atributo disponibilidade do energético para setor Ferro Gusa e Aço

Figura 77 - Utilidade individual consolidada dos atributos do experimento para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 78 - Utilidade agregada do atributo impacto ao meio ambiente para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 79 - Utilidade agregada do atributo segurança para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 80 - Utilidade agregada do atributo manuseio para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 81 - Utilidade agregada do atributo consumo energético para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 82 - Utilidade agregada do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 83 - Utilidade agregada do atributo disponibilidade do energético para o setor Ferro Gusa e Aço

Figura 84 - Utilidade agregada do experimento para o setor Ferro Gusa e Aço

Arquivo de Saída do SPSS, versão 13.0 para setor Papel e Celulose

Factor	Model	Levels	Label
Ambiente	l<	2	Meio Ambiente
Segurança	l<	2	Segurança
Disponibilidade	i	3	Disponibilidade do Energético
Manuseio	l<	2	Manuseio
Consumo	l<	2	Consumo Energético
Manutenção	l<	2	Manutenção e Instalação

(Models: d=discrete, l=linear, i=ideal, ai=antiideal, <=less, >=more)

All the factors are orthogonal.

SUBFILE SUMMARY

Averaged Importance	Utility	Factor	
		Ambiente	Meio Ambiente
35,16	-5,3750	--	Baixa emissão de pol
	-10,750	----	Elevada emissão de p
	B = -5,3750		
		Seguranç	Segurança
32,45	-4,9375	--	Energético Seguro
	-9,8750	----	Riscos de Segurança
	B = -4,9375		
1,82	-,2188	Manuseio	Manuseio
	-,4375		Facilidade de manuse
	B = -,2188		Dificuldade de manus
12,09	-1,8438	Consumo	Consumo Energético
	-3,6875	-	Baixo consumo energé
	B = -1,8438	-	Alto consumo energét
1,22	-,1875	Manutenç	Manutenção e Instalação
	-,3750		Facilidade de manute
	B = -,1875		Dificuldade de manut
17,28	-4,0000	Disponib	Disponibilidade do Energético
	-6,0000	-	Disponibilidade infr
	-6,0000	--	Disponibilidade infr
		--	Falta de infra estr.

B = -5,0000	C = 1,0000	Ideal Pt = 2,5000
32,3438	CONSTANT	

Pearson's R = ,999 Significance = ,0000

Kendall's tau = ,979 Significance = ,0000

Kendall's tau = 1,000 for 2 holdouts Significance = .

▼

SUBFILE SUMMARY

Reversal Summary:

1 subjects had 2 reversals
 5 subjects had 1 reversals

Reversals by factor:

Disponibilidade 6
 Manuseio 1
 Manutenção 0
 Consumo 0
 Segurança 0
 Ambiente 0

Reversal index:

Page	Reversals	Subject
20	1	6
20	0	7
20	0	8
20	1	9
20	2	10
20	1	11
20	1	12
20	1	13

Abbreviated Name	Extended Name
Disponib	Disponibilidade
Manutenç	Manutenção
Seguranç	Segurança

Figura 85 - Utilidade individual do atributo impacto ao meio ambiente para setor Papel e Celulose

Figura 86 - Utilidade individual do atributo segurança para setor Papel e Celulose

Figura 87 - Utilidade individual do atributo manuseio para setor Papel e Celulose

Figura 88 - Utilidade individual do atributo consumo energético para setor Papel e Celulose

Figura 89 - Utilidade individual do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para setor Papel e Celulose

Figura 90 - Utilidade individual do atributo disponibilidade do energético para setor Papel e Celulose

Figura 91 - Utilidade individual consolidada dos atributos do experimento para o setor Papel e Celulose

Figura 92 - Utilidade agregada do atributo impacto ao meio ambiente para o setor Papel e Celulose

Figura 93 - Utilidade agregada do atributo segurança para o setor Papel e Celulose

Figura 94 - Utilidade agregada do atributo manuseio para o setor Papel e Celulose

Figura 95 - Utilidade agregada do atributo consumo energético para o setor Papel e Celulose

Figura 96 - Utilidade agregada do atributo manutenção e instalação dos equipamentos para o setor Papel e Celulose

Figura 97 - Utilidade agregada do atributo disponibilidade do energético para o setor Papel e Celulose

Figura 98 - Utilidade agregada do experimento para o setor Papel e Celulose